



Revista Galega do Ensino



Revista Galega do Ensino

COMITÉ DE REDACCIÓN

Ana María Platas Tasende / Dirección
M. del Mar Lorenzo Moledo / Subdirección
María Natividad Rodríguez López / Secretaría
Javier Vilariño Pintos / Ilustración

CONSELLO ASESOR

Antonio de Ron Pedreira
Agustín Dosil Maceira
Constantino García González
Carlos García Riestra
Xesús P. González Moreiras
Venancio Graña Martínez
José Eduardo López Pereira
Senén Montero Feijóo
José Carlos Otero López
Carlos Pajares Vales
Vicente Peña Saavedra
María Pilar Mar Pérez Marsó
Ángel Rebolledo Varela
Manuel Regueiro Tenreiro
María Jesús Suárez Sixto
José Luis Valcarce Gómez

TRADUCCIÓN E CORRECCIÓN LINGÜÍSTICA

Begoña Méndez Vázquez

COLABORACIÓN, CORRESPONDENCIA, INTERCAMBIO E PEDIDOS

Consellería de Educación e Ordenación Universitaria
Dirección Xeral de Política Lingüística
Edificio Administrativo San Caetano
15704 Santiago de Compostela
e-mail: revista.galega.ensino@mail.xunta.es



Número especial

Balances dun século

Volume I

CIENCIAS

COORDINADOR

Carlos Pajares Vales

*O Comité de Redacción non asume
necesariamente as opinións expostas
polos autores*

Prohibida a reprodución total ou parcial
do contido sen a autorización expresa da RGE

© Xunta de Galicia

Edita: Consellería de Educación e Ordenación Universitaria
Dirección Xeral de Política Lingüística

Imprime: Grafinova, S. A.

Depósito Legal: C - 818 - 96

ISSN: 1133 - 911X



Índice

Presentacións

❧	Presentación	
	<i>Manuel Fraga Iribarne</i>	páx. 15
❧	Para unha fin de século	
	<i>Celso Currás Fernández</i>	páx. 17
❧	Limiar	
	<i>Carlos Pajares Vales</i>	páx. 19

Colaboracións

❧	As Ciencias Matemáticas no século XX	
	<i>Luís A. Cordero</i>	páx. 23
❧	A Teoría da Relatividade	
	<i>Alfonso Vázquez Ramallo</i>	páx. 45
❧	Mecánica cuántica	
	<i>J. Sánchez Guillén</i>	páx. 65

❧	Núcleos e partículas	
	<i>Carlos Pajares Vales</i>	páx. 85
❧	Astrofísica e Cosmoloxía	
	<i>José M. Fernández de Labastida y del Olmo</i>	páx. 109
❧	Química: balance dun século	
	<i>M. Arturo López Quintela</i>	páx. 141
❧	A Bioquímica no final do milenio. Un século de historia	
	<i>Manuel Freire Rama</i>	páx. 157
❧	A Xenética no século XX	
	<i>Ángel Carracedo Álvarez</i>	páx. 175
❧	A tectónica de placas e o impacto Kt. Unha gran revolución xeolóxica e unha gran controversia do século XX	
	<i>Federico Vilas Martín</i>	páx. 193

❧	A Medicina no século XX	
	<i>Fernando Domínguez Puente</i>	páx. 215
❧	A Cirurxía no século XX	
	<i>Miguel Caínzos Fernández</i>	páx. 233
❧	Os computadores do século pasado	
	<i>Senén Barro Ameneiro</i>	páx. 251
❧	Electrónica: Ciencia e Tecnoloxía	
	<i>Diego Cabello Ferrer / Carlos Gómez-Reino Carnota</i>	páx. 273
❧	A Biotecnoloxía no século XX: ¿o inicio dunha revolución?	
	<i>Tomás G. Villa / Juan M. Lema Rodicio</i>	páx. 293
❧	Mente e cerebro	
	<i>Carlos Acuña Castroviejo</i>	páx. 315
❧	Medio ambiente	
	<i>Felipe Macías Vázquez</i>	páx. 337

***Premios
Nobel***



Fisioloxía ou Medicina

páx. 361



Física

páx. 367



Química

páx. 374



Ciencias Económicas

páx. 381

***Normas para
os autores***



Comité de Redacción

páx. 385



Presentacións

PRESENTACIÓN

Cómpre —e bo sería facelo con talante e espírito críticos— un repaso ás evolucións e variacións habidas nas diferentes áreas do coñecemento no que o xénero humano está inmerso e se desenvolve.

É costume das nosas culturas occidentais facer balances periódicos dos logros acadados a partir das propostas presentadas. Deste xeito avalíanse moitas veces os resultados nas áreas científicas e técnicas nas que as posibilidades de lograr metas están supeditadas de contino á metodoloxía e, sobre todo, á tecnoloxía alcanzable en cada momento.

Outra cousa é o pensamento, a ideoloxía, o criterio ou criterios con que se elixe unha liña de actuación. Isto non é cuestión de menor importancia, pois sabemos que as conductas mudaron a miúdo os rumbos da nosa historia.

Desde as ideoloxías ata as maquinarias científicas e técnicas, todo pode quedar obsoleto. Adaptarse ós tempos ten moito que ver con ser capaces de coñece-lo pasado e entende-la súa evolución nos diferentes ámbitos da actuación humana. Este coñecemento e mais este entendemento poderán ofrecernos un punto de apoio para seguirmos avanzando en ciencia, en tecnoloxía, en pensamento, e axudarannos outrosí a discernirmos entre o que é verdadeira evolución e o que é un simple cambio.

A *Revista Galega do Ensino* —non podía ser doutra maneira— súmase a esas reflexións con este número extraordinario, *Balances dun século*, dedicado a comprobala evolucións e pescudar nos métodos baixo diferentes puntos de vista, coa calidade e o rigor ós que xa nos ten acostumados.

Manuel Fraga Iribarne
Presidente da Xunta de Galicia

PARA UNHA FIN DE SECULO

Os remates dos séculos inclinan sempre á reflexión. Non ía ser menos o deste, tan axitado nos terreos da historia, da sociedade e da política coma innovador nos eidos do pensamento, das diversas ciencias, das comunicacións, do ensino, das leis ou das artes.

A *Revista Galega do Ensino*, coa que esta Consellería, desde hai anos, quere ofrecer ó profesorado vías de expresión dos seus achados e de actualización dos seus coñecementos, comprácese en editar, con motivo destas datas tan singulares, un número especial no que se recollen estudos varios sobre o século XX.

As particulares visións dun nutrido grupo de especialistas en diferentes disciplinas sobre os principais acontecementos, as ideas ou os descubrimentos máis transcendentales deste século demostran canto houbo de inxenuidades, canto de inventos e de poderosa forza creativa na última centuria, que parece se-la porta que abre ó infinito as posibilidades da nova, na que tan axiña nos corresponde entrar.

Sen dúbida, estes *Balances dun século* han gozar dunha entusiasta acollida por parte dos lectores e servir de punto de referencia para docentes e estudiosos interesados no desenvolvemento da cultura. Moito do que acadaron os nosos predecesores lémbrese nas seguintes páxinas. Algúns, por certo, nin sequera foron os nosos predecesores: son os nosos coetáneos, e viven e alentan canda nós mentres lle arrincan ó mundo os seus máis agochados segredos e nos entregan os logros finais das súas incontables horas de dedicación. Non pode ser outra a maneira de conquistar un futuro que xa é presente.

Celso Currás Fernández
Conselleiro de Educación
e Ordenación Universitaria

LIMIAR

Cando o conselleiro Celso Currás e maila directora da *Revista Galega do Ensino*, Ana María Platas, me propuxeron coordinar un volume sobre a Ciencia e a Técnica no século XX, que fose complementario doutro volume dedicado ás Letras e as Ciencias Sociais, pareceume que estes libros poderían ser de utilidade para profesores de institutos, colexios, universidades e, en xeral, para un amplo sector de lectores, sempre e cando se atinase nos enfoques e mais nos obxectivos.

Nestes últimos anos están aparecendo e aparecerán moitas máis publicacións onde se repasen de xeito exhaustivo tódolos logros acadados e os problemas que restan nun determinado eido do coñecemento. Son artigos do tipo *review* nos que os lectores potenciais son os expertos dese eido determinado. Non é isto o que se pretende no noso caso.

Tamén están saíndo á rúa 'enciclopedias' dedicadas ó século XX onde se recollen varias disciplinas e se lles aplica unha orde tal que se poida atopar calquera dato relacionado con elas. Tampouco pretendemos facer unha obra deste tipo.

Trátase simplemente de contar, dun xeito que chegue a un gran número de persoas, feitos relevantes da Ciencia e da Técnica no século XX, cunha extensión razoablemente limitada, de forma que un lector poida satisfacer a súa curiosidade nun tempo tamén razoable, e que ademais lles sexa de proveito sobre todo a persoas que se moven no mundo do ensino, sen renunciar a outros lectores potenciais.

Por todo isto, a elección dos temas non foi doada. Con seguridade non se atoparán algúns relevantes, pero a súa inclusión significaría a exclusión doutros notables ou a extensión excesiva do volume.

Existe un gran consenso en considerar que o século XX foi o século da Física e da Bioloxía. Partindo delas, coidamos que había que trata-las dúas revolucións vividas dentro da primeira: a Relatividade e a Mecánica cuántica; doutra banda a Xenética e a Bioquímica maila Bioloxía molecular dentro da segunda. As dúas revolucións da Física ilumináronnos o mundo do máis grande e do máis pequeno, é

dicir, a Astrofísica e a Cosmoloxía e mailos núcleos e as partículas elementais, o pulo das correspondentes en Bioloxía, a medra da Biotecnoloxía e a drástica mudanza da Medicina. A todas estas disciplinas importantes no século XX había que engadir as ciencias básicas: Matemáticas, Química e Xeoloxía. O volume non podía deixar de incluí-la Electrónica e Optoelectrónica por un lado e os ordenadores e a Tecnoloxía da información por outro, xurdidas en gran medida da Física. A Cirurxía, a mente e o cerebro e mailo medio natural son tres grandes ramas do coñecemento que durante o século XX experimentaron transformacións radicais. Esta foi a miña elección. Todos estes temas son tratados por expertos destacados en cada materia, todos investigadores en Galicia, algúns con experiencia en divulgación; o resto fixeron un esforzo para ser comprensibles.

Co volume pódese gozar e pasar uns momentos agradables. Polo menos esa é a miña opinión. Sen embargo, esta opinión non é a importante. A importante é a súa, que desexo sexa coincidente. Neste caso os obxectivos do volume estarán cumpridos.

Carlos Pajares Vales
Coordinador do volume de Ciencias





Colaboracións

AS CIENCIAS MATEMÁTICAS NO SÉCULO XX

*Luís A. Cordero**

Universidade de Santiago
de Compostela

*“Entristécame que a xente culta nin
sequera saiba que o meu tema existe”*

Paul R. Halmos

Resumi-la evolución das Matemáticas ó longo do século XX nunhas poucas páxinas é unha tarefa imposible. Tanto por razóns obxectivas como por razóns subxectivas, tendo en conta os modos de pensamento que temos os matemáticos e a nosa linguaxe tan especial, achegarlle ó lector os avances habidos neste século no pensamento matemático sen recorrer ás fórmulas paréceme, cando me dispoño a comezar a escribir, algo irrealizable.

Ademais, coido que un matemático, ó enfrente-la tarefa de escribir un artigo como este, que se supón de divulgación, debe ter en conta que polo menos a metade dos seus lectores deixarán de ler ó que atopen nel unha primeira ecuación, e non é difícil imaxinar qué ocorrerá cos que continúen ó daren coa segunda. Así que eu, que comparto este punto de vista, vou tentar escribir este traballo sen utilizar

fórmulas, confiado en que o meu lector saberá desculparme polas moitas imprecisións, erros e omisións que sen dúbida hei cometer.

AS CIENCIAS MATEMÁTICAS: A NOSA CULTURA INVISIBLE

Ninguén cun nivel cultural medio pode nega-la existencia do pensamento matemático como algo inherente ó poder racional do home, formando parte da súa natureza e da súa historia.

Na proposición non de lei do Congreso dos Deputados sobre o Ano Mundial das Matemáticas 2000 dise:

As Matemáticas son unha das máximas expresións da intelixencia humana e constitúen un eixe central na historia da cultura e das ideas. Gracias á súa universalidade aplícanse nas outras ciencias, nas ciencias da natureza, nas

* Catedrático de Xeometría e Topoloxía.

ciencias sociais, nas enxeñerías, nas novas tecnoloxías, e nas distintas ramas do saber mais nos diferentes tipos de actividade humana, de tal xeito que resultan ser fundamentais no desenvolvemento e progreso dos pobos.

O impacto e influencia das Matemáticas na nosa forma actual de vida é indiscutible e débese ó seu espectacular crecemento e ó aumento das súas aplicacións, principalmene no último tercio do século XX, no que todo se *matematiza*. Moitas das cousas que forman parte da nosa vida cotiá e das que non poderíamos prescindir facilmente, como a radio, o teléfono, a televisión, as calculadoras, os ordenadores, os códigos de barras, os discos compactos, o escáner ou os satélites artificiais, por exemplo, non serían posibles sen a aplicación de numerosos resultados matemáticos. Malia iso, e aínda que a súa historia se mide por milenios, os matemáticos temos que admitir que as Matemáticas son, sen dúbida, as máis impopulares de tódalas ciencias, e ocupan o último posto da lista no que á comunicación e coñecemento do home medio se refire.

F. Hirzebruch sinala:

Sen Matemáticas non habería un pensamento lóxico estruturado; o pensamento matemático é un compoñente fundamental do mundo moderno. Historicamente as Matemáticas foron a chave que abriu as portas da ilustración. Hoxe, as Matemáticas puras poden aínda ser consideradas como o garda do graal do pensamento lóxico.

O CAMBIO DE SÉCULO: DO XIX Ó XX

Sería imposible falar dos logros acadados polas Matemáticas no século XX sen facer referencia á revolución experimentada polo pensamento matemático ó longo do século anterior. Non só a súa linguaxe, senón os fundamentos lóxicos das Matemáticas actuais, dependen dun xeito esencial do acontecido durante o século XIX.

Unha das características primordiais das Matemáticas é o seu rigor, é dicir, o coidado en non admitir máis que aquilo que fose probado por un razoamento, e fixar con precisión as bases de todo razoamento. Sen embargo, este coidado non existiu sempre, como mostra a historia das Matemáticas nos séculos XVII e XVIII, cando os continuadores da obra de Newton e de Leibniz, aínda que culminan as colosais creacións do Cálculo infinitesimal e do Cálculo integral, inquietaban seriamente os científicos e mais os filósofos polas súas ousadías nos esvaradíos terreos do infinito e do infinitésimo, que se atopaban na base de todo o cálculo, ousadías provocadas por unha incontrolada chamada á intuición.

Non obstante, os rápidos progresos experimentados neses séculos fixeron que as Matemáticas entraran no XIX —para moitos o verdadeiro século da Matemática pura— nun período de axitado crecemento caracterizado por dous feitos: 1) a crítica dos fundamentos, primeiro os da Análise, logo os da

Xeometría, e por último tamén os da Lóxica, e 2) por unha tendencia á xeneralización, tentando libera-las Matemáticas das presuncións intuitivas e lograr que fosen un obxecto de estudio en por si, independentes da Filosofía natural. As melloras nos sistemas de cálculo, coa elaboración dun sistema rigoroso de análise, conducen, nun último termo, á Mecánica cuántica e á Teoría da Relatividade, e, como consecuencia, a un coñecemento e comprensión máis fondos da natureza da materia e do espazo. Doutra banda, ó cuestiona-la lóxica do Cálculo e da Xeometría, descóbrese un novo mundo para as Matemáticas nas teorías dos conxuntos infinitos e das xeometrías non-euclidianas, o que de feito conducirá, ó longo do primeiro tercio do século XX, ó mellor entendemento dos seus propios fundamentos.

Estas dúas direccións, unha aplicada e con influencias alleas, a outra teórica, introspectiva e abstracta, teñen en realidade unhas raíces comúns e mostran a simbiose existente entre Matemática pura e Matemática aplicada.

Dunha parte, J. Fourier (1768-1830) intúe que toda función pode ser expresada como suma de certas funcións básicas simples que representan as vibracións periódicas que forman os tons puros musicais ou as cores básicas da luz. Esta idea de Fourier, motivada pola súa análise da calor nos corpos, é unha das máis importantes da historia das Matemáticas. Os estudos derivados deste descubrimento esténdense ó longo de todo o século XIX e involu-

cran os máis importantes matemáticos da época, como Dirichlet, Riemann, Weierstrass ou Cantor. Eles analizan qué é o que valida o método (a converxencia controlada das sumas infinitas) e qué é o que pode invalidalo. Os seus estudos permítenlles ós físicos teóricos (seguindo o camiño no que a teoría é válida) transforma-la Física clásica por medio destes novos instrumentos matemáticos. Pola súa banda, os matemáticos exploran as moitas vías nas que o método de Fourier non funciona. Descubren deste xeito o amplo mundo, ata entón descoñecido, dos conxuntos infinitos.

Prodúcese asemade un descubrimento sorprendente e desconcertante: a Xeometría euclidiana non é o único tipo de xeometría posible. Hoxe sabemos que este achado se debe a K. F. Gauss (1777-1855), o matemático máis grande de tódolos tempos, quen nunca o publicou por medo ó ridículo; o creto da primeira publicación, en 1826, débese atribuír a N. Lobachevski (1792-1856) e J. Bolyai (1802-1860), que, dun xeito independente e case simultáneo, deron a coñecer o que hoxe chamamos Xeometría hiperbólica. A clave para tal achado atópase no feito de que un dos postulados da Xeometría euclidiana, o Postulado da Paralela ou Postulado V, non é por forza certo. É dicir, dos dez axiomas da Xeometría euclidiana, o Axioma da Paralela pode ser negado e, así e todo, aínda é posible construír cos nove restantes unha Xeometría perfectamente consistente; ou o que é o mesmo, tal axioma é independente dos

outros nove. Este descubrimento leva de contado á pluralización das Matemáticas: onde antes había unha xeometría agora temos xeometrías e, nun último termo, álxebras e non só unha álgebra, sistemas numéricos e non un só sistema numérico. O pulo definitivo destas consideracións puramente abstractas sobre as xeometrías non-euclidianas prodúcese coa definición por G. B. Riemann (1826-1866) das “configuracións n -dimensionais”, co que se crean os modelos matemáticos que lle permitirán a A. Einstein (1879-1955), anos máis tarde, o desenvolvemento da Teoría da Relatividade.

Estas dúas direccións seguidas no século XIX, se ben poden ser consideradas fundamentais, non foron certamente as únicas. As necesidades da Física matemática provocaron o inicio do desenvolvemento da Análise complexa, é dicir, do estudio das funcións sobre os números complexos. Este progreso, que se leva a cabo canda o da Análise de Fourier, segue a ter hoxe en día aplicacións constantes non só na Física matemática senón tamén, por exemplo, desempeñando un papel central na resolución de arrevesados problemas da moi abstracta e pura Teoría dos Números Primos. Doutra banda, a Teoría de Grupos, iniciada por E. Galois (1811-1832) ó tratar de resolverlo problema, xa clásico daquela, de atopar as raíces dunha ecuación polinómica, a Álgebra de Boole, xermolo da lóxica matemática (G. Boole, 1815-1864), ou a Álgebra de Matrices (A. Cayley 1821-1895), xorden como conse-

cuencia de consideracións puramente teóricas e como resposta a necesidades puramente intelectuais; con todo, co andar do tempo todas elas se teñen mostrado claramente útiles nas súas aplicacións.

Desta visión do sucedido no século XIX, incompleta e moi superficial, pódese extraer emporiso unha importante conclusión que marca o devir das Matemáticas ó longo do século XX: aínda que as Matemáticas están moldeadas tanto pola necesidade de comprensión da forma pura como pola determinación dun feito científico, ámbolos dous moldes producen estruturas semellantes e, independentemente de se o seu desenvolvemento vén motivado polo seu interese intrínseco, como se se realiza polo interese das súas aplicacións, os problemas que se xeran e as estruturas necesarias para resolvelos comparten unha base lóxica común, e só se diferencian na forma de seren expresados. Por iso, e dun modo case xeral, as Matemáticas eran xa aceptadas, a finais do século XIX, como unha forma de pensamento axiomatizado.

ASCIENCIAS MATEMÁTICAS NO SÉCULO XX

O desenvolvemento experimental do polas Matemáticas ó longo do século XX é, se non maior, si polo menos comparable ó de calquera das outras ciencias. O ocorrido nestes cen anos pódese resumir, dun xeito moi simple, dicindo que a súa primeira

metade estivo marcada pola idea de que “canta máis abstracción, mellor”; este concepto foi cambiando co paso do tempo, e semella que na segunda metade do século o principio predominante pasou a ser que “existen niveis óptimos de abstracción”.

Postos a sinala-las influencias máis relevantes que condicionan o desenvolvemento das Matemáticas na primeira metade do século, é obrigado asocialas, nunha inicial aproximación, cos nomes de dous ilustres matemáticos: Georg Cantor (1845-1918) e David Hilbert (1862-1943).

Cando a Matemática se movía no medio dun mare magnum de novos conceptos e teorías e dunha nova linguaxe que nacía coa Teoría dos Conxuntos Infinitos de Cantor, prodúcese un feito que marca decisivamente o seu desenvolvemento posterior ó longo de todo o século. En agosto do ano 1900 celebrouse en París o 2º Congreso Mundial de Matemáticas; na sección de Bibliografía e Historia, Ensino e Métodos, nunha sesión presidida precisamente por Cantor, Hilbert pronunciaba unha conferencia titulada “Os problemas futuros das Matemáticas”. Nela presentaba unha lista de vintetrés problemas non resoltos que, na súa opinión, eran os máis importantes cos que se enfrontaban as Matemáticas naquel momento e que deberían centra-lo traballo investigador nos seguintes anos. Os problemas propostos por Hilbert marcaron o devir das Matemáticas a partir do momento da súa formulación e ata os nosos días,



David Hilbert presentou na súa conferencia do ano 1900 en París, que acadou moita sona, unha lista de vintetrés problemas matemáticos non resoltos.

nos que, por certo, algún deles aínda segue sen resolver. Tal foi a importancia desa lista de problemas que os matemáticos que lograron solucionar algún deles obtiveron un recoñecemento unánime por parte de toda a comunidade matemática.

Pero máis importante aínda cá lista de problemas de Hilbert foi a súa proclamación de fe persoal na posible resolución de todo problema matemático, feita na primeira parte da conferencia e que se resume nas súas propias palabras como segue: “(Os matemáticos) oímos sempre resoar esta chamada: aquí te-lo problema, búscalle solución. Ti podes atopala polo razoamento

puro. Xamais o matemático será levado a dicir: *Ignorabimus*".

Hilbert baseábase no convencemento de que a natureza das Matemáticas consiste en propoñer e resolver problemas, polo que os instrumentos do pensamento puro na mente dos matemáticos creadores deben ser sempre suficientes para resolver calquera problema matemático que se lles propoña. Segundo el, as esixencias e as condicións xerais ás que debe corresponder a solución dun problema matemático son dúas: 1ª, a exactitude da solución, que debe obterse por medio dun número finito de conclusións; e 2ª, esa solución debe fundamentarse sobre un número finito de hipóteses proporcionadas polo mesmo problema e formuladas, en cada caso, con precisión.

O método axiomático así propugnado por Hilbert non era algo novo, xa que foi o utilizado por Euclides, por exemplo; pero a Hilbert se debe que comezara a ser coñecido e utilizado, na súa forma moderna, a finais do século XIX. Como auténtico mestre da axiomática, o espírito de Hilbert exerceu unha profunda influencia no universo matemático de principios do século, e por iso debe ser considerado como un deses grandes homes que dominan e caracterizan toda unha época. O rigor da súa linguaxe e a marabillosa perfección dos seus razoamentos fixeron que o seu traballo fose un modelo para tódolos matemáticos posteriores. O seu libro *Grundlängen der Geometrie* (Fundamentos da Xeometría, 1ª ed. 1899) marca o inicio da axiomatización das

Matemáticas, ou, por sermos máis precisos, da utilización dos sistemas de axiomas formais como base de cada unha das disciplinas matemáticas e, eventualmente, de tódalas Matemáticas.

Non obstante, a implantación desta concepción hilbertiana, esencialmente formalista, non foi doada; el mesmo coñecía mellor ca ninguén a grande influencia exercida polas outras dúas escolas de pensamento sobre a fundamentación das Matemáticas que xurdiron nos comezos do século.

Dunha parte estaba a Escola loxísta; os seus principais impulsores foron os ingleses B. Russell (1872-1970) e A. N. Whitehead (1861-1947). Os membros desta escola sostíñan que a Matemática é unha rama da Lóxica e, xa que logo, avogaban pola definición dos conceptos matemáticos en termos de nocións lóxicas e a proba das súas proposicións como teoremas de lóxica. Este enfoque non era novo xa que o principio de que as Matemáticas son derivables da Lóxica se remonta a Leibniz, quen distinguía entre verdades da razón, ou necesarias, e verdades de feito, ou continxentes. En 1903, na súa obra *Principios da Matemática*, Russell escribía: "O feito de que tódalas Matemáticas son lóxica simbólica é un dos achados máis grandes da nosa época..."

Doutra banda estaba a chamada Escola intuicionista, fundada por L. E. J. Brouwer (1881-1966), ó que máis tarde se une Hermann Weyl (1885-

-1955). Brouwer concibía o pensamento matemático como un proceso de construcións mentais que crea o seu propio universo, independente da experiencia e restrinxido só na medida en que debe de estar baseado na intuición matemática fundamental. Brouwer escribía: “O único fundamento posible para as Matemáticas ten que buscarse neste proceso constructivo, limitado pola obriga de captar con reflexión, cultura e refinamento de espírito qué teses son aceptables á intuición e evidentes á mente e qué teses non o son”. Como non recoñecía ningún principio da Lóxica *a priori*, tampouco non recoñecía a tarefa matemática de deducir conclusións a partir de axiomas; para el, os paradoxos eran un defecto da Lóxica e non da verdade matemática, así que negaba a lexitimidade absoluta das regras aristotélicas da Lóxica, chegando a citar a Lei do Tercio Excluso para conxuntos infinitos como exemplo de principio lóxico que se estaba a aplicar con excesiva liberdade. Hilbert, reaccionando contra esta corrente, chegaría a declarar, alporizado, no ano 1924: “Despoxa-lo matemático da Lei do Tercio Excluso equivale a negarlle o telescopio ó astrónomo, ou o uso dos seus puños ó boxeador”.

Co fin de salva-la Matemática clásica da demoledora crítica intuicionista, así como tamén a Teoría Conxuntista de Cantor, que se estaba a crebar polo mal dos paradoxos, Hilbert propuxo que a Matemática fose formulada como unha teoría axiomática formal. Impulsou deste xeito unha terceira

escola, a Escola formalista, baseada na filosofía de que todo o contido das Matemáticas pode transformarse nun sistema de fórmulas simbólicas; xunto a este sistema formal existe un eido chamado Metamatemática, dominio separado que serve de xustificación para o sistema de fórmulas, xa que o seu obxecto de investigación son as propias demostracións das Matemáticas ordinarias. Esta concepción formalista ou hilbertiana distingue os enunciados ‘reais’ dos ‘ideais’, segundo o seu uso implique ou non a posesión dun significado intuitivo. Ademais, o engadido de ‘elementos ideais’ a un sistema para completa-la súa estrutura e simplificar así o desenvolvemento da correspondente teoría, resultou ser un procedemento moi proveitoso.

Hilbert e os seus seguidores crían que co procedemento de edificar e formaliza-la demostración matemática por medio dun sistema de postulados non contradictorios, podería introducirse nas Matemáticas o mesmo tipo de certeza que as Leis de Newton introduciran na Mecánica dous séculos antes. Sen embargo, do mesmo xeito que a Mecánica cuántica botou por terra o determinismo newtoniano, así a publicación do Teorema de Incompletitude por Kurt Gödel (1906-1978), no ano 1931, fixo o mesmo coa certeza hilbertiana. No seu teorema —sen dúbida un dos resultados máis profundos da historia do pensamento—, Gödel establece a sorprendente conclusión de que as Matemáticas non poden ser encadea-

das á Lóxica, deixando sentado que a Aritmética e, *a fortiori*, a Ciencia matemática, é unha teoría incompleta. Isto viña a significa-lo seguinte: dado un conxunto calquera de axiomas que inclúa os da Aritmética, non existe ningún proceso de demostración con forza abonda para probar que tal conxunto é, ó mesmo tempo, consistente e completo, xa que se fose completo tería que ser contradictorio, e se non contén contradicións entón sempre existen enunciados matemáticos verdadeiros que non poden derivar do conxunto de axiomas de partida. Utilizando as palabras de Hilbert, Gödel probou que nas Matemáticas sempre existe un "*Ignorabimus*".

Gödel facía ver así que as Matemáticas non son unha ciencia todopoderosa e que estaban moi lonxe de probalo todo como algúns pretendían, xa que nin sequera daban constatado a súa propia consistencia. Poñíase así mesmo en evidencia que se a Teoría de Conxuntos non é contradictoria cando se basea nun sistema de axiomas no que non figure o Axioma da Elección (que estipula a posibilidade de elixir un elemento en cada conxunto dunha familia de conxuntos), entón tampouco o é a teoría obtida engadíndolle ó sistema o Axioma da Elección e a Hipótese do Continuo (que di que todo conxunto non numerable de números reais ten a potencia do continuo, entendendo por 'continuo' o conxunto de tódolos números reais). Polo tanto, non se puido probar nin a veracidade nin a falsidade do Axioma da Elección e da

Hipótese do Continuo, disxuntiva que dividía os matemáticos e coa que rematou no ano 1963 o americano P. J. Cohen (1934-...) ó probar no seu Teorema de Indicibilidade que se trata de dous axiomas independentes do resto, e que a supresión dun ou de ámbolos dous, e mesmo a negación de calquera deles, daría orixe a Matemáticas diferentes. Por certo, Cohen deu así resposta ó primeiro dos problemas da lista proposta por Hilbert en 1900.

En resumo, todas estas convulsións experimentadas pola axiomática primitiva ó longo da década dos trinta provocaron modificacións substanciais na forma de pensamento matemático e conduciron, en definitiva, á inclusión dun formalismo-clase no sistema e á fusión dos axiomas da Teoría de Conxuntos cos do Cálculo lóxico. En todo caso, un feito predominante acabou por ser incuestionable: o triunfo das ideas de Cantor.

A introducción por Cantor, nos últimos anos do século XIX, dos conxuntos infinitos no vocabulario das Matemáticas deu orixe á Teoría de Conxuntos, e con ela proporcionou unha nova e rica linguaxe que permitiu achar novas demostracións de feitos xa coñecidos e, sobre todo, considera-las Matemáticas desde unha nova perspectiva, con resultados tan afagadores que logrou estimular enerxicamente as xeracións posteriores. A Teoría de Conxuntos, que deixara estampada unha impresión indeleble nas cuestións filosóficas máis fondas dos fundamentos

das Matemáticas, impulsou que os problemas máis arrevesados das súas principais áreas fosen repropostos e moitas veces resoltos; acusáronse daquela os efectos do poderoso pulo innovador xerado por ela.

Por exemplo, cuestións sobre a estabilidade das solucións das ecuacións diferenciais, nas que as solucións representan traxectorias de obxectos en movemento, foron traducidas en problemas de xeometría de certos conxuntos de puntos chamados superficies, o que axudou ó afianzamento dun novo campo nacente: a Topoloxía. Dun xeito análogo, cuestións sobre a estrutura común das matrices, dos grupos e dos conxuntos, conduciron ó amplo dominio hoxe coñecido como Álgebra abstracta. E métodos similares, ó seren aplicados á Análise do século XIX, levaron á Análise abstracta, na que as integrais e derivadas do cálculo clásico se aplican en espazos de dimensión infinita. Estas tres disciplinas, Álgebra, Análise e Topoloxía, representan a cultura común dun matemático do noso século. As definicións, teorías e métodos destes tres campos conforman hoxe o fundamento da educación matemática, e ninguén pode ser considerado culto en Matemáticas se non pode lelas e escribilas na linguaxe da Álgebra, da Análise e da Topoloxía. Partindo destes tres campos, nados nos albores do século XX, xorde a increíble variedade das Matemáticas dos nosos días.

Esta rápida exposición das orixes, artífices e principais áreas que levan ás

Matemáticas contemporáneas, quedaría incompleta se non se cita a decisiva influencia exercida, entre os anos corenta e ata ben entrados os setenta, pola aparición no mundo matemático dunha iniciativa moi singular coñecida baixo o nome de Nicolás Bourbaki.

No primeiro semestre do curso 1934-35, un grupo de matemáticos franceses mozos, case todos antigos alumnos da Escola Normal Superior de París, formado ó principio por H. Cartan (1904-...), C. Chevalley (1909-1984), J. Delsarte (1903-1968), J. Dieudonné (1906-1992) e A. Weil (1906-1998), decidiron escribir xuntos un libro sobre Análise. Nun primeiro momento concibírono pensando nos estudantes das universidades francesas e como substituto dun libro de E. Goursat, que consideraban xa anticuado, polo que decidiron redactar un novo texto que respondera axeitadamente ás necesidades das Matemáticas do século XX. Con este fin, comezaron a reunirse unha vez ó mes para discutiren o seu plan. Axiña, chegaron nesas reunións á conclusión de que non lles sería posible limitarse só a escribir un texto de Análise. A Álgebra, por exemplo, que cambiara por completo nos últimos anos como resultado dos impulsos vidos desde Alemaña, debidos principalmente ó traballo de Emmy Noether (1882-1935) e dos seus estudantes, estaba xa a muda-la cara de toda a Matemática. Doutra banda, as distintas ramas das Matemáticas tiñan acadado un desenvolvemento de tal magnitude que a especialización era xa



Henri Cartan (esquerda) e Jean Dieudonné (dereita) son dous dos fundadores do grupo Bourbaki. Os dous cóntanse entre os máis brillantes especialistas, á marxe das súas publicacións baixo o pseudónimo do *matemático fantasma*.

absolutamente necesaria para case tódolos matemáticos. Só aqueles da estatura científica dun David Hilbert ou dun Henri Poincaré podían pensar en abranguer todo o conxunto da Matemática. Para un matemático medio, sen embargo, era xa pouco menos que imposible ter unha perspectiva completa da Matemática e coñecer tódalas relacións existentes entre as súas diferentes ramas.

Todo isto fixo que o grupo comezara a decatarse do enorme que tería de ser o seu traballo, polo que decidiron que tal tarefa non podía facela un só individuo e que a súa división entre os

distintos membros do grupo de acordo coa especialización de cadaquén sería contraproducente para o seu obxectivo final: expoñer-las conceptos básicos comúns a tódalas ramas das Matemáticas, en primeiro lugar, e, unicamente unha vez feito isto, dedicarse a cada unha das súas áreas.

Desde o principio, Bourbaki non dubidou en adopta-lo método axiomático, polo que ten sido criticado duramente en moitas ocasións, pero el consideráboo absolutamente necesario para poder acadalo seu obxectivo. A idea, moi simple, que inspira o método axiomático é a seguinte: no canto de

defini-los obxectos que se van investigar, o que hai que facer é unha lista das propiedades fundamentais dos obxectos que se van utilizar no estudio. Estas propiedades tómanse como axiomas, e a partir de aquí xa non é importante cáles son os obxectos que se estudian. As demostracións constrúense de tal xeito que as súas conclusións poden ser aplicadas tamén a calquera outro obxecto que satisfaga eses mesmos axiomas. É case increíble que unha idea tan sinxela, que transformou completamente as Matemáticas, tardara tanto tempo en ser posta en práctica.

Esta decisión de Bourbaki de utilizar-lo método axiomático levouno á necesidade de adoptar un novo ordenamento das diferentes ramas das Matemáticas, xa que non era posible mante-la división clásica en Análise, Cálculo diferencial, Xeometría, Teoría de Números, etc.; no seu lugar xurdiu a noción de ‘estrutura’, que permitiu a introducción do concepto de ‘isomorfismo’ e, con el, unha nova clasificación das disciplinas fundamentais dentro das Matemáticas.

Os primeiros fascículos da obra de Bourbaki, que titulou *Elementos de Matemática*, apareceron no ano 1939 e chegou a publicar arredor de cincuenta volumes; o emprego do singular no título, Matemática e non Matemáticas, plasma a idea que inspira o seu traballo, e que queda nidiamente exposta cando sinala: “O tratado toma as Matemáticas na súa orixe e dá demostracións completas”.

Con partidarios entusiastas, pero tamén con detractores moi importantes, ningún, sen embargo, se atreverá a nega-la influencia da obra de Bourbaki, sen a cal as Matemáticas do século XX serían algo totalmente distinto do que son: unha ciencia robustecida e unificada, cimentada sobre unha fonte única, a Teoría de Conxuntos, tal e como Hilbert preconizara. E, se ben quedan ramas das Matemáticas que deberán ser axiomatizadas sobre ese fundamento, e aínda que as Matemáticas seguen apuntando cara á abstracción e a xeneralización, co paso dos anos comezan a recordar que os seus intereses e estímulo máis importantes sempre se atopan nas súas aplicacións. Morris Klein sinala: “Pretender desterrar das Matemáticas as súas aplicacións equivalería a querer concentra-la vida dun animal unicamente nos seus ósos, sen dedicar atención ós seus músculos, nervios e vísceras”.

MATEMÁTICA PURA E MATEMÁTICA APLICADA

Armand Borel, membro destacado do grupo Bourbaki, dixo nunha ocasión:

As Matemáticas son coma un grande iceberg; por baixo da superficie atópanse as Matemáticas puras, fóra da vista da xente. Por riba da auga está a punta do iceberg, a parte visible que se deu en chamar Matemática aplicada. A maioría da xente só ve esa punta que emerge sobre a auga e non se decatan de que esa porción que eles ven non existiría sen a outra porción, moitísimo máis grande, que permanece agachada da súa vista por baixo da auga, a Matemática pura.

A Matemática aplicada pode ser considerada como aquela actividade ou actividades nas que as Matemáticas atopan a súa aplicación máis alá dos seus propios intereses. Pola súa mesma natureza, a Matemática aplicada é interdisciplinar e a ela deberían dedicarse, en termos ideais, só aqueles que non teñen o principal interese nas Matemáticas por si mesmas. Desde este punto de vista, por exemplo, se a outra materia implicada fose a Física, sería difícil decidir se os interesados nela son físicos teóricos ou matemáticos aplicados, e mesmo se estamos a falar de Física teórica ou de Matemática aplicada.

É indiscutible que a relación entre as Matemáticas e moitas das outras ciencias leva experimentando un cambio substancial ó longo das últimas décadas, cambio que en xeral foi positivo e deu froitos claramente perceptibles. O desenvolvemento dos ordenadores, cada vez máis potentes, ten moito que ver con este cambio, pero non é o seu único responsable, aínda que nun nivel popular semella identificarse a Matemática aplicada con aquela que utiliza os ordenadores como ferramenta. Emporiso, este cambio non afecta o feito de que a Matemática continúa sendo unha ciencia esencialmente distinta de calquera outra.

Á Matemática chamáronlle, algunhas veces, a 'raíña das ciencias'. Para algúns é algo superior, e a súa existencia xustifícase de seu; nesta visión plásmase un sentimento de autosuficiencia e presunción, que se reafirma coa con-

sideración tan estendida entre moitos matemáticos de que só necesitan deles mesmos. Esta actitude mostra unha especie de sentimento case divino ou celestial, polo que a superioridade da mente sobre a materia atopa a súa mellor expresión nas Matemáticas, xa que elas son, ó mesmo tempo, a máis nobre e pura forma do pensamento. Seguramente unha das máis apaixonadas confesións, neste sentido, foi a do matemático inglés G. H. Hardy (1877-1947), quen afirmou que a mellor forma de xustifica-la práctica das Matemáticas é a de consideralas como unha forma de arte.

Diante desta actitude extrema de Hardy, que defendeu o estudio das Matemáticas como unha forma superior do coñecemento humano, independentemente da súa utilidade social, atópase a postura oposta, que entende que só se deben considerar e estudar aqueles aspectos das Matemáticas que sexan útiles socialmente. Esta visión atopou, probablemente, a súa máxima expresión na China, polo que é coñecida como 'Maoísmo matemático'. Baixo o réxime de Mao declarouse, nun certo momento, unha moratoria sobre a investigación científica en xeral que afectou tamén as Matemáticas. Os investigadores foron obrigados a realizalo seu traballo de acordo co principio de que "a investigación científica debe servi-la política proletaria, os traballadores, os campesiños e os soldados, e estar integrada totalmente no proceso productivo". Durante ese período funcionaron na China comités asesores

que informaban sobre a importancia da investigación que se estaba a realizar en Matemáticas, así como sobre a súa conformidade con ese principio político; é dicir, sempre baixo o criterio de que a investigación que se fixese debía estar dirixida á resolución de problemas prácticos, e que o seu ensino debería basearse en aplicacións concretas. Ata se fixo presión sobre os investigadores para que abandonasen o seu traballo en certas áreas inútiles para tal obxectivo, como ocorreu, por exemplo, coa Topoloxía¹.

As Matemáticas tamén teñen sido consideradas, durante longo tempo, como o “servente da Ciencia”; é dicir, como un operario cuantitativo que proporciona as ferramentas, e tamén moitas veces o marco axeitado, ás outras ciencias. Esta consideración non ten sentido na actualidade; hoxe son xa tantas as actividades nas que os matemáticos colaboran co resto dos científicos que as Matemáticas son máis un compañeiro de viaxe ca un servente.

Unha terceira forma de concibilas Matemáticas é consideralas como a linguaxe da que dependen as outras ciencias para cuantificalo que fan. R. Feynmann, premio Nobel de Física no ano 1965 polo seu traballo sobre a electrodinámica cuántica, dixo: “O Universo semella ser indescribible non sendo coa linguaxe das Matemáticas”. Non é difícil ilustrar esta afirmación, xa

que os exemplos ó longo da historia son innumerables. Pola súa relevancia, citarei só tres.

Primeiro exemplo: Newton quería achar un marco teórico que lle permitise describi-lo movemento dos obxectos baixo a influencia da forza da gravidade, incluíndo nese marco as Leis de Kepler do movemento planetario, e logrou o seu obxectivo ó enunci-la súa Lei de Gravitación Universal. Pero ó mesmo tempo desenvolveu o cálculo infinitesimal, un dos maiores logros da ciencia ó longo da historia.

Segundo exemplo: Einstein empregou moitos anos en tratar de formular dun xeito preciso o feito de que a gravitación é unha consecuencia da curvatura do espacio-tempo, pero non sabía cómo expresalo en termos matemáticos. Contan as crónicas que, certo día, dirixiuse ó seu amigo M. Grossman e díxolle: “Grossman, tes que me axudar ou vou tolear”. Este amigo faloulle entón a Einstein do traballo de Riemann sobre os espazos con curvatura. Neste contexto, o da Xeometría non-euclidiana, xa se desenvolvera unha inxente cantidade de investigación básica ou pura, que se atopaba en disposición de ser usada. Einstein, que era ante todo un físico e matemático só por necesidade, respirou entón aliviado e continuou co seu traballo sobre a Teoría da Relatividade Xeral.

¹ En 1976, unha delegación de matemáticos americanos visitou a China, e tiveron entón a oportunidade de celebrar encontros informais con algúns matemáticos chineses. No informe que elaboraron sobre a visita recóllense descrições das súas entrevistas que permiten constata-la terrible realidade daquela situación.

Esta conexión entre as Matemáticas e a Física, tan clara nestes dous exemplos, ten estado presente en todos os tempos, xa que a motivación máis importante da Matemática foi desde sempre a Física, ou, se se prefire, o mundo que nos rodea, motivación que segue a medrar co paso do tempo, tanto en extensión coma en profundidade. S. Weinberg, tamén premio Nobel de Física, fala da existencia de coincidencias 'sorprendentes' ou 'fantasmas'. Segundo el, sempre resulta sorprendente para o físico que imaxina un novo concepto ou idea constatar, *a posteriori*, que os matemáticos xa estiveran antes alí. A Teoría Abstracta de Grupos, que ninguén dubidaría en situar dentro da Matemática pura, proporciona un claro exemplo desta situación.

Terceiro exemplo: en esencia, un grupo é simplemente unha forma matemática de expresa-la noción de simetría. Cando os físicos descubren, na primeira metade do século, a existencia da Teoría de Grupos, atópanse con que iso é precisamente o que eles necesitan para unifica-las grandes leis da Física (da conservación da enerxía, do momento, do spin, da carga, etc.). Estas leis resultan ser un reflexo da simetría do mundo que nos rodea, e este sutil principio é un dos conceptos fundamentais na ciencia actual. Por exemplo, é ben sabido que, por razóns bastante complexas, a pregunta máis básica que se pode facer sobre unha partícula elemental é cal é o seu grupo de simetrías.

O PODER DAS MATEMÁTICAS

En termos xerais, ós matemáticos sempre se nos acusa de vivir nunha torre de marfil, perdidos nun mundo de abstracción formado por puntos infinitamente pequenos, circunferencias perfectamente redondas ou liñas infinitamente delgadas, por exemplo; é dicir, obxectos ideais que son irrelevantes para o mundo que nos rodea.

Pero coido que a abstracción non é, en absoluto, algo malo ou negativo, e que a construción de modelos ideais do mundo ó noso redor sobre unha base matemática ten resultado positiva en innumerables ocasións. Lémbrese que o mundo non é como semella ser. Por exemplo, ¿quen podería imaxinar, mirando pola fiestra, que a masa se aproxima ó infinito cando un se achega á velocidade da luz? Certamente, poderíamos preguntar: ¿a quen lle interesa iso? É obvio que lles interesa ós físicos, e supoño que tamén ós matemáticos, e, se a historia serve para algo, temos que admitir que tamén lles interesa a moitos máis, aínda que a miúdo ese interese xurda anos, ou mesmo décadas ou séculos, despois de que a correspondente teoría matemática fora desenvolvida. Por exemplo, a Xeometría de Riemann, que foi esencial para a formulación da Teoría da Relatividade, foi formulada sesenta anos antes de que Einstein a utilizara. A Teoría de Grupos de Lie (S. Lie, 1842-1899), fundamental na Física actual, desenvolveuse polo menos trinta anos antes de se comezar a aplicar na Física de

Partículas. A Teoría de Galois, ferramenta indispensable na Criptografía moderna, iniciou o seu camiño hai máis de cento cincuenta anos.

Doutra banda, o descubrimento do positrón polo físico P. A. M. Dirac (1902-1984) amosa como, ás veces, as Matemáticas chegan a ser “máis reais cá propia realidade”. Dirac estableceu as ecuacións de movemento do electrón baseándose fundamentalmente en consideracións de simetría. Pero sucedeu algo inesperado: as súas ecuacións predicían a existencia dunha certa partícula, idéntica ó electrón en todo agás na súa carga. Ninguén observara esta hipotética ‘antipartícula’, pero os físicos experimentais confirmaron rapidamente a súa existencia. Este descubrimento ten sido catalogado como un dos grandes triunfos da Física, pero teño para min que máis ben foi, de feito, un gran triunfo das Matemáticas.

Permítanme que describa outros exemplos, máis recentes no tempo, que amosan esa interrelación que se produce, sempre dun xeito inesperado e sorprendente, entre as Matemáticas e as outras ciencias, e que levan por medio das Matemáticas a obter elegantes solucións de problemas propostos nesoutras ciencias.

Os químicos xa sabían, desde comezos do século, que cando un fluxo de raios X atravesa un cristal, cada un dos seus raios sofre unha difracción ó bater cun átomo dentro do cristal; así, ó obte-la imaxe do cristal por medio dos

raios X, o que se consegue é unha imaxe bidimensional na que o nivel de escuridade varía de acordo coa situación no espazo dos distintos átomos que forman o cristal. Isto era unha especie de xeroglífico para os químicos, pois o que eles querían era poder describir con precisión a situación espacial dos átomos dentro do cristal. O problema co que topaban era o seguinte: os raios X, o mesmo ca calquera outra radiación electromagnética, pódense ver como ondas, ben determinadas pola súa amplitude e a súa fase; pero as imaxes bidimensionais obtidas por medio dos raios X detectan só as amplitudes das ondas e non as súas fases, o que en definitiva facía aparentemente imposible a dedución da estrutura tridimensional do cristal.

Este problema, que durante décadas intrigou ós químicos, non foi resolvido ata corenta anos máis tarde, ó redor de 1950, e a súa solución débese a un matemático chamado H. Hauptman, quen se decatou de que podía ser formulado en termos puramente matemáticos, e que para el existía xa unha solución moi elegante. Ata aquel momento os cristalógrafos só podían observa-lo que poderíamos pensar como a ‘sombra’ dun fenómeno físico, pero Hauptman probou que se podía reconstruí-lo fenómeno físico real a partir desa ‘sombra’, utilizando unha maquinaria matemática xa clásica e que se atopaba a disposición da comunidade científica desde había arredor de cen anos: as técnicas da Teoría de

Fourier². Por certo, Hauptman recibiu o premio Nobel de Química en 1985.

O feito certo e indiscutible é que a aplicabilidade ou non aplicabilidade dunha determinada teoría matemática é algo non predicible. P. A. Griffiths, matemático e director do Instituto de Estudios Avanzados de Princeton, abunda nesta afirmación ó dicir: "Canto máis fundamental é a Matemática implicada tanto máis ampla resulta se-la súa aplicación".

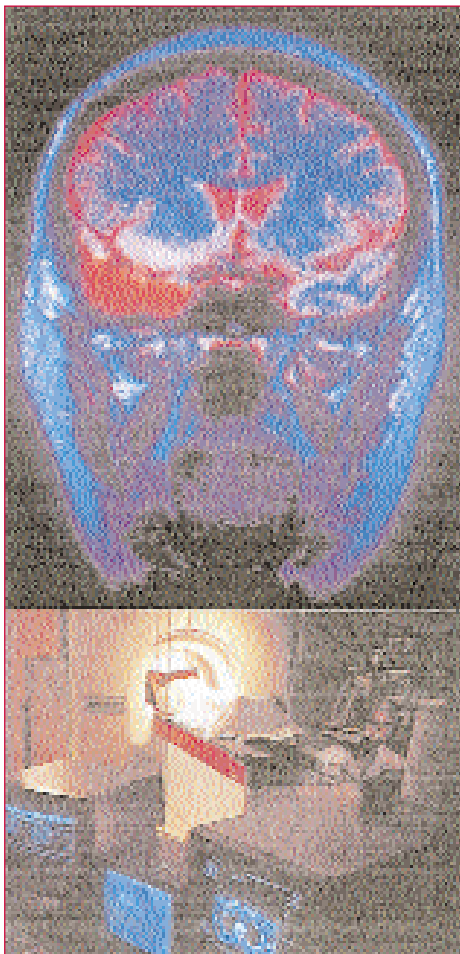
Unha excelente ilustración deste feito xurdiu hai só unhas décadas, cando o enxeñeiro A. M. Cormack andaba á busca dun método que lle permitise precisa-la localización e densidade dun obxecto no interior do corpo humano sen ter que recorrer á cirurxía. Daquela os médicos só dispoñían dos raios X que, como xa dixemos, proporcionan información unicamente en dúas dimensións.

O problema que se propón é o seguinte: se se fai pasar un feixe de raios a través dun obxecto de densidade variable, é posible medi-la cantidade de radiación que sae polo outro lado do obxecto e, polo tanto, cánta materia existe no obxecto ó longo da traxectoria de cada un dos raios do feixe. A cuestión é cómo se poden reconstruí-las distintas densidades no interior do obxecto

to a partir da información así obtida. A solución para este problema, desde o punto de vista puramente matemático, era xa coñecida desde moitos anos atrás, a partir dos traballos dun matemático chamado J. Radon (1887-1956). Usando as técnicas de Radon³, Cormack observou que é posible determinar con toda precisión a localización e maila forma dun obxecto no interior do corpo humano a partir das imaxes do obxecto obtidas por medio dos raios X desde distintos ángulos. Naceu así o xa popular escáner ou TAC, é dicir, a tomografía axial computarizada. Este mesmo principio foi estendido posteriormente para obter as imaxes por resonancia magnética, aínda dunha maior precisión. En ámbalas técnicas se realiza unha gran cantidade de medidas que son esencialmente unidimensionais, e utilízase unha técnica puramente matemática para reconstruír, a partir delas, unha imaxe tridimensional. Máis recentemente, facendo uso das antipartículas descubertas por Dirac, desenvolveuse a tomografía por emisión de positróns, que permite medir non só a anatomía, senón tamén o metabolismo do órgano en cuestión. A. M. Cormack, enxeñeiro, foi galardoado co premio Nobel de Medicina no ano 1979.

2 A función densidade de electróns é unha función triplemente periódica, non negativa e con soporte moi pequeno, e é posible determinar os valores absolutos dos seus coeficientes de Fourier a partir de medidas experimentais. A partir disto, Hauptman foi quen de deducir as fases das ondas a partir das intensidades na placa de raios X.

3 Existen moitas outras aplicacións da técnica de Radon, posiblemente non tan coñecidas nin de tanta repercusión popular. Por exemplo, a técnica de Radon utilízase en Oceanografía para determinar a temperatura dos océanos, o que non é algo intrascendente, xa que esa temperatura ten unha enorme influencia sobre o clima.



Imaxe do cerebro por resonancia magnética R.N.M. Os estudos de Cormack deron pé ó nacemento do TAC e posteriores modificacións.

Posiblemente unha das razóns polas que as Matemáticas chegaron a ser de tanta utilidade é que lograron romper coas súas barreiras internas. Téñase en conta que Henri Poincaré (1854-1912) foi, probablemente, o

último matemático do que se podería dicir que tiña un coñecemento global das Matemáticas. O inmenso desenvolvemento acadado ó longo do século XX fai imposible que ninguén posúa hoxe tal coñecemento.

É un feito indiscutible que a Segunda Guerra Mundial pode considerarse como unha fronteira no avance da maioría das ciencias, e podemos falar dun antes e un despois dela, polo menos no tocante ás Matemáticas. Lamentablemente, a guerra foi desde sempre unha das motivacións máis importantes para o desenvolvemento de aplicacións en tódolos ámbitos da ciencia, e as Matemáticas non son alleas a esta influencia.

Nos Estados Unidos, durante a Segunda Guerra Mundial, os matemáticos con máis talento foron recrutados para traballar nos centros de investigación do Goberno, nas industrias de guerra, etc. Unha lista non exhaustiva das actividades nas que eses matemáticos estiveron directamente implicados inclúe, por exemplo, a aerodinámica, a hidrodinámica, a balística, o desenvolvemento do radar e do sonar, a fabricación da bomba atómica, a criptografía e a intelixencia militar, a fotografía aérea, a meteoroloxía, a investigación operativa, o perfeccionamento dos ordenadores, a econometría, os foguetes, a progresión de teorías de control, etc. Foron innumerables os investigadores de sona involucrados nestas e noutras moitas actividades, igual que moitos dos seus discípulos.

A explosión da bomba atómica sobre o Xapón e a posterior invención de novas bombas máis potentes, fixo que os físicos atómicos, que vivían nas súas torres de marfil académicas, experimentaran un fondo sentimento de culpabilidade, tamén estendido á comunidade matemática. As Matemáticas, que se consideraban a si mesmas como unha doutrina arredada, allea ás influencias e condicionamentos impostos ás outras ciencias polas realidades do mundo e libres da súa contaminación, mostráronse de súpeto como algo que tamén posuía a capacidade de producir un enorme dano. Algúns matemáticos comezaron entón a distinguir no seu traballo unha parte boa, a Matemática pura, e unha parte mala, a Matemática aplicada de calquera tipo que fose. De feito, algúns matemáticos, e con eles toda unha xeración de discípulos, abandonaron para sempre o estudo das aplicacións. Por exemplo, N. Wiener (1894-1964), que estivera involucrado na evolución de teorías de control, renunciou a todo apoio do Goberno ó seu traballo e dedicou o resto da súa vida a un “traballo bo”, en Biofísica, e ó activismo a prol dos dereitos humanos.

Despois da Segunda Guerra Mundial chegou a Guerra Fría e o inicio da carreira espacial. De novo, milleiros de matemáticos foron empregados nas actividades das industrias aeroespaciais, tanto nos Estados Unidos como na Unión Soviética; e algo

semellante está pasando no momento actual co perfeccionamento teórico e industrial dos ordenadores.

A implicación das Matemáticas nas actividades que, directa ou indirectamente, gardan algunha relación coa guerra ten acadado tal grao de importancia que xa se teñen escoitado voces afirmando que, da mesma forma que a Primeira Guerra Mundial foi a guerra dos químicos, e a Segunda Guerra foi a dos físicos, a Terceira Guerra, que confiemos nunca se chegue a producir, será a guerra dos matemáticos. Quizais este sería un bo momento para lembrarles ós científicos en xeral, e ós matemáticos en particular, a advertencia que os alquimistas facían ós seus discípulos: “Apartade os poderosos dos vosos laboratorios, pois abusan do sagrado misterio para poñelo ó servicio do seu poder egoísta”.

En definitiva, por unha ou outra razón, o feito certo é que as Matemáticas veñen caracterizándose nestes últimos tempos por unha tendencia á especialización en subcampos cada vez máis pequenos. Unha primeira consecuencia disto é que algúns destes subcampos están sendo explorados moi a fondo. Unha segunda consecuencia é que os matemáticos temos un enorme problema de comunicación entre nós mesmos. É innegable a persistencia desta fragmentación en pequenos subcampos⁴, pero os seus efectos negativos quedan paliados polo feito de que

4 O “Mathematics Subject Classification 2000”, publicado por Math. Reviews e Zentralblatt für Math., abrangue 63 áreas, 557 subáreas e 5031 sub-subáreas.

moitos problemas especialmente interesantes poden estudiarse agora desde unha perspectiva moito máis xeral.

OUTRAS APLICACIÓNS DAS MATEMÁTICAS

Do que levo dito ata agora, o meu lector podería deducir que a relación das Matemáticas con outras ciencias só se produce, ou polo menos fundamentalmente, coa Física. Tal conclusión, quizais válida antano, non sería correcta hoxe en día. As Matemáticas están a facer numerosas contribucións a moitas outras disciplinas, ó tempo que esoutras disciplinas propoñen tamén novos retos ás Matemáticas, con distintos tipos de problemas que levan a novas aplicacións, e así sucesivamente.

Un exemplo ilustrativo disto proporcionáno-lo o estudio da dinámica dos fluídos. O aparello matemático deste campo xira, fundamentalmente, ó redor das chamadas ecuacións de Navier-Stokes. Actualmente estas ecuacións estanse utilizando para estudar unha increíble cantidade de fenómenos, como por exemplo a aerodinámica, a formación e comportamento dos furacáns, o fluxo sanguíneo no corazón, os fluxos a través de membranas porosas, a mestura do combustible nun carburador, a formación de cristais líquidos, o comportamento do plasma nun reactor de fusión, o movemento das galaxias, as correntes, as nubes, os ventos, etc. Esta lista, aínda que incompleta, pode dar unha idea de por qué

tanta xente se interesa nestas ecuacións.

En particular, o estudio das turbulencias e do caos esperta un interese especial hoxe en día, tanto desde o punto de vista teórico como desde o práctico. O estudio do comportamento caótico, é dicir, desas situacións nas que pequenos cambios producen grandes efectos, é probablemente un dos aspectos das Matemáticas implicadas que atrae unha maior atención popular (lémbrese o terrible efecto que unhas poucas moléculas de clorofluorocarbonados producen no ozono da nosa atmosfera).

Algunhas outras áreas das Matemáticas, aínda que non moitas, certamente, teñen sido tamén utilizadas no pasado nas chamadas Ciencias da Vida, como ocorre por exemplo coa Estatística, se ben esa utilización se producía nun nivel non fundamental. Esta situación está cambiando. Gracias ás novas técnicas creadas en tempos recentes e á aparición dos ordenadores, a Matemática pode xa traballar coa complexidade dos organismos biolóxicos e contribúe dun xeito importante ó seu mellor coñecemento. A capacidade das Matemáticas para distinguir modelos e organizar información comeza a penetrar sistemas tan básicos como, por exemplo, as redes de neuronas. O desenvolvemento do escáner, xunto cos estudos sobre a dinámica dos fluídos, permitiu, por exemplo, a elaboración de modelos por ordenador do ril, do oído e do páncreas e os do corazón

permitiron xa melloras no deseño das válvulas artificiais.

Hoxe, biólogos e matemáticos traballan xuntos no estudio dos mecanismos de duplicación do ADN. A denominada Teoría de Nós, que moi poucos matemáticos dubidarían en cualificar como pura, xunto coa Teoría de Probabilidades e a Combinatoria, axudan a que os biólogos comprendan mellor a complexidade da mecánica tri-dimensional nas cadeas do ADN.

¿E que dicir da Economía? As aplicacións das Matemáticas na Economía son tamén innumerables. O modelo do economista americano K. Arrow, premio Nobel de Economía, permite predici-lo comportamento dos mercados libres; o éxito deste modelo foi tal que se está producindo unha matematización do conxunto das ciencias económicas.

Na industria, a modelización por ordenador está a revolucionar todo dun xeito tal que aquelas industrias que non se adaptan ó cambio corren o risco de quedar desfasadas. As mellores, tanto no *hardware* como na modelización matemática ou nos algoritmos implicados no *software*, fan avanzar

estas aplicacións dunha forma extremadamente rápida. Un bo exemplo desta situación proporciónao o deseño dos microchips, que se realiza por métodos matemáticos utilizando a denominada Matemática discreta⁵. Outra área básica da Matemática, a Teoría de Corpos Finitos, atopou numerosas e importantes aplicacións na teoría de ordenadores e nas comunicacións⁶.

¿MATEMÁTICA PURA OU MATEMÁTICA APLICADA?

Hoxe en día estamos xa afeitos a falar de que hai que elixir entre investigación 'pura' ou investigación 'aplicada', dos Plans I+D, etc., e coido que tal disxuntiva é puramente artificial, polo menos en Matemáticas. De feito, unha gran parte do que se adoita chamar Matemática pura ten a súa orixe en investigación moi práctica, e reciprocamente. Nada impide que algún día, nun futuro quén sabe se moi próximo ou aínda moi distante, o traballo realizado nun contexto esencialmente 'puro', e por xentes visceralmente tan puras como o foi Hardy, retorne nun contexto de importante investigación práctica. E xa que a historia debe de

5 Unha tarefa estándar para comprobar placas con circuitos integrados consiste en mover un instrumento ó longo de centos ou milleiros de puntos no circuito e realizar algunha tarefa ou proba en cada un deles. Como levar a cabo tal test no mínimo tempo posible é un caso particular do denominado "problema do vendedor", é dicir, determina-lo camiño para visitar tódolos vértices dun grafo de forma que tal camiño sexa de lonxitude mínima.

6 Por exemplo, un reto para as compañías telefónicas consiste en construír sistemas que sexan ó mesmo tempo eficientes e robustos; é dicir, que utilicen o menor número posible de liñas para conduci-las chamadas, pero que asemade as dean reconducido con rapidez e eficacia cando o sistema sofre unha sobrecarga. Matematicamente isto pode ser calculado mediante un grafo do que os vértices serían as centrais telefónicas implicadas e as arestas representan as liñas telefónicas entre as distintas centrais.

servirnos sempre como guía, non resulta aventurado pensar que as aplicacións máis importantes aínda están por chegar, e farano moi probablemente en áreas que non poderíamos nin imaxinar neste momento.

Penso que a forma máis apropiada de describi-la relación entre a Matemática pura e a Matemática aplicada é consideralas como simbióticas; ningunha das dúas podería sobrevivir sen a outra. A Matemática aplicada necesita da pura para exercer as súas funcións e acadar os seus obxectivos, e para que a Matemática pura non resulte estéril, sen sentido e morta, necesita da revitalización e o contacto coa realidade que só a Matemática aplicada lle pode proporcionar.

Paul R. Halmos, matemático puro 'militante', ó reflexionar sobre ámbalas Matemáticas, escribe:

Comprende-lo mundo e, quizais, cambialo, é a motivación do matemático aplicado. Unha vez fixado un problema, as técnicas para resolvelo son elixidas e xulgadas en función da súa efectividade; e a satisfacción atópase de acordo co grao de coincidencia da solución obtida coa realidade e a súa utilidade para realizar predicións. Pola contra, a motivación dun matemático puro é, con frecuencia, simplemente a curiosidade. A elección da técnica para resolver un problema está dictada, polo menos en parte, pola súa harmonía co contexto que o rodea, e a satisfacción é maior na medida en que a solución atopada amose conexións insospeitadas entre ideas ou conceptos que parecían moi distantes entre si.

Moitos matemáticos puros consideran a súa actividade como unha arte.

Os matemáticos aplicados parecen consideralo seu tema, ás veces, como unha simple sistematización de métodos. Moitos matemáticos puros cren que a Matemática aplicada non é outra cousa que unha bolsa chea de trucos, sen máis mérito que o feito de que eses trucos funcionan. Para moitos matemáticos aplicados a maior parte da Matemática pura merece ser descrita como unha abstracción sen máis sentido que o seu amor por si mesma e, polo tanto, sen mérito ningún.

Este clima de tensión entre Matemática pura e Matemática aplicada non é novo, nin tampouco é algo polo que debamos lamentarnos. De feito, esta tensión é unha fonte inesgotable de novas matemáticas; primeiro a teoría acada a práctica e logo a práctica conduce a unha nova teoría. Esta situación é algo tan vello coma a propia Matemática.

BIBLIOGRAFÍA

- Cartan, H., "Nicolas Bourbaki and Contemporary Mathematics", *The Math. Intelligencer* vol. 2 (4) 1980, 175-180.
- Casacuberta, C., e M. Castellet (eds.), *Mathematica Research Today and Tomorrow*, Lecture Notes in Math. 1525, Berlín, Springer-Verlag, 1992.
- Halmos, P. R., *Selecta. Expository Writing*, Berlín, Springer-Verlag, 1983.

Kline, M., *Mathematics in the Western Culture*, Oxford, Oxford Univ. Press, 1971.

— *Matemáticas. La pérdida de la certidumbre*, Madrid, Siglo XXI de España Eds., 1985.

Steen L. A. (ed.), *Mathematics Today. Twelve Informal Essays*, Berlín, Springer-Verlag, 1978.

— *Mathematics Tomorrow*, Berlín, Springer-Verlag, 1981.



A TEORÍA DA RELATIVIDADE

*Alfonso Vázquez Ramallo**
Universidade de Santiago
de Compostela

ALBERT EINSTEIN E A TEORÍA DA RELATIVIDADE

A relatividade é unha teoría sobre o espacio e o tempo que modificou profundamente a nosa comprensión do universo. A diferenza da Mecánica cuántica —a outra gran revolución conceptual da Física do século XX— a Teoría da Relatividade foi a creación individual dunha soa persoa: Albert Einstein. Por esta razón, o autor destas liñas pensa que convén principiar este pequeno resumo das ideas básicas da relatividade e das súas consecuencias cun pequeno resumo biográfico do creador da dita teoría.

Albert Einstein naceu en Ulm (Alemaña) no ano 1879. Fixo os seus primeiros estudos en Múnic e ós dez anos ingresou no Gymnasium Liutpold. Considerado un mal estudante pola súa indiferencia ante o ensino que recibía, algúns dos seus profesores aconselláronlle abandona-los estudos. Sen embargo, Einstein tiña unha formación autodidacta en Física e Matemáticas. Ós dezasete anos ingresa no

Instituto Politécnico de Zúric, onde o seu desinterese polos cursos continuou e a piques estivo de suspender os exames.

En 1900 rematou os seus estudos. Gracias á axuda dun amigo conseguiu un emprego na oficina de patentes de Berna. Este posto de traballo proporcionoulle unha certa seguridade económica que lle permitiu elabora-las súas innovadoras ideas illado das principais correntes da Física. En 1905 deu ó prelo tres artigos revolucionarios. No primeiro deles daba unha explicación do efecto fotoeléctrico, pola que recibiría o premio Nobel en 1921. No segundo artigo desenvolvía unha teoría xeral dos movementos de axitación molecular. Finalmente, no terceiro formulaba a Teoría Especial da Relatividade.

Malia o seu illamento, o seu traballo comezou a ser recoñecido, o que fixo que lle ofreceran postos docentes en Zúric, Praga e Berlín. En 1915, en plena Primeira Guerra Mundial, Einstein completou a súa formulación da Teoría Xeral da Relatividade. Despois

* Catedrático de Física Teórica.

da chegada de Hitler ó poder en 1933, emigrou ós Estados Unidos, onde ocupou un posto no Institute for Advanced Studies en Princeton. Einstein faleceu no ano 1955. Á marxe da Física, Einstein destacou polo seu pacifismo e os seus valores morais.

No que segue imos facer un percorrido polas ideas básicas da Teoría da Relatividade, comezando polos seus antecedentes históricos.

A Teoría da Relatividade tivo tal influencia na nosa percepción da realidade e do universo, e deu lugar a tal cantidade de aplicacións prácticas e tecnolóxicas, que é difícil facer unha lista exhaustiva dos seus logros directos ou indirectos. Como toda teoría científica, debe considerarse incompleta e, polo tanto, susceptible de ser modificada. Posto que a ciencia sen feitos experimentais se converte, en último termo, en especulación, procuraremos na nosa exposición incluí-las experiencias realizadas co propósito de verifica-las diferentes prediccións teóricas. O que imos relatar é unha das máis grandes fazañas intelectuais da historia da humanidade con consecuencias que persistirán durante os vindeiros séculos.

A FÍSICA A FINAIS DO SÉCULO XIX

A física clásica está construída sobre dúas columnas básicas: a Mecánica newtoniana e a Teoría electromagnética. Os logros destas dúas teorías son considerables e pode dicirse

sen esaxeración que os coñecementos derivados delas son responsables da maior parte do progreso técnico acadado a finais do século XIX.

A mecánica de Newton permitiu describir de xeito razoablemente correcto o movemento dos obxectos materiais. A aplicación das leis de movemento de Newton deu lugar a un gran desenvolvemento da enxeñería. Por outra banda, as ecuacións newtonianas explican o movemento dos planetas e outros obxectos celestes con gran precisión.

A Teoría Electromagnética de Maxwell logrou unificar, nun mesmo marco teórico, os fenómenos eléctricos, magnéticos e da luz. As ecuacións obtidas por Maxwell constitúen a culminación e a síntese de moitas leis e observacións efectuadas desde o século XVII sobre a luz, a electricidade e o magnetismo.

A Mecánica clásica ten os seus alicerces nunha determinada concepción do espacio e do tempo. De feito, na Mecánica newtoniana admítase implicitamente que o espacio e o tempo son inertes, no sentido de que o movemento dos corpos non inflúe en absoluto neles. Deste xeito, na teoría clásica suponse que é posible introducir un tempo universal, único e absoluto, que transcorre uniformemente e de igual maneira para tódolos corpos. Como imos explicar máis adiante, estes conceptos clásicos teñen que ser revisados ante a evidencia dunha serie de feitos experimentais que os contradín. O

resultado desta análise é a Teoría da Relatividade, que supón unha intensa revolución científica e filosófica, como consecuencia da cal a nosa comprensión do mundo físico cambia profundamente.

Tal como acontece habitualmente na ciencia, a mesma Física clásica contén o xerme das ideas relativistas. Para poñer de manifesto este feito só hai que descubri-las inconsistencias e incompatibilidades entre o Electromagnetismo e a Mecánica clásica. Neste sentido é importante resaltar que estas dúas teorías se comportan de xeito distinto cando se cambia de sistema de referencia.

Un sistema de referencia é un sistema de coordenadas que permite fixar a posición dos corpos no espazo e un sistema de reloxos que serve para determinalo tempo; son unha clase destacada os chamados sistemas de referencia inerciais, que se definen como aqueles nos que unha partícula que se move libremente (é dicir, sobre a cal non se exerce forza ningunha) o fai cun movemento uniforme (ou sexa, con velocidade constante). Desta definición séguese que o movemento relativo de dous sistemas de referencia inerciais é o que corresponde a unha velocidade relativa constante. Para verificar este feito abonda considerar unha partícula libre que estea en repouso con respecto a un sistema de referencia inercial K. Posto que a partícula é libre, o seu movemento noutro sistema inercial K' debe ser uniforme, é dicir, con velocidade constante. Dado

que estaba en repouso no sistema K, a velocidade da partícula medida no sistema K' debe se-la velocidade relativa de K respecto de K', o que proba a nosa afirmación.

O Principio de Relatividade de Galileo establece que as leis da Mecánica clásica son as mesmas en tódolos sistemas de referencia inerciais. Para verificar que a mecánica de Newton satisfai este principio, é esencial supoñer que o tempo é absoluto e, polo tanto, independente do sistema de referencia. Unha consecuencia inmediata desta suposición é a lei clásica de composición de velocidades, que establece que as velocidades se compoñen como unha simple suma ordinaria. Así, por exemplo, se alguén que vai nun tren en movemento lanza un obxecto, a velocidade deste medida por alguén que está parado na estación é a suma da velocidade con que foi lanzado desde o tren máis a velocidade do tren.

Contrariamente ó que acontece na Mecánica newtoniana, a Teoría Electromagnética de Maxwell non satisfai o Principio de Relatividade de Galileo. Isto é unha consecuencia de que nas ecuacións de Maxwell intervéñen explicitamente a velocidade de propagación das ondas electromagnéticas no baleiro. Esta velocidade coincide coa velocidade da luz no baleiro, que denotaremos por c , e é numericamente igual a trescentos mil quilómetros por segundo. De feito, pensábase que as ecuacións de Maxwell só eran válidas cando se aplicaban a un sistema de referencia en repouso absoluto, que

estaría ligado a un medio hipotético denominado éter universal. Admitíase que o éter era un medio que penetraba todo, homoxéneo e isotrópico, que se atopa en repouso absoluto e enchendo todo o espacio.

No século XIX os físicos tiñan varias razóns teóricas para crer na existencia do éter; a principal era a propia natureza da interacción electromagnética. Sabíase que o electromagnetismo se propaga por medio de campos e considerábase que eses campos necesitaban un soporte material. Así pois, os campos electromagnéticos e a luz non serían máis que vibracións do éter, da mesma maneira que o son non é outra cousa que un movemento oscilatorio dun gas. É preciso sinalar que, desde o punto de vista da Física do século XIX, esta interpretación era, sen dúbida, a máis natural, xa que estaba en concordancia coa mentalidade mecanicista da época. Ademais, pensábase que a interacción gravitatoria, responsable da caída dos corpos e do movemento dos astros, tamén tiña o éter como soporte material. Deste xeito, as teorías de campos coñecidas daquela considerábanse simplemente como unha descrición dos posibles movementos do éter.

Neste contexto histórico xorde o problema de demostrar experimentalmente a existencia das velocidades absolutas. É bastante doado deseñar un experimento ideal con este obxectivo: supoñamos que temos un corpo que se move con respecto ó éter inmóbil. Imaxinemos que colocamos nel unha fonte e un detector de luz. Segundo a

lei clásica de composición de velocidades, se o corpo se move na mesma dirección e sentido da luz, esperaríase que a súa velocidade fose menor, mentres que se nos movemos na dirección contraria á da propagación da luz, a velocidade desta debería de ser maior. Emporiso, a velocidade da luz é moi grande comparada coas velocidades que se poden acadar con corpos macroscópicos. Isto quere dicir que, se medimos directamente a variación da velocidade da luz, o efecto vai ser máis pequeno cá precisión dos aparellos de medida e, polo tanto, inapreciable experimentalmente.

A solución a este problema de medición achárona os físicos americanos Michelson e Morley. No canto de medir directamente a velocidade, eles propuxeron compara-los tempos de percorrido da luz ó longo de dúas direccións distintas. Nunha das direccións o raio de luz percorría un camiño paralelo á dirección de movemento respecto ó éter, mentres que na outra dirección a luz é perpendicular á dirección de movemento. Tras ser reflectidos en espellos, os raios facíanse coincidir. Se realmente a velocidade da luz dependera da dirección de movemento, o tempo de percorrido dos dous raios sería distinto e produciríase unha figura de interferencia facilmente observable.

Michelson e Morley levaron a cabo o seu experimento por primeira vez en 1881. Como velocidade respecto ó éter utilizaron a velocidade do movemento orbital da Terra. Para sorpresa

dos dous científicos e dos seus contemporáneos, non se observou interferencia ningunha e, polo tanto, non se puido poñer de manifesto a máis mínima influencia do movemento do interferómetro na velocidade da luz. O experimento de Michelson-Morley foi repetido en varias ocasións con instrumentos de maior precisión e con idéntico resultado.

Existen outras evidencias da constancia da velocidade da luz. En 1912, outro experimento fundamental foi proposto polo astrónomo holandés W. de Sitter. Consistía en observa-la luz emitida por un sistema de estrelas dobres próximas entre si e que xiran arredor do centro de masa común. De Sitter sinalou que certas parellas destas estrelas teñen un plano orbital case paralelo á nosa visual, de xeito que cada estrela se afasta ou achega á Terra alternativamente mentres xira ó redor da súa compañeira. Se a velocidade da luz emitida pola estrela cando se afasta fose distinta da velocidade da luz emitida cando se achega a nós, poderíamos ver unha imaxe múltiple dela. Isto non se observa experimentalmente pois soamente se ven as órbitas elípticas regulares que as dúas estrelas describen unha ó redor da outra.

Moitas outras experiencias confirmaron o resultado negativo do experimento de Michelson-Morley. Sinalemos, por exemplo, unha verificación da constancia da velocidade da luz, realizada moi recentemente utilizando os sinais de radio dos satélites artificiais do sistema de posición global

GPS. Esta análise permitiu verifica-la independencia da velocidade da luz coa dirección cunha precisión de tres partes en mil millóns.

A TEORÍA ESPECIAL DA RELATIVIDADE

Os feitos experimentais que acabamos de describir poñen de manifesto a inexistencia do éter e que, daquela,



Albert Einstein, o creador da Teoría da Relatividade.

non ten sentido falar de repouso absoluto. Isto levou a Einstein a retoma-lo Principio de Relatividade que, como xa sabemos, na súa versión clásica non é satisfeito pola Teoría Electromagnética. A reformulación deste principio implica, necesariamente, un cambio das nocións newtonianas absolutas do espacio e do tempo.

Como resultado da súa análise, Einstein formulou a Teoría Especial da Relatividade, baseada nos dous postulados seguintes:

1) Principio de Relatividade de Einstein: as leis da Física (e non soamente as da Mecánica) son as mesmas en tódolos sistemas de referencia inerciais.

2) Existe unha velocidade límite de propagación das interaccións que é a velocidade da luz no baleiro c .

O primeiro destes postulados indícanos claramente que a transformación de coordenadas e tempo entre dous sistemas de referencia inerciais debe de diferir substancialmente da transformación de Galileo, pois esta última, como xa foi mencionado, non deixa invariante as ecuacións do electromagnetismo.

No segundo postulado, Einstein elevou a categoría de principio unha característica da electrodinámica de Maxwell. Neste postulado faise a hipótese de que a velocidade máxima de propagación das interaccións no baleiro ten un carácter universal, que está ligada ás propiedades do espacio e do

tempo e non depende do tipo particular de interacción. En virtude do principio de relatividade, esta velocidade máxima debe se-la mesma en tódolos sistemas de referencia inerciais, o que está en consonancia cos resultados do experimento de Michelson-Morley.

A existencia dunha velocidade límite de propagación das interaccións implica automaticamente que a velocidade con que se poden mover os corpos materiais non pode ser superior a c . De feito, se unha partícula puidese moverse cunha velocidade maior cá da luz, o intercambio desta partícula entre dous corpos xeraría unha interacción entre eles que se propagaría cunha velocidade superior á da luz. Deste xeito, o segundo postulado de Einstein limita superiormente as posibles velocidades na natureza.

Cómpre salientar que, sen entrar en contradicción coa Teoría da Relatividade, poden atoparse puntos que se moven cunha velocidade superior á da luz, pero que, sen embargo, non transportan un corpo ou dan lugar a unha interacción. Como exemplo disto, consideremos dúas varas AB e CD , tal como se amosa na figura 1. Supoñamos que a vara CD rota con respecto ó punto C e que a vara AB está fixa. Considerémo-lo punto xeométrico P no cal as dúas varas se cortan. Se o ángulo α que forman as dúas varas é tan pequeno como queiramos e se a lonxitude das varas é arbitrariamente grande, a velocidade do punto P poder ser tan grande como se queira.

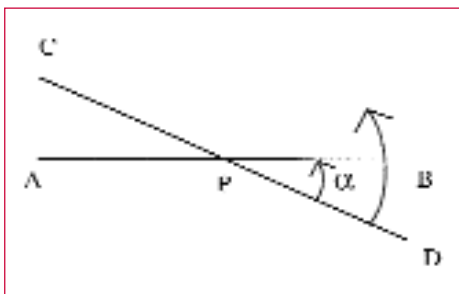


Figura 1.

Sen embargo, o punto P non corresponde a un único punto material das varas e, polo tanto, o seu movemento non vai acompañado de transporte de enerxía e non pode transmitir interaccións.

Non é difícil convencerse de que a constancia da velocidade da luz en tódolos sistemas de referencia inerciais contradí a noción clásica de tempo absoluto. Para ilustrar este feito consideremos dous sistemas de referencia K e K'. Sexan XYZ e X'Y'Z' os eixes de coordenadas de K e K' respectivamente. Supoñamos que o sistema K' se move con respecto a K ó longo dos eixes X e X', tal como se amosa na figura 2.

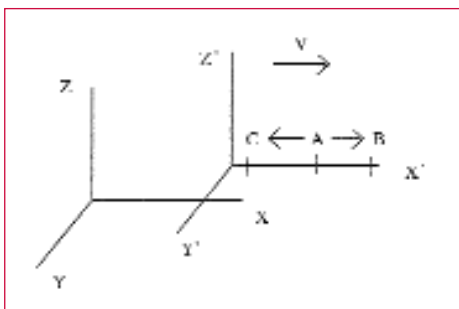


Figura 2.

Imaxinemos que desde o punto A, que está no eixe X', enviamos sinais en sentidos opostos. Sexan B e C dous puntos do eixe X' que equidistan do punto de emisión A. Os puntos B e C están en repouso no sistema K' e, posto que a velocidade da luz é a mesma en tódalas direccións, os raios de luz chegarán, no sistema K', no mesmo intre ós puntos B e C. É doado concluir que, con todo, a chegada do raio a estes dous puntos non pode ser simultánea no sistema K. En efecto, para un observador no sistema K, o punto C vai ó encontro do raio de luz, mentres que o punto B se afasta del. A velocidade da luz en K vale o mesmo que en K' e, en consecuencia, o raio alcanzará o punto C antes có punto B. Deste xeito, dous sucesos simultáneos nun sistema de referencia inercial non teñen por qué selo noutro sistema inercial, o que rompe a concepción clásica do tempo como algo absoluto e independente do estado de movemento do observador.

Dados dous sucesos arbitrarios, a súa ordenación temporal pode depender do sistema de referencia. Daquela, nun sistema de referencia un suceso pode ser anterior a outro, mentres que é posible que para outro observador inercial sexa posterior. Existe, non obstante, unha situación na cal a ordenación temporal é independente do sistema de referencia. Isto acontece cando os dous sucesos poden conectarse por medio dun sinal que se propaga a unha velocidade menor ou igual á da luz. Neste caso é sinxelo probar que o suceso que emite o sinal precede en tódolos

sistemas de referencia o suceso que a recibe. Así, no noso exemplo anterior, a emisión da luz desde o punto A prece-de sempre no tempo, en tódolos siste-mas de referencia, a chegada da luz ós puntos B e C.

En xeral, se dous sucesos se poden vincular causalmente entre si, é dicir, se un deles é a causa do outro, a súa ordenación temporal é a mesma para tódolos observadores. Esta pro-piedade denomínase principio de cau-salidade e resulta crucial para a consis-tencia da teoría; de feito, se non se verificase este principio sería imposible construír teorías científicas predictivas pois non distinguiríamos causas de efectos. A ordenación temporal de dous sucesos depende do observador cando, ó tratar de conectalos cun sinal, este se propaga a unha velocidade superior á da luz, o que, como sabemos, non está permitido polo segundo postulado de Einstein e, en consecuencia, estes dous sucesos non poden estar relacionados causalmente. Así, a existencia dunha velocidade límite das interaccións está ligada ó principio de causalidade e evita que existan paradoxos.

Para construí-lo formalismo ma-temático da Teoría da Relatividade, considérase un espacio vectorial de catro dimensións onde o tempo é a cuarta coordenada e os sucesos son simplemente puntos. Neste espacio vectorial defínese unha distancia entre puntos tal que dous puntos están a dis-tancia nula se os correspondentes suce-sos poden conectarse por un raio de luz. Este espacio de catro dimensións

denomínase espacio de Minkowski ou, simplemente, espacio-tempo.

Para atopar as leis de transforma-ción entre diferentes sistemas de refe-rencia inerciais só hai que obter os cam-bios lineais de coordenadas do espacio-tempo que deixen invariante a métrica do espacio de Minkowski. A correspondente transformación de coordenadas denomínase transforma-ción de Lorentz. Se temos dous siste-mas de referencia como os da figura 2, a relación entre (x, y, z, t) e (x', y', z', t') é a seguinte:

$$\begin{aligned} t &= \frac{t' + \frac{V}{c^2} x'}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}} & x &= \frac{x' + Vt'}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}} \\ y &= y' & z &= z' \end{aligned}$$

Obsérvese que na ecuación anterior aparece o cociente entre a velocidade V do sistema de referencia K' respecto a K e a velocidade da luz c . Se V é pequena con respecto a c , a ecuación anterior redúcese á Lei de Transformación de Galileo e, en particular, os tempos t e t' son iguais. Ademais, a transforma-ción de Lorentz só está definida cando a velocidade V é estrictamente menor ca c .

É sinxelo extraer algunhas conse-cuencias importantes da transforma-ción de Lorentz. Supoñamos, en pri-meiro lugar, que temos unha regra que se atopa en repouso no sistema de

referencia K e que é paralela ó eixe X. Sexa L_0 a lonxitude da regra medida no sistema K. Imos determinar canto vale a lonxitude L para un observador ligado ó sistema de referencia K', onde a regra se move con velocidade V. Para iso temos que determina-las coordenadas dos dous extremos da regra no sistema K' nun mesmo instante t' . Usando a lei de transformación de Lorentz para a coordenada x pódese obter a relación entre as lonxitudes en repouso (L_0) e en movemento (L):

$$L = L_0 \sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}$$

A raíz cadrada que aparece no segundo membro desta ecuación é menor ca un e, polo tanto, a lonxitude



Hendrik A. Lorentz. As ecuacións de Lorentz permitiron a Einstein elabora-la teoría completa da relatividade.

en repouso L_0 (denominada lonxitude propia) é maior cá lonxitude en movemento L. Este resultado da Teoría da Relatividade denomínase contracción de Lorentz.

A transformación de Lorentz tamén nos permite obter a relación entre os tempos medidos por reloxos de dous sistemas de referencia distintos. Supoñamos que un destes reloxos se atopa en repouso no sistema K'. Consideremos dous sucesos que ocorren no mesmo punto do espazo no sistema K' e sexa τ_0 o tempo transcorrido entre estes dous sucesos medido desde K'. A τ_0 denominámolo tempo propio. Facendo uso da lei de transformación de tempos, podemos obter a relación entre τ_0 e o tempo τ medido por un observador ligado ó sistema de referencia K. Esta relación é:

$$\tau = \frac{\tau_0}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}$$

Nótese que no sistema K os dous sucesos ocorren nun punto que se move con velocidade V. Da ecuación anterior séguese que τ_0 é menor ca τ , o que quere dicir que o reloxo de K' atrasa con respecto ó reloxo de K.

Hai que sinalar que se consideramos intervalos de tempos entre sucesos que ocorren no mesmo punto de K, e se comparamos estes intervalos temporais coas medidas feitas desde o sistema K', chegaríamos á conclusión de que, contrariamente ó que acontecía antes, os reloxos de K atrasan con

respecto ós de K' . Isto non supón contradicción ningunha pois as dúas comparacións das marchas dos reloxos son completamente diferentes. De feito, para establecer que un reloxo de K' atrasa con respecto ós reloxos do sistema K hai que proceder da seguinte maneira: supoñamos que nun certo instante o reloxo de K' pasa por diante do reloxo de K e, nese intre, as indicacións dos dous reloxos coinciden. Para comparar posteriormente os tempos temos que cotexa-las indicacións do mesmo reloxo de K' coas do outro reloxo de K , que agora está situado no punto polo cal o reloxo de K' estea pasando nese intre. Segundo a Teoría da Relatividade, como resultado desta experiencia concluíríamos que o reloxo de K' atrasa con respecto ós de K . Deste xeito, para compara-las marchas dos reloxos en dous sistemas de referencia precísanse varios reloxos nun deles e un reloxo no outro. Polo tanto, este proceso non é simétrico con respecto ós dous sistemas: o reloxo que atrasa é sempre aquel que se compara con varios reloxos do outro sistema.

É tamén interesante analiza-lo (mal) chamado paradoxo dos xemelgos. Imaxinemos dous xemelgos: un deles é astronauta e emprende unha viaxe a unha galaxia afastada, utilizando unha nave espacial capaz de moverse a velocidades próximas á da luz. Segundo a relatividade, ó regreso da súa viaxe o astronauta sería máis novo có seu irmán.

O posible paradoxo xorde do feito de que, desde o punto de vista do

astronauta, o que se move non é el senón o seu irmán. Polo tanto, poderíamos pensar que este último debería ter menos idade á fin da viaxe. Isto, sen embargo, non é correcto pois os sistemas de referencia ligados ós dous irmáns non son equivalentes. En efecto, o astronauta regresa á Terra, o que quere dicir que describe unha traxectoria pechada e, a diferenza do seu irmán, un sistema de coordenadas ligado a el non é inercial. Así pois, non existe ambigüidade e o irmán máis vello é certamente aquel que ficou na Terra.

Convén observar que despois destas viaxes espaciais é posible adiantalo futuro pero nunca se pode viaxar ó pasado. Isto último, que acontece en moitas narracións de ciencia ficción, violaría o principio de causalidade e soamente se podería facer, no contexto da Teoría Especial da Relatividade, viaxando a velocidades superiores á da luz, algo que, como xa sabemos, está prohibido polos postulados da teoría.

Estas diferencias entre as indicacións de dous reloxos en función do seu estado de movemento son mínimas cando as velocidades ás que se moven son pequenas comparadas coa velocidade da luz. Isto é o que acontece coas velocidades máximas que a tecnoloxía actual nos permite acadar en trens, avións, foguetes e outros medios de transporte. Polo tanto, para poder apreciar as diferencias temporais predicadas pola Teoría Especial da Relatividade nestes casos debemos dispoñer de reloxos de extraordinaria

precisión. Ende ben, o progreso da Física proporcionáanos instrumentos de medida do tempo coa exactitude requirida.

Todo proceso físico que se repite de xeito uniforme pode ser utilizado como reloxo. As medicións máis precisas do tempo son aquelas feitas por medio dos denominados reloxos atómicos. O funcionamento destes reloxos está baseado no feito de que os átomos emiten radiación cunha frecuencia ben determinada. Así, por exemplo, os átomos dun isótopo do cesio de peso molecular 133 teñen un estado fundamental desdobrado en dous pola interacción magnética entre os electróns e o núcleo. Este desdoblamento coñécese co nome de estrutura hiperfina. A frecuencia da radiación emitida na transición dun electrón entre estes dous niveis serve para defini-lo segundo patrón no sistema internacional de unidades.

As transicións entre diferentes niveis dun átomo poden utilizarse para sintonizar un dispositivo electrónico con gran precisión e, deste xeito, construír un reloxo atómico. Para facérmolos unha idea da exactitude que se pode conseguir, basta mencionar que cun reloxo construído cun máser de hidróxeno (que utiliza un mecanismo similar ós reloxos de átomos de cesio) pode chegarse á fantástica precisión dun segundo en cen millóns de anos, suficiente para detecta-los efectos relativistas nos corpos que se moven en velocidades moito máis pequenas cá da luz.

Nunha serie de experimentos realizados nos anos sesenta e setenta, varios reloxos atómicos foron colocados en avións durante horas para verificá-los efectos relativistas. De feito, ademais da dilatación temporal que depende da velocidade, existe un efecto gravitatorio que varía coa altura do voo. Estes dous efectos foron comprobados nestas experiencias cun grao aceptable de precisión (1 %).

A dilatación relativista do tempo pasa de ser un pequeno efecto a ser enorme cando nos achegamos á velocidade da luz. Isto non é posible coa tecnoloxía actual para os corpos macroscópicos pero, sen embargo, é perfectamente factible para partículas subatómicas. De feito, nin sequera é necesario accelera-las partículas ata velocidades próximas á da luz, pois a Terra está sendo bombardeada arreo polos raios cósmicos, que son núcleos atómicos que viaxan a través do espacio interestelar a velocidades próximas á da luz. Estes núcleos colisionan coas moléculas do aire das capas altas da atmosfera e dan lugar a moitas partículas que chegan de continuo á superficie da Terra.

A maior parte das partículas que se orixinan na colisión dos raios cósmicos coas moléculas do aire son muóns. Os muóns son partículas da familia do electrón, pero unhas duasetentas seis veces máis pesadas. Ademais, os muóns son inestables, pois desintégranse en electróns e neutrinos. O seu tempo de vida media en repouso é de dúas millonésimas de segundo. Se o

tempo de vida media dos muóns non dependese da velocidade, aínda viaxando á velocidade da luz, estes percorrerían uns seiscentos metros por termo medio e, polo tanto, non chegarían á superficie da Terra. Tendo en conta que os muóns que chegan á superficie terrestre son creados a uns quince quilómetros de altura, é evidente que a súa vida media en movemento debe de ser maior cá vida media en repouso. É sinxelo estima-lo valor da vida media en movemento: basta dividi-lo espacio percorrido polos muóns (quince quilómetros) pola velocidade da luz. O resultado desta división é de cincuenta millonésimas de segundo, é dicir, unhas vintecinco veces máis cós muóns en repouso. Vemos que neste caso a dilatación temporal relativista non se trata dunha pequena corrección senón, ó contrario, dun efecto moi grande.

Na actualidade os muóns poden producirse artificialmente nos aceleradores de partículas. En 1976 realizouse unha experiencia no Laboratorio Europeo de Física de Partículas (CERN) onde se estudiou a vida media de muóns que se movían a unha velocidade igual a 0,9994 veces a da luz. Medindo a vida media dos muóns en movemento e comparando o resultado da medida coa fórmula relativista (posto que coñecemos con exactitude a velocidade dos muóns) demostrouse que o valor experimental coincide coa predicción da Teoría da Relatividade cunha precisión superior a dúas partes por mil.

MECÁNICA RELATIVISTA

Na Mecánica clásica, as interaccións entre partículas materiais representáanse mediante unha enerxía potencial, que é función das coordenadas das partículas que interactúan. É doado decatarse de que este xeito de describi-las interaccións supón unha propagación instantánea destas e, polo tanto, é inconsistente co segundo postulado da Teoría Especial da Relatividade. Por outra banda, as ecuacións da Mecánica newtoniana non son as mesmas se se fai unha transformación de Lorentz, o que quere dicir que non satisfán o principio de relatividade de Einstein. Por estas razóns queda claro que hai que construír unha nova mecánica (a Mecánica relativista) que sexa compatible cos dous postulados de Einstein.

Para que unha teoría verifique o principio de relatividade de Einstein ten que ser posible establecer unha formulación consistente dela no espacio-tempo. Isto conséguese utilizando magnitudes vectoriais con catro compoñentes: tres espaciais e unha temporal. Unha formulación deste tipo dise que é covariante relativista. A Teoría Electromagnética de Maxwell pode ser formulada deste xeito, o que asegura que as súas leis se verifican en tódolos sistemas de referencia inerciais.

Para establece-las leis relativistas do movemento dos corpos cómpre atopar-las vectores con catro compoñentes que conteñan a información das propiedades mecánicas dun sistema.



James Clerk Maxwell foi quen introduciu no século XIX o modelo estatístico no que se basea a teoría da cinética da materia.

Dúas destas propiedades son a enerxía e o impulso. No contexto matemático do espacio-tempo é doado probar que a enerxía e o impulso forman parte dun mesmo vector cuadridimensional. Isto é moi importante porque supón unha certa equivalencia entre dúas magnitudes que son moi distintas na Mecánica newtoniana.

Unha consecuencia da unificación da enerxía e o impulso é o feito de que a inercia, é dicir, a resistencia dun corpo a poñerse en movemento,

aumenta coa velocidade e tende a infinito cando a velocidade do corpo se achega á da luz. Isto é consistente coa existencia dunha velocidade límite. Imaxinemos que aplicamos unha forza constante sobre un corpo. Na Mecánica newtoniana este corpo tería unha aceleración constante e, polo tanto, a súa velocidade incrementaríase indefinidamente. O impulso dunha partícula relativista sobre a cal actúa unha forza constante aumenta tamén cun ritmo constante. Sen embargo, cando a partícula acada unha velocidade próxima á da luz, a súa inercia tende a infinito e, polo tanto, aínda que o seu impulso medra indefinidamente, a súa velocidade aproxímase asintoticamente á velocidade da luz. Este tipo de comportamento relativista é hoxe en día verificado a cotío nos aceleradores de partículas.

Outra propiedade moi importante é o valor da enerxía dunha partícula nun sistema de referencia no que esta se atopa en repouso. A partir das ecuacións relativistas pódese demostrar que a dita enerxía é igual á masa da partícula multiplicada pola velocidade da luz ó cadrado. Esta afirmación é a chamada Lei de Equivalencia entre a masa e a enerxía, e pode expresarse matematicamente pola ecuación $E=mc^2$, unha das máis coñecidas da Física.

No contexto da Mecánica relativista é posible ter partículas de masa nula; o exemplo máis común é o fotón, que é o cuanto de luz. Unha partícula de masa nula móvese por forza á velocidade da luz e a súa enerxía E está

relacionada co seu momento p pola ecuación $E=pc$. É importante subliñar que non existe ningún sistema de referencia no que o fotón se atope en repouso. De existir tería que viaxar á velocidade da luz, cousa que é imposible pois a transformación de Lorentz non está definida para $V=c$. Por esta razón non ten sentido falar dun fotón en repouso e, de feito, sabemos que, segundo os postulados de Einstein, a luz se move á mesma velocidade en tódolos sistemas de referencia e polo tanto a velocidade do fotón sempre debe ser igual a c .

A Mecánica relativista desempeñou un papel esencial na comprensión da natureza cuántica da luz. Nótese que se supoñemos que a luz está constituída por fotóns, estamos adoptando unha interpretación corpuscular da radiación electromagnética. Isto supón unha certa unificación entre a materia e a radiación e, de feito, a Cinemática relativista é esencial para entender os procesos de interacción entre a materia e a radiación, tales como, por exemplo, o efecto Compton (dispersión da luz por electróns) ou os procesos de aniquilación de partículas e antipartículas, nos que a materia se transforma en radiación.

A enerxía total dunha partícula é a suma da súa enerxía en repouso (que depende da súa masa) e da enerxía cinética (que depende da súa velocidade). En calquera proceso físico ten que se conserva-la enerxía total das partículas e non necesariamente algunha destas dúas contribucións por separado.

Isto significa que, en particular, a masa non ten por qué conservarse. De feito, hai moitas reaccións en Física nuclear nas que a suma das masas dos produtos finais é menor cá suma das masas das partículas antes de se iniciar a reacción. Nin sequera o número de partículas ten que ser constante e, así, existen moitos procesos nos que se crean novas partículas ou nos que as partículas iniciais se aniquilan dando lugar a outras novas no estado final da reacción.

Sempre que nun proceso haxa unha diminución da masa total, e polo tanto das enerxías en repouso das partículas, necesariamente debe incrementarse a enerxía cinética. Deste xeito, neste tipo de proceso estamos convertendo a masa en enerxía. Este é precisamente o fundamento teórico da enerxía nuclear. Para ter unha idea das ordes de magnitude nesta equivalencia entre masa e enerxía, o máis apropiado é facer un sinxelo cálculo numérico. Supoñamos que convertemos un quilogramo de materia en enerxía. Por medio da ecuación $E=mc^2$ é inmediato verificar que un quilogramo de materia corresponde a 9×10^{16} joules. Esta enerxía é equivalente á que se libera na combustión de quince millóns de barrís de petróleo.

As aplicacións da radioactividade e a enerxía nuclear son, hoxe en día, moi numerosas. Ademais do seu uso militar e das centrais nucleares, podemos sinalar as aplicacións médicas (como técnica de diagnóstico e tratamento) ou en Arqueoloxía (para datar con precisión os restos). É tamén

importante destacar que as reaccións nucleares de fisión son as responsables da radiación emitida polo Sol e as outras estrelas. Ademais, estas reaccións serven para sintetiza-los elementos químicos pesados a partir do hidróxeno primordial e, polo tanto, son cruciais para a existencia da materia tal como se dá en toda a súa diversidade no noso planeta. Así pois, se non se puidese transformar materia en enerxía simplemente non existiríamos nin nós nin o noso planeta.

A TEORÍA XERAL DA RELATIVIDADE

A Lei da Gravitación Universal de Newton describe a atracción gravitatoria entre dúas masas en termos dunha interacción instantánea que, como xa sabemos, é incompatible coa Teoría da Relatividade. Einstein era plenamente consciente deste problema e púxose a traballar nel nada máis formula-la Teoría Especial da Relatividade. O seu punto de partida foi unha característica importante da interacción gravitatoria: o principio de equivalencia.

A segunda lei de Newton establece que a aceleración que experimenta unha partícula é proporcional á forza que se exerce sobre ela. A constante de proporcionalidade é a chamada masa inercial. En principio debemos distingui-la masa inercial da masa gravitatoria, que é a que aparece na expresión da forza da gravidade na Lei da Gravitación Universal. Newton supuxo que estas dúas masas son

iguais. Esta hipótese estaba baseada na observación experimental (que se remonta a Galileo Galilei no século XVI) de que os corpos caen coa mesma aceleración con independencia da súa masa. No século XIX, esta igualdade entre a masa inercial e a masa gravitatoria foi verificada con moita máis precisión polo físico húngaro Eötvös, que utilizou unha balanza de torsión. Na actualidade, a igualdade entre as masas inercial e gravitatoria está comprobada experimentalmente cunha precisión dunha parte en cen mil millóns.

Se tódolos corpos sofren a mesma aceleración nun campo gravitatorio con independencia da súa masa, é claro que a interacción gravitatoria pode anularse escollendo un sistema de referencia non inercial que se mova coa aceleración da gravidade. Así, por exemplo, un observador situado nun ascensor en caída libre non detectaría a atracción gravitatoria exercida pola Terra sobre os diferentes corpos que viaxan con el no ascensor. Existe entón unha certa equivalencia entre o campo gravitatorio e un sistema de referencia non inercial.

Esta equivalencia entre un sistema de referencia acelerado e o campo gravitatorio ten un carácter local. Para ilustrar este punto imaxinémo-lo campo gravitatorio da Terra. Este campo depende da distancia do punto ó centro da Terra e anúlase cando nos afastamos infinitamente del. Escollendo un sistema de referencia acelerado, podemos anula-lo campo gravitatorio

nun punto arbitrario, pero non é posible facelo simultaneamente en tódolos puntos do espacio. Deste xeito, a diferenza entre un sistema non inercial e un campo gravitatorio é o seu diferente comportamento global.

Cambiar de sistema de referencia non é outra cousa que facer un cambio de coordenadas no espacio-tempo e, deste xeito, un sistema de referencia non inercial é simplemente un sistema de coordenadas curvilíneas no espacio-tempo. A situación é similar á que se dá na xeometría ordinaria. Así, por exemplo, un plano pode ser parametrizado en coordenadas cartesianas (en termos de dúas distancias) ou en coordenadas polares planas (en termos dunha distancia e un ángulo). A descrición dun plano en coordenadas curvilíneas é formalmente moi similar á dunha superficie curva. De feito, toda superficie semella localmente un plano (o seu plano tanxente). Por esta razón, para un observador na superficie da Terra non é obvio que esta teña forma esférica. Evidentemente hai maneiras de distinguir entre unha superficie plana e outra que non o é por medio de medidas efectuadas en diferentes puntos que poñan de manifesto a curvatura da superficie.

Baseado na analoxía coa teoría de superficies, Einstein propuxo que o campo gravitatorio pode ser representado como unha curvatura do espacio-tempo. A presenza dunha masa distorsiona o espacio-tempo e modifica a súa xeometría. O espacio e o tempo pasan así de ser un marco pasivo onde

teñen lugar os acontecementos, a converterse en participantes activos na dinámica. Einstein denominou a súa teoría da gravitación como Teoría Xeral da Relatividade, en contraste coa teoría especial que soamente se ocupa dos sistemas inerciais e os espacio-tempos planos.

A teoría elaborada por Einstein é de grande elegancia e simplicidade e permite facer unha serie de prediccións que poden ser verificadas experimentalmente. Unha destas prediccións é que a luz se desvía da súa traxectoria como consecuencia do campo gravitatorio. En 1915 Einstein calculou o valor concreto da desviación da luz ó pasar preto do Sol. Esta predicción fíxoa en plena Primeira Guerra Mundial, o que non foi obstáculo para esperta-lo interese do astrónomo británico Eddington que, en 1919 (uns poucos meses antes do final da guerra), organizou unha dobre expedición co obxectivo de verificar a predicción relativista nunha eclipse de sol. As medidas realizáronse na illa de Príncipe (fronte á costa da Guinea española) e na cidade brasileira de Sobral, e confirmaron a predicción de Einstein. Este éxito tivo un grande efecto na opinión pública mundial e fixo moi popular a Teoría Xeral da Relatividade. Estas medidas foron repetidas con máis precisión ó longo dos anos noutras eclipses e o resultado sempre foi concordante coa teoría.

Na actualidade, as mellores observacións da desviación gravitatoria da luz son as realizadas cos quása-res, aproveitando o feito de que algúns

deles se observan no ceo con ángulos moi próximos e que nun período moi preciso do ano pasan por detrás do Sol. Medindo entón a variación do ángulo relativo, pode estimarse o efecto relativista de desviación da luz. Os valores observados coinciden coa predicción da Teoría Xeral da Relatividade cun erro dun 1 %. Outra consecuencia da atracción gravitatoria da materia sobre a luz son as chamadas lentes gravitacionais, nas que a desviación gravitatoria da luz produce imaxes múltiples dun mesmo obxecto. A primeira evidencia deste efecto obtívose en 1979, cando se observaron dous quásaes moi próximos e similares que resultaron ser unha imaxe dobre dun único quásar.

A Teoría Xeral da Relatividade resolveu un problema da Teoría da Gravitación Universal de Newton que levaba pendente desde a metade do século XIX. Este problema era o do desprazamento do perihelio do planeta Mercurio. Como é ben coñecido, os planetas móvense arredor do Sol en órbitas elípticas. De feito, as perturbacións producidas polos movementos dos outros planetas producen pequenas desviacións respecto ás traxectorias elípticas, unha das cales é o lento desprazamento do punto da órbita máis próximo ó Sol (o perihelio). Estas desviacións poden ser calculadas con grande éxito na teoría newtoniana e, deste xeito, Adams e Le Verrier foron capaces de predicir no século XIX a existencia e localización do planeta Neptuno a partir das perturbacións da

órbita de Urano. Existía, con todo, unha diferenza de 43 segundos de arco por século entre os valores calculados e observados para o desprazamento do perihelio de Mercurio. Einstein demostrou en 1915 que a Teoría da Relatividade dá conta desta diferenza. As medidas actuais das órbitas dos planetas con radares de alta potencia confirman este resultado.

Outros tipos de tests experimentais da relatividade refírense ó retardo temporal dos sinais e ó desprazamento cara ó vermello das raias espectrais. Estes efectos foron verificados experimentalmente con gran precisión en medidas realizadas no laboratorio e con foguetes e sondas espaciais. Neste sentido é interesante sinala-las medidas do retardo temporal efectuadas coas sondas Viking na superficie de Marte que permitiron verifica-la corrección relativista cun erro do un por mil.

Tamén é interesante mencionar unha das prediccións máis espectaculares da Teoría Xeral da Relatividade: os buratos negros. Estes obxectos fórmanse cando unha masa moi grande é comprimida nun volume moi pequeno, co que se xera unha rexión do espaciotempo que non pode comunicarse co exterior. Existe hoxe en día un certo consenso entre os astrofísicos en que estes obxectos existen nalgúns sistemas binarios de estrelas, nos quásaes e nos núcleos activos das galaxias (véxase o artigo de J. M. F. Labastida neste mesmo número da REVISTA GALEGA DO ENSINO).

En definitiva, a Teoría Xeral da Relatividade é na actualidade unha ferramenta imprescindible para poder interpreta-las observacións do Cosmos e para elaborar modelos que nos permitan avanzar na súa comprensión.

RELATIVIDADE E MECÁNICA CUÁNTICA

A Mecánica cuántica describe os fenómenos físicos que ocorren a escalas de distancia atómicas (para máis detalles consúltese o artigo de J. Sánchez Guillén neste número da REVISTA GALEGA DO ENSINO). A Teoría Especial da Relatividade é imprescindible para poder entende-la física dos procesos nos que interveñen velocidades próximas á da luz. Se estes dous requisitos sobre distancias e velocidades se satisfán simultaneamente é evidente que, por razóns físicas de consistencia, a teoría relevante ten que ser cuántico-relativista.

A chamada Mecánica cuántica relativista foi un primeiro intento de conciliar estas dúas grandes teorías físicas do século XX. O procedemento utilizado para estende-la Mecánica cuántica ó dominio relativista é o de construír novas ecuacións de onda compatibles cos principios da relatividade especial. Particularmente interesante é a ecuación de onda construída por Dirac, que proporcionou unha teoría relativista do electrón. Quizais a máis espectacular das prediccións da ecuación de Dirac foi a existencia das antipartículas, con propiedades moi

similares ás partículas, e que se aniquilan, dando lugar a radiación, cando se poñen en contacto con elas. O descubrimento do positrón nos raios cósmicos foi unha confirmación de que as ideas de Dirac son correctas.

A pesar dos seus éxitos, a Mecánica cuántica relativista tamén presentaba graves inconsistencias. Para resolver estes problemas desenvóléronse as chamadas Teorías cuánticas de campos, nas que se abandona a formulación de teoría dunha partícula en favor dun formalismo de moitas partículas, onde o número destas non é necesariamente constante. As Teorías cuánticas de campos son as utilizadas para formula-lo chamado modelo estándar da Física das partículas elementais, que describe con grande éxito a física de tódalas interaccións elementais da materia agás a gravidade. Sinalemos, a modo de exemplo, que o principio de exclusión de Pauli e o tipo de estatística cuántica satisfeito polas diferentes partículas elementais son unha consecuencia do carácter cuántico-relativista destas teorías. É interesante lembrar neste punto que o principio de Pauli é un ingrediente crucial para entende-la disposición dos electróns nos átomos e, consecuentemente, determina as propiedades químicas destes.

A construción dunha teoría cuántica consistente que incorpore os principios da relatividade xeral é un problema aínda non resolto. De feito, a elaboración dunha teoría cuántica da gravidade é a meta de moitos dos

traballos máis actuais en Física teórica. A teoría de supercordas é a máis cualificada candidata para construí-la chamada «teoría de todo» que unifique tódalas interaccións da natureza sen excepción.

Einstein dedicou, sen éxito, os últimos anos da súa vida a tratar de atopar unha teoría unificada. Esta é unha tarefa para o século XXI que, probablemente, requirirá algunhas revolucións conceptuais e novos métodos.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Einstein, Albert, *Sobre la Teoría de la relatividad especial y general*, Madrid, Alianza Editorial, 1984.
- [2] Schwinger, Julian, *El legado de Einstein*, Biblioteca Scientific American, Barcelona, Prensa Científica, 1995.
- [3] Sánchez Ron, José Manuel, *El origen y desarrollo de la Relatividad*, Madrid, Alianza Editorial, 1983.



MECÁNICA CUÁNTICA

J. Sánchez Guillén*
Universidade de Santiago
de Compostela

1. NOVO SÉCULO, NOVA FÍSICA

A Física 'clásica', baseada nas leis de Newton da dinámica de partículas e as de Maxwell para o campo electro-magnético, é o resultado de tratar de entende-la natureza á mesma escala en que se nos amosa, con obxectos de tamaño relativamente grande. A finais do século XIX parecía describir perfectamente tódolos feitos observados; incluso se deu un paso máis especulativo ó explicar Boltzmann a termodinámica aplicando estas leis ós aínda 'hipotéticos' átomos, que con tanto éxito viñan empregando os químicos durante todo o século. Incluíu para isto a teoría da probabilidade e información e, ademais, iniciábase así a Física teórica.

A medida que se foron desenvolvendo as técnicas experimentais e ía sendo posible observar 'realmente' os átomos e os seus contituíntes, viuse claro o comportamento da radiación e das partículas pequenas que se ían descubrindo, como o electrón, era ás veces

ben diferente do observado nas experiencias habituais con obxectos do tamaño do laboratorio. As leis da Física clásica non resultaban válidas no mundo atómico e subatómico.

En realidade non hai nada de asombroso en que as partículas pequenas non obedezan as leis da Física clásica, pois esta utiliza conceptos como os de posición, velocidade e traxectoria do movemento, baseados en experimentos realizados con obxectos grandes. É a nosa experiencia a que nos di, en particular, que ó medi-la posición x dunha partícula en varios intreos $t_1, t_2, \dots$, a diferenza entre dúas posicións Δx tende a cero cando o intervalo temporal entre as medicións correspondentes Δt tende tamén a cero. E á nosa escala de tamaños, parécenos obvio que podemos dividir tantas veces como queiramos estes intervalos sen que cambie nada relevante. Son estas observacións empíricas as que nos permiten defini-la velocidade como o límite $v = \lim (\Delta x / \Delta t)_{\Delta t \rightarrow 0}$. Con x e v determinados en todo momento podemos falar

* Catedrático de Física Teórica.

de traxectoria do movemento. Pero as extrapolacións son por veces enganosas, como sucedeu ó pensar que a Terra era chaira e, en efecto, ó pasar ó mundo atómico este esquema clásico resulta problemático. En primeiro lugar non está claro cómo podemos localizar partículas de tamaños tan pequenos e determina-las súas posicións x . Isto pódese resolver utilizando microscopios e feixes de luz láser, como instrumentos de medición. Pero resulta que se facemos outra medición, ó cabo dun tempo moi, moi curto Δt , atopámonos con que moitas veces a diferenca Δx coa posición anterior xa non tende a cero cando $\Delta t \rightarrow 0$. A medida que Δt diminúe, a diferenca Δx pode facerse cada vez máis errática. Ó repeti-lo experimento varias veces, obtemos valores tanto máis arbitrarios de Δx , canto menor é Δt . Está claro que ó baixar a escalas moi pequenas xa non se poden definir velocidades e traxectorias.

É evidente que a propia estrutura atómica pon límites ás divisións sucesivas indefinidas da materia. Iso xa non estaba claro para a enerxía e tardamos moito en decatarnos, aínda que, como se sabe pola relatividade, materia e enerxía son equivalentes. Existe unha escala dada pola constante de Planck

$$\hbar \sim 10^{-34} \text{ joules (J) segundos(s)} \quad (1)$$

que marca a fronteira para o dominio de aplicación ou validez da Física clásica. Como vemos, $\hbar$ é [enerxía] $\times$ [tempo] e representa a acción dun proceso, que é a enerxía cinética (subtraendo a poten-

cial cando a haxa) polo tempo que este dura, tendo en conta o seu comezo e fin e certos detalles do seu desenvolvemento. Cando as características dun sistema son tales que as súas accións correspondentes diminúen ata valores da orde de $\hbar$ (o *cuanto* mínimo de acción), o que pasará ó considerar átomos e partículas *soltos*, o seu comportamento é ben distinto do previsto pola Mecánica clásica e debe describirse por outras leis: as da *Mecánica cuántica*.

A primeira vista pode semellar estraño e contra o sentido común: ¿como se pode predicir entón o comportamento das partículas co tempo?, ¿que sucederá ó ir considerando partículas máis grandes e pasar ó dominio das leis da Física clásica?... E ¿por qué todo isto?

O primeiro é lembrar que nos obxectos típicos da nosa escala de tamaños, hai polo menos 6×10^{23} átomos, que é o inverso da masa do protón ou neutrón medida en gramos, pois son estes os que lles proporcionan esencialmente a masa nos átomos. Polo tanto, as observacións clásicas son en certo modo o resultado de extrapolacións de millóns de millóns de millóns de millóns (24 ceros como mínimo) de partículas. Por iso os valores das enerxías, tempos e outras magnitudes das partículas atómicas e subatómicas resultan tan extremadamente pequenos se os medimos nas nosas unidades típicas da Física clásica (quilos, metros, etc.), como vimos arriba coa acción, que reflicte tódalas súas características.

Resulta que os experimentos efectuados directamente coas partículas mostran que, se ben as diversas fluctuacións das súas posicións, Δx , parecen arbitrarias como dixemos, a súa media si ten certa regularidade e iso é precisamente o que permite calcula-la Mecánica cuántica. Así, aínda que non poidamos defini-la velocidade instantánea no sentido clásico, si podemos facelo no sentido da media. Máis aínda, a Mecánica cuántica demostra cómo tenden a cero as Δx , ou sexa as *fluctuacións cuánticas*, ó iren aumentando os valores das magnitudes características dos obxectos. O mesmo ocorre con moitas outras magnitudes ademais das posicións ou coordenadas.

A idea de que as leis cuánticas se van achegando ás leis clásicas, ata coincidiren con elas nas condicións macroscópicas adecuadas, postulouse nos comezos da Mecánica cuántica (*principio de correspondencia* de Bohr) e foi unha axuda moi importante para a súa construción. En seguida se demostrou rigorosamente que as medias que calcula a Mecánica cuántica satisfán as leis clásicas. Quedaba por establecer cómo se realiza a dita transición cuántica-clásica e, sobre todo, comprobar se esta era de natureza cuántica, é dicir, se, en definitiva, as leis cuánticas eran universais e podían explicar tamén a propia Física clásica de Newton, Maxwell e Boltzmann. De feito, esta posibilidade, tan atractiva para a maioría, tivo detractores como o propio Einstein pois, como imos ver, encerra admiti-lo azar mesmo no comportamento indivi-

dual de cada partícula e, polo tanto, certo grao inevitable de indeterminación.

O paso á escala clásica, de tamaños grandes polo xeral, dáse de forma natural ó considerar moitas partículas (jo difícil é illalas!). Esta transición denomínase tecnicamente *decoherencia* (por se chamar coherencia a propiedade detrás da indeterminación) e resulta, como xa apuntamos, da interacción das partículas estudiasdas coas outras moitas do *medio ambiente*. Como é lóxico, sempre se dá nas nosas medidas, pois os propios aparellos son xa un medio ambiente. O proceso de medida entraña evidentemente interaccións e é macroscópico.

Aínda que o problema é complexo e aínda quede algún aspecto menos claro, está ben entendido que ó pasar a obxectos máis grandes, o intervalo temporal mínimo para obter practicamente a media en cada medida se fai moi pequeno, de xeito que case sempre nos atopamos con este valor medio en cada proceso de medición, como sucede na Física clásica. ¡Para unha partícula de 1g e 1cm a temperatura ambiente, o tempo típico de desaparición das fluctuacións cuánticas é de 10^{-23} s! Dicimos 'case sempre' porque hai situacións excepcionais, nas que sistemas moi especiais como os superconductores, superfluídos, láseres ou estrelas de neutróns (*púlsares*), manteñen a tempos e distancias macroscópicas as propiedades cuánticas, coas súas fluctuacións características. Pero en xeral, para partículas macroscópicas esta Δt crítica

faise tan pequena que non ten ningunha importancia na práctica. Desde fai un par de anos hai experimentos que permiten estudar e comproba-los tempos de desaparición das fluctuacións cuánticas, demostrando de forma espectacular as prediccións da Física cuántica, que aparece así como a teoría fundamental que o explica todo; agás a gravitación, que ten en construción a súa formulación cuántica, con resultados moi alentadores.

2. UN POUCO DE HISTORIA

O primeiro paso cara á Física cuántica deuno M. Planck no ano 1900. Aconteceu buscando unha fórmula que interpolase dous resultados teóricos que se obtiveran para a lei de distribución da radiación dun corpo negro coa frecuencia $I(\nu)$. Experimentalmente obsérvase unha curva cun máximo no centro, nas frecuencias medias. Utilizando diferentes suposicións, puidérase reproducir coa Física clásica a curva experimental só para as zonas inicial (baixas frecuencias) e final (altas frecuencias), ou sexa, as súas asíntotas para $\nu \rightarrow 0$ e $\nu \rightarrow \infty$. M. Planck conseguiu achar empiricamente unha fórmula moi sinxela para toda a curva, interpolando entre as dúas asíntotas. Presentouna nun primeiro artigo publicado en 1900 sen espertar un interese especial. Pero M. Planck observou que a súa fórmula coincidía perfectamente coa distribución experimental, demasiado perfectamente para ser unha casualidade. Tratou de comprender

cómo se podía chegar a esta fórmula teoricamente. Decatouse de que abundaba con facer unha soa suposición —¡pero ben estraña!—: que a enerxía do campo electromagnético só pode cambiar descontinuaamente, por porcións ou cuantos de enerxía, e que cada un é proporcional á frecuencia ν

$$\epsilon_\nu = 2 \pi \hbar \nu \quad (2)$$

con $\hbar$ a constante (ás veces utilízase $h = 2\pi\hbar$), da que se deu o valor determinado experimentalmente en (1).

Foi a primeira manifestación clara da nova Física, da fenomenoloxía cuántica. Sen embargo necesitáronse case outros trinta anos para chegar á formulación teórica actual da Física cuántica. Foron moitos os físicos que fixeron grandes achegas ó seu desenvolvemento ademais de M. Planck. A. Einstein creou en seguida a teoría do efecto fotoeléctrico utilizando a hipótese de cuantización de M. Planck. Púidose verificar así directamente que a enerxía do campo electromagnético se transmite sempre polos cuantos de Planck, non só na emisión. Máis tarde, N. Bohr enunciou os seus postulados de cuantización para explica-los espectros de radiación atómica. Aínda que era un modelo e moi sinxelo, foi unha síntese xenial dos elementos básicos da Física cuántica, como imos ver no seguinte apartado. Ademais, acadou grandes éxitos experimentais, como a resolución do problema dos distintos elementos (helio especialmente) nos espectros de estrelas, que deu convencido a Einstein da súa validez. Precisamente



Max Planck e Albert Einstein, primeiro e terceiro pola esquerda, nunha recepción en Berlín no ano 1931.

foi este quen demostrou por fin rigorosamente a propia fórmula da radiación de Planck utilizando os principios cuánticos coa idea de probabilidade de Boltzmann, dando orixe á formulación moderna cuántica de campos.

Pero a Física cuántica como teoría (e non como receitas para calcular algúns casos particulares) empezou coa idea de L. de Broglie de que a materia (partículas) tamén posúe propiedades ondulatorias en analoxía co campo electromagnético, do que se acababa de establecer-lo aspecto dual corpuscular. O seu razoamento foi moi lóxico e xa o usamos arriba: se na relatividade son simétricas (intercambiables) materia e

enerxía, e a radiación (enerxía ondulatoria) compórtase tamén como partícula, as partículas (materia) deben comportarse pola súa vez como ondas para mante-la simetría. Baseándose nesta idea, W. Heisenberg e E. Schrödinger puideron formula-las bases da Mecánica cuántica en 1925-1926.

Por se-la nova ciencia tan diferente da Física clásica, requiriuse moito esforzo para a súa comprensión e para o desenvolvemento do formalismo matemático adecuado. M. Born, N. Bohr, P. Dirac e W. Pauli contribuíron notablemente. O problema maior de Schrödinger foi que empezou co caso relativista, que era, como vimos, o que

se podía formular mellor seguindo principios xerais. Pero a interpretación das solucións que se obtiñan parecía imposible. Ademais, o problema que quería resolver como demostración da nova teoría, os átomos lixeiros, é moi pouco relativista, pois as velocidades dos electróns son centos de veces menores cá da luz. Por iso, a súa ecuación e a ideoloxía básica cuántica son un dos saltos creativos máis sorprendentes da Física.

Foron Dirac e Pauli, seguindo os pasos de Einstein, os que conseguiron interpreta-la teoría relativista coa novidade de que describe, canda a materia, as antipartículas, a predicción máis espectacular da Mecánica cuántica relativista. Esta teoría, chamada tamén cuántica de campos, resultou de tal complexidade que non foi resolvida ata hoxe. Os principios e interpretación son comúns á Mecánica cuántica non relativista de Schrödinger.

A Física cuántica describe o comportamento de obxectos pequenos con accións da orde da constante de Planck. É difícil imaxinalo que iso significa, entre outras razóns porque, como dixemos, a acción non é un concepto intuitivo. Vén a corresponder a unha suma acumulativa do tempo pola enerxía cinética dunha partícula (se é libre) do intre inicial ó final do seu percorrido. Na Física clásica séguese unha traxectoria que a fai mínima. En xeral, unha acción pequena corresponde a moi pouca enerxía ou a moi pouco tempo, como é o caso típico dos constituintes últimos da materia. Recordemos que

nun gramo hai da orde de 6×10^{23} átomos. Así, para mover un gramo un centímetro coas achegas enerxéticas dun átomo, necesitaríamos esperar 10^{27} segundos (un ano ten só 10^7). Son, polo tanto, as leis da Física cuántica as que describen o comportamento das partículas elementais como o electrón, o protón, o neutrón, o neutrino e moitas máis. Tamén a Física atómica, nuclear e en parte molecular pertencen ó dominio da Física cuántica. A Física cuántica, desde logo, non invalida a Física clásica: os obxectos macroscópicos con accións moito maiores ca $\hbar$ obedecen as leis clásicas cunha gran precisión. De feito, como vimos, a Física cuántica explica precisamente, a través da decoherencia, o comportamento clásico. En moitos casos, con todo, os efectos cuánticos séntense ata a escala macroscópica. Así sucede cando se consideran fenómenos a moi baixas temperaturas e, por conseguinte, con movemento moi lento das partículas, e se consegue unha acción coordinada (*coherente*) dun gran número deles, no estado sólido ou na radiación electromagnética. Só a Física cuántica puido explicalo comportamento dos electróns nos corpos sólidos, ou fenómenos como a superconductividade e a superfluidez, e conducir a inventos como o láser. Polo outro extremo, hai partículas cósmicas de tal enerxía (10^{20} e V) que individualmente teñen un comportamento practicamente clásico na súa interacción ó chegar á Terra.

Subliñemos finalmente que a influencia da Física cuántica non se

esgota coas posibilidades extensas das súas aplicacións, que claramente están a marca-lo noso futuro. A Física cuántica constitúe un paso revolucionario no desenvolvemento da Física enteira como ciencia e posiblemente ata no desenvolvemento da mente humana e a súa comprensión do mundo. Demostra moi claramente que o noso coñecemento non debe pretender explicar sempre as novas rexións de fenómenos da natureza polos métodos antigos, empregados anteriormente. Tampouco a ciencia debe abstraerse da observación, porque é unha parte da ciencia mesma e inflúe de xeito decisivo nas cuestións que poden suscitarse. Ademais ensínanos que os métodos de descrición dos fenómenos observados poden ser moi distintos do que sabemos desde hai séculos, facéndose menos indirectos e necesitando un formalismo matemático pouco común.

Os éxitos da Mecánica cuántica fixéronnos ós físicos do cambio de milenio moito máis audaces e emprendedores en comparación cos anteriores. Nos anos seguintes á demostración da teoría cuántica de campos ou relativista a mediados dos oitenta, propuxéronse varios esquemas do universo bastante revolucionarios, que inclúen a súa propia orixe. Abranguen dimensións adicionais ás tres ordinarias e as partículas *elementais* como vibracións de cordas, en vez de puntos sen dimensión, e as súas xeneralizacións a *membranas*. Ideas da Mecánica cuántica tales como as de indeterminación (impensables antes), déixanse sentir nou-

tras ramas do coñecemento, mesmo alén das ciencias.

3. PROPIEDADES ONDULATORIAS DAS PARTÍCULAS

A idea de que toda partícula posúe propiedades ondulatorias foi publicada por L. de Broglie no ano 1923. Postulou que co movemento dunha partícula de *momento* $p = mv$ (ou sexa, *masa* $\times$ *velocidade*), está asociada unha onda de lonxitude

$$\lambda = h/p \quad (3)$$

Hai varias observacións que conducen a esta idea. Non imos segui-lo camiño histórico, senón que discutíremolos dous fenómenos máis demostrativos.

Un dos feitos físicos que non se pode explicar de ningunha maneira polas leis da Física clásica é a estrutura do átomo. Segundo os experimentos de Rutherford, os átomos son como sistemas solares en miniatura: cunha partícula pesada no centro, o núcleo, de tamaño cen mil veces menor có do átomo, cargado positivamente, arredor do cal xiran un ou varios electróns cargados negativamente. Considerarémolo caso máis sinxelo do átomo de hidróxeno, cun só electrón xirando arredor dun protón. A lei de Newton para a forza $F = ma$, onde a é a aceleración centrífuga, e a de Coulomb para a enerxía potencial $V = -e^2/r$, onde e é a carga do protón, dannos en seguida o valor da enerxía total das órbitas, $E_t = -e^2/2r$,

que poden considerarse aproximadamente circulares, sendo r os seus radios. Como vemos, pode tomar calquera valor, iso si, negativo pois o electrón está ligado ó protón e, polo tanto, E_i diminúe canto maior sexa o seu valor numérico (ou *absoluto*), é dicir, canto *menor* sexa o radio r . Segundo as leis de Maxwell ou electrodinámica clásica, toda partícula cargada con aceleración emite ondas electromagnéticas e perde enerxía. Polo tanto, como vimos, o radio do electrón iría diminuindo de continuo, é dicir, iría caendo cara ó protón no centro. No seu camiño o electrón emitiría radiación, cunha frecuencia dada pola de rotación, que evidentemente aumenta ó se facer menor o radio, pois é o número de *voltas* por segundo. O espectro de radiación sería un continuo con tódalas frecuencias maiores cá correspondente ó radio inicial e o átomo deixaría sempre de existir ó acabar o electrón no protón.

Así sería a imaxe do átomo segundo a Física clásica. Ten pouco que ver co que se observa experimentalmente. Que a súa vida deba rematar necesariamente contradí rotundamente o feito de que o átomo de hidróxeno pode existir un tempo indefinido. O espectro do átomo de hidróxeno tampouco é nada continuo na realidade. Experimentalmente obsérvase un conxunto de liñas con frecuencias discretas, que se describen pola relación empírica de Balmer

$$\nu = R (1/n^2 - 1/m^2) \quad (4)$$

con m e n enteiros ($m > n$) e R a constante de Rydberg de frecuencia.

¿Como se podería tratar de dar unha explicación a estes feitos experimentais? É ben sabido que, para explicar (4), N. Bohr supuxo que a enerxía do electrón no átomo pode tomar só algúns valores discretos E_n , como xa mostrou o efecto fotoeléctrico. Como a frecuencia da onda emitida ó pasar o electrón do nivel E_m ó E_n virá dada segundo a relación de Planck (2), teremos

$$\nu = (E_m - E_n) / 2\pi\hbar \quad (5)$$

polo que evidentemente ha verificarse que

$$E_n = -2\pi\hbar R / n^2 \quad (6)$$

para obte-lo resultado experimental (4). Este valor deduciuno Bohr aplicando as leis de Newton e Coulomb, como queda descrito, pero para cada órbita circular discretizada e, sobre todo, co seu principio de correspondencia. Con este xustificou a parte máis difícil, que foi a relación da frecuencia de radiación ν coa do movemento circular e que obtivo de trata-los electróns como un dipolo clásico entre dúas órbitas extremas.

A demostración da hipótese de discretización dos niveis enerxéticos do electrón nun átomo proporcionouna a Mecánica cuántica. En realidade pódense entender xa os valores tan particulares (6) das propiedades ondulatorias do movemento dos electróns, que foi precisamente o punto de partida de Schrödinger para a súa formulación

xeral e matematicamente rigorosa. Resumímo-lo argumento, pero podemos crelo e saltar ó parágrafo seguinte.

En efecto, supoñamos que co electrón estea asociada dalgún xeito unha onda que se propaga ó longo da súa órbita do mesmo modo que o fai a onda nunha corda pechada nunha circunferencia. Sabemos que unha onda así non pode ter unha lonxitude de onda calquera, senón que ha de ser discreta: a súa lonxitude ha de ser un divisor da lonxitude da órbita e vén dada por $\lambda_n = l/n = 2\pi r_n/n$ con n un número enteiro. Utilizando a condición de Broglie (3) pola que $\lambda_n \times p_n = 2\pi\hbar$, obtémola ecuación (6) facilmente e co propio valor da constante ($R = mc^4/4\hbar^3$); basta ter en conta que a enerxía cinética $p_n^2/2m$ coincide en valor absoluto coa enerxía total $-e^2/2r_n$ e substituír p_n . Tamén se deduce axiña que $r_n \times p_n = 2\pi n\hbar$, é dicir, que o *momento angular* das partículas está así mesmo cuantizado. Este resultado, de capital importancia para a estrutura da materia, tamén o descubriu Bohr como unha consecuencia das súas hipóteses.

Aínda que o estudio dos átomos foi moi significativo, existen probas máis directas do comportamento ondulatorio das partículas pequenas como o electrón. Baséanse no fenómeno de interferencia característico das ondas (¡tan coñecido nas de radio!) e ausente nas partículas clásicas. Un dos experimentos máis conclusivos foi o de Davisson e Germer no ano 1927. Aínda que realizado despois da creación da Mecánica cuántica, permanece ata hoxe

un dos indicadores máis claros das manifestacións cuánticas no movemento das partículas, polo que merece unha discusión máis detallada.

Estudiaron a reflexión dun feixe de electróns incidente sobre un cristal baixo certo ángulo, seguindo o esquema usado anteriormente para a investigación da natureza dos raios X. Obsérvanse así os electróns reflectidos nos diversos planos paralelos da rede cristalina mediante un detector ó que se lle pode variar a posición. Os electróns percorren camiños distintos e, se tivesen un comportamento ondulatorio, haberá interferencia entre eles. Esta



Louis de Broglie chegou á conclusión de que electróns e protóns podían ter, coma a luz, propiedades ondulatorias.

maniféstase con máximos de intensidade, para certos valores do ángulo, a distancia entre os planos e a lonxitude de onda λ . É o mesmo que sucede cos raios X e moi análogo ó arco da vella, onde os planos son a capa de auga que atravesa a luz solar.

Para partículas clásicas non se esperaría ver interferencia ningunha nin, polo tanto, máximos nin mínimos. Pero o experimento realizado por Davisson e Germer deu resultados inequívocos: os electróns produciron unha interferencia clara cos máximos característicos. A lonxitude de onda de electróns con velocidades diferentes mostrouse tamén de acordo co postulado de De Broglie (3).

Cabe subliñar que este tipo de experimento pode demostrar aspectos aínda máis profundos e significativos descubríndonos en boa medida o que significa a natureza ondulatoria das partículas. O patrón de interferencia dos electróns non depende da intensidade do feixe incidente, e así ata que se chega a intensidades tan baixas como para pensar que só uns poucos electróns (ou ata un único electrón) caían sobre o cristal. ¿Que debe suceder neste caso? De Broglie pensaba que o electrón mesmo é como un paquete de ondas. Entón un só electrón debería dalo mesmo patrón de interferencia ca moitos deles, aínda que cunha intensidade moi baixa, é dicir, a mesma imaxe de interferencia. Pero en realidade sucede algo ben diferente. Cada electrón dá un só punto na pantalla do detector, isto é, reflíctese cun ángulo

fixo e compórtase, polo tanto, como unha verdadeira partícula, enteira e puntual, sen se desdobrar en partes. Aparentemente os ángulos ou posicións dos puntos onde aparecen na placa resultan arbitrarios. Sen embargo, ó repeti-lo experimento moitas veces os puntos vanse ordenando nun histograma regular que tende a coincidir coa curva do patrón de interferencia. Podemos concluír de aí que o electrón non é un paquete de ondas no sentido clásico, senón que o que proporciona a súa onda asociada é máis ben a probabilidade de aparecer nun determinado lugar.

É instructivo tamén ve-lo que ocorre cando o experimento do tipo Davisson e Germer se realiza con partículas meirandes. Para p crecente a lonxitude de onda λ faise moi pequena. A imaxe de interferencia amosa moitas oscilacións. Os detectores teñen a súa resolución propia e chega un momento no que non poden distinguir entre máximos veciños, indicando entón unha distribución homoxénea efectiva que resulta ó face-la media sobre as oscilacións de interferencia. A imaxe é logo a que corresponde ás partículas na Física clásica. Como vemos, a transición da rexión cuántica á clásica procede dunha maneira bastante peculiar. Non se pode dicir que para partículas grandes non haxa interferencia; máis ben a interferencia resulta inobservable, de modo que as partículas grandes poden ser descritas nos termos da Física clásica.

4. MECÁNICA CUÁNTICA: FUNCIÓN DE ONDA E OBSERVABLES

A conclusión que se segue dos feitos experimentais e mellor os explica é que o estado dunha partícula cuántica non vén caracterizado por certos números (os valores das coordenadas e momentos) como na clásica, senón por unha *función*, chamada *de onda* e que adoita designarse coa letra grega $\psi(t, \mathbf{r})$. Representa tódalas posibles propiedades (ψ *qué*), en todo instante (t , *cándo*) e lugar ($\mathbf{r}$, *ónde*). É o primeiro principio da Mecánica cuántica. Resulta así que especificar un estado nesta require moita máis información que na mecánica clásica. Os estados caracterízanse agora por funcións. A mecánica cuántica baséase en que *a función de onda determina por completo o estado dunha partícula*, o que significa estrictamente que non fai falla engadir ningunha outra información para saber todo o posible da partícula en consideración.

É lóxico que unha información tan absoluta teña un contido restrinxido. Como vimos, a función de onda non implica que a propia partícula sexa exactamente un paquete de ondas, unha perturbación localizada, senón que a dita función se refire só á probabilidade de presenza da partícula en calquera punto do espacio. A interpretación probabilista da función de onda, que foi proposta e elaborada por M. Born, N. Bohr e W. Heisenberg nos anos 1926 a 1930, está nos fundamentos da Mecánica cuántica. O seu enunciado

preciso di que *a función de onda dunha partícula $\psi(t, \mathbf{r})$ representa a probabilidade, mediante o seu módulo ó cadrado $|\psi(t, \mathbf{r})|^2$ de encontra-la partícula en torno a $\mathbf{r}$ do espacio no instante t .*

Esta é a versión máis simple. A estrutura matemática permite —e a natureza utilízalos en efecto— atributos moito máis sutís cá posición, como novos tipos de cargas ou momentos angulares intrínsecos (*spins*).

É unha peculiaridade moi importante da Física cuántica que unha partícula que se encontra nun estado (con función de onda ψ_1) poida estar á vez con certa probabilidade noutro estado (función de onda ψ_2). Isto débese a que, dito sinxelamente, hai máis funcións de onda diferentes ca estados independentes. Nesta situación, a función de onda que ha conter tódalas posibilidades do sistema será unha combinación de ψ_1 e ψ_2 , o que implica interferencia entre ambas. A probabilidade de presenza da partícula nun punto calquera virá dada entón, non só pola suma dos seus módulos ó cadrado, senón tamén polo produto ou *solapamento* de ambas. Esta contribución adicional á probabilidade, análoga a un termo de interferencia, amosa que a información probabilística contida nas funcións de onda se diferencia das leis estatísticas clásicas nas que a probabilidade se refire ó comportamento do colectivo. Pero na Mecánica cuántica a probabilidade é un atributo de cada partícula: *o azar chega ata o individual*.

Un exemplo para visualizar claramente isto proporciñao o experimento *Gedanken* da dobre físgoa, que asigna as funcións de onda ψ_1 e ψ_2 ás dúas posibilidades independentes que ten cada electrón de chegar ós detectores dunha pantalla de observación pasando por unha das dúas físgoas. Logo de repetir este experimento imaxinario moitas veces, o histograma de rexistros correspondente ó módulo ó cadrado da función de onda total tendería a unha figura típica da difracción, co seu máximo principal e os secundarios.

Vexamos agora o que ocorre cando se intentan medir valores das coordenadas de posición ou momentos dunha partícula na mecánica cuántica. Como mostra o experimento, cada medición proporciona por si mesma un valor aleatorio de tódolos posibles, con probabilidade dada *a priori* polos módulos ó cadrado das funcións de onda correspondentes. Ó repeti-las medicións podemos calcula-los *valores medios* da coordenada ou do momento cos valores resultantes de tódalas medidas.

Son estes valores medios os que presentan certa regularidade, como dixemos, e polo tanto son os que constitúen o obxecto do estudio e descrición da Mecánica cuántica; ó entrar no dominio da Física clásica, pasan a se-las magnitudes ordinarias desta. Coñecendo as probabilidades de encontrar unha partícula en calquera punto do espacio ou cunha certa velocidade a través das funcións de onda respectivas, pódense predicir estas medias (ou valores esperados). Para o

seu cálculo, tratándose de funcións, non é estraño que as coordenadas de posición ou as velocidades veñan dadas polas *operacións* sobre estas funcións que as ditas magnitudes representan na súa caracterización matemática. Estas operacións son a multiplicación e derivación respectivamente.

As magnitudes observables en Mecánica cuántica correspóndense, en efecto, a *operadores* en linguaxe matemática, e indícanse adoito con letras maiúsculas $A(\mathbf{r}, \mathbf{p})$. O máis importante de todos é sen dúbida o que representa a enerxía, que se chama *hamiltoniano* e se indica por $H(\mathbf{r}, \mathbf{p})$. Acostuma te-la mesma estrutura que na Física clásica, suma do termo cinético $p^2/2m$ e potencial $V(\mathbf{r})$ (como o de Coulomb $-e^2/r$ por exemplo) só que agora $\mathbf{r}$ e $\mathbf{p}$ son operadores, que gañan a vida derivando e multiplicando as funcións de onda.

5. A ECUACIÓN DESCHRÖDINGER

Ata agora discutimos cómo se describe unha partícula en Mecánica cuántica nun instante dado t : toda a información acerca dela está incluída na súa función de onda $\psi(t, \mathbf{r})$. Agora imos discuti-la súa evolución no tempo. Como na Física clásica, suponse que se se coñece toda a información necesaria sobre a partícula nun instante inicial, o seu comportamento futuro está determinado.

Isto significa en Mecánica cuántica que, ó da-la función de onda no ins-

tante inicial, podemos calculala en calquera outro intre. Este principio realízase aquí por medio dunha ecuación para $\psi(t)$, análoga ás ecuacións de onda clásicas pero cunha soa derivada respecto ó tempo, indicada por d/dt . Descubriuna Schrödinger no ano 1926 ó tratar de reproducir-lo comportamento ondulatorio das partículas e xeneralizalo para potenciais de calquera tipo,

$$i\hbar \frac{d\psi(t, \mathbf{r})}{dt} = H(\mathbf{r}, \mathbf{p})\psi(t, \mathbf{r}) \quad (7)$$

Esta ecuación substitúe a Lei de Newton para as partículas cuánticas. Na forma seméllase á de difusión da calor, inventada por Fourier, pero é complexa ($i = \sqrt{-1}$), involucra operadores e o importante, como levamos visto, é a propia función, cun módulo que é unha probabilidade.

A forma de proceder é expresa-lo hamiltoniano (ou sexa, a enerxía cinética e potencial) mediante os operadores correspondentes e resolve-la ecuación coas condicións especiais que caracterizan o sistema ou proceso (ás veces a condición é simplemente que as propiedades relevantes son estacionarias e non mudan no tempo). Así, obtemos $\psi(t, \mathbf{r})$ e con ela en principio sabemos todo o que se pode saber. Como analizamos a continuación, as medicións en cuántica supoñen un certo cambio brusco a unha das posibilidades que $\psi(t, \mathbf{r})$ representa con probabilidade $|\psi(t, \mathbf{r})|^2$. Pero a evolución da función de onda entre medidas, que é o que representa a ecuación de Schrödinger, é

continua e determinista e por iso pode resolverse sen ambigüidade.

A ecuación de Schrödinger non se deduce na mecánica cuántica senón que é un postulado derivado de observacións empíricas. Sen embargo, pódese xustificar *a posteriori* considerando as súas consecuencias e comparándoas co que en realidade ocorre na natureza. Como dixemos en 1, é moi doado demostrar que da ecuación de Schrödinger se segue que os valores medios de observables satisfán as leis da Mecánica clásica (o principio de correspondencia). Isto significa que as partículas de tamaño grande (ordinarias), con fluctuacións moi pequenas nas súas variables, descríbense pola Mecánica clásica cunha gran precisión, de acordo coa nosa experiencia práctica. A Mecánica cuántica é realmente completa e explica incluso cando é máis práctica a descrición clásica.

6. INCERTEZA CUÁNTICA

Pasemos a discuti-lo que ocorre ó tratar de medir unha magnitude física calquera, como as coordenadas $\mathbf{r}$, momentos $\mathbf{p}$ ou combinacións de ambas que en xeral representamos por $A(\mathbf{r}, \mathbf{p})$. Interésanos especialmente a precisión coa que se poden determinar. Ó efectuar medicións repetidas veces, obtense un conxunto de valores experimentais que fluctúan arredor do valor medio e a magnitude destas fluctuacións determina a precisión do noso coñecemento de A . Canto menores

sexan estas, tanto maior será a precisión do observable A . Como medida das fluctuacións adóitase introducir na teoría de probabilidade a *dispersión* ΔA , que non é máis que a media do cadrado das desviacións das medidas individuais respecto ó valor medio. ΔA vén dada directamente pola función de onda e está claro que é tanto maior canto máis ancha sexa a expresión do seu módulo $|\psi(t, \mathbf{r})|^2$.

Preséntase un problema de grande importancia: ¿existen casos nos que a dispersión ΔA é igual a cero? É moi fácil convencerse de que si, e que para isto a función de onda non pode ser calquera senón que ha satisfacer unha relación moi especial co que tratamos de medir. A idea é simple: unha vez medido, sabemos exactamente en qué estado se atopa. A formulación matemática é tamén moi sinxela e as funcións que a satisfán chámanse autofuncións ou funcións *propias* do operador A . Para as funcións propias dos operadores correspondentes ás magnitudes físicas, as súas medidas non fluctúan: os seus valores coinciden sempre co medio e chámanse autovalores ou valores propios. Chegamos así a unha caracterización matemática do proceso de medida:

Cando nun experimento se mide unha magnitude característica dunha partícula, como resultado deste, a partícula queda coa función propia correspondente ó autovalor medido.

Significa que do catálogo completo de posibilidades que representa *a priori*

a función de onda, ó medir selecciónase *unha: o resultado*. Antes de medir só sabíamo-la probabilidade de obter un certo valor; despois de medir, a función de onda queda *reducida* á correspondente a ese valor medio exclusivamente. Sucesivas medidas desa *mesma* magnitude sempre darán o mesmo resultado, *con certeza absoluta*.

Se efectuamos en cambio a medida *doutra* magnitude *distinta*, teremos en xeral só certa probabilidade de achar un valor dado. O máis sorprendente acontece se facemos unha terceira medición consecutiva, volvendo medi-la primeira das magnitudes, a que era *certa* antes da segunda medida. Como agora a certeza xa pasou á segunda magnitude, para a primeira volvemos ter só certa probabilidade.

Aparece así outra complicación moi característica da Mecánica cuántica: ¿cales son as condicións para que poidamos medir varias magnitudes físicas á vez? Na Física clásica sempre é posible. Pola contra, na Mecánica cuántica só é posible cando esas magnitudes poidan compartilas mesmas funcións propias e que estas o sexan á vez de tódolos operadores que as representan. Iso só ocorre en casos excepcionais, cando as magnitudes $A, B, C, \dots$ polas que nos preguntamos teñen unha propiedade especial: que non importe a orde na que facémo-las preguntas (as medidas). ¡A vida cotiá está chea de exemplos nos que a orde das preguntas inflúe nas respostas! Na linguaxe matemática, *as cantidades físicas poden ser medidas simultaneamente sempre que os*

seus operadores correspondentes polos que se representan sexan **conmutables**.

Volvendo ás características dunha partícula, resulta que as representacións matemáticas de **r** e **p** (produto e derivada) non son conmutables. Por iso na *Mecánica cuántica* non se pode medir á vez unha coordenada e a compoñente do momento (ou velocidade) na mesma dirección.

A restricción sobre as medicións de **r** e **p** pódese formular de forma precisa como unha cota infranqueable, dada pola constante de Planck e chámase *principio de incerteza* de W. Heisenberg.

$$\Delta r \Delta p \geq \hbar / 2 \quad (8)$$

Significa que canto maior sexa a precisión da coordenada, tanto menor será a do momento e viceversa, de forma que o seu produto sexa sempre



De esquerda a dereita: Jan Aler, Max Steenbeck e Warner Heisenberg. O último é o pai do *principio de incerteza*.

polo menos $\hbar/2$. Obsérvase que nas condicións da Física clásica, $\hbar$ pode tomarse como nula e por iso non hai incerteza na práctica.

Cabe subliñar que a relación (8) non é de seu algo completamente novo na Física. Na teoría clásica do movemento ondulatorio aparece unha certa restricción sobre a localización dun paquete de ondas. Pensemos, por exemplo, que habemos de recibir polo menos un período completo para detectar un ton musical correspondente a unha vibración.

O que trae de novo a Física cuántica, á parte da interpretación, é que a indeterminación se aplica a toda partícula e é polo tanto unha relación universal. Suscitou moitas discusións no momento da creación da Física cuántica, porque parecía non estar de acordo coa nosa experiencia, que, a primeira vista, permitiría realizar unha medición de $\mathbf{r}$ e $\mathbf{p}$ con maior precisión cá limitada por (8). Propuxéronse varios experimentos que puideran contradicilas relacións de incerteza (8). Todos eles, así como calquera dos múltiples experimentos reais ou mentais (*Gedanken*) para falsificala, teñen explicación clara dentro da Física cuántica.

7. SIMETRÍASE LBS DE CONSERVACIÓN

A idea de simetría non é nada novo da Física cuántica. Tamén no mundo clásico, como é ben sabido, hai moitos casos nos que se manifesta

algunha simetría, que sempre conduce a unha simplificación importante do seu tratamento. Así sucede, por exemplo, cando o potencial no que se move a partícula non depende dos ángulos, senón só da distancia á orixe: as forzas centrais. Entón o problema simplifícase moitísimo de xeito que fai posible a súa resolución xeral. Na Física cuántica o fenómeno de simetría ten un papel aínda máis importante. Esencialmente débese a dúas razóns:

- A propia formulación do problema na Mecánica cuántica é moito máis conveniente para a manifestación dunha simetría que na Mecánica clásica; nesta, os valores iniciais de $\mathbf{r}$ e $\mathbf{p}$ dunha partícula destrúen a simetría, escollendo unha traxectoria de entre tódalas posibles, a cal en por si pode non posuír simetría ningunha. Na Mecánica cuántica, en cambio, a función de onda non involucra nada que poida contradicila simetría. A mesma formulación do problema aquí é simétrica e así as consecuencias dunha simetría na Mecánica cuántica adoitan ser moito máis claras.

- A Física cuántica pretende se-la ciencia que explica a estrutura do micro e do macrocosmos e, polo tanto, dar unha explicación á existencia das propias forzas. O feito de que, por exemplo, un campo sexa central, para a Física cuántica non é un fenómeno puramente empírico. Trata de comprender por qué é central. Como unha posible liña de explicación (e case a única) úsase precisamente a idea de simetría; é dicir, pártese da idea de que

o potencial debe ser central por esixencia da simetría. Con esixencias de simetría aínda máis fortes soubo chegar a poder determinar case univocamente as propiedades das forzas fundamentais, que actúan entre as partículas na natureza, como ocorre coa invariancia de fase local chamada *gauge*.

Esta simetría reflicte a posibilidade de cambia-las funcións de onda das partículas en todo o que non afecta á probabilidade, dada polo seu módulo ó cadrado, como o signo ou, máis en xeral, a *fase*. Se esta elección se fai dunha vez e igual en tódalas partes, ou sexa, *globalmente*, só se consegue unha simplificación para os cálculos; pero se, como é máis natural, se reivindica a liberdade de elección en calquera instante e en calquera lugar, ou sexa, para cada $\mathbf{r}$ e t , sucede algo de gran transcendencia: aparecen os axentes mediadores das forzas fundamentais e con tódalas súas propiedades completamente determinadas. É a única forma de asegura-la dita liberdade de elección.

8. INTERPRETACIÓN DA MECÁNICA CUÁNTICA

Nos apartados precedentes describimos cualitativamente a ideoloxía básica da Mecánica cuántica, utilizando unhas poucas fórmulas para dar unha impresión o menos vaga posible. Esta xurdiu da experiencia e pasou innumerables comprobacións experimentais, algunhas deseñadas especialmente para buscar calquera contra-

dicción. Chámaselle ás veces a *interpretación de Copenhaguen* ou *ortodoxa* por razóns históricas e tamén porque existen algunhas interpretacións alternativas para tratar de evitar ou facer máis comprensibles algúns dos seus aspectos menos alcanzables para a intuición clásica. Entre as cuestións que presentaron dificultades destacámolas seguintes.

A) FORMALISMO MATEMÁTICO

Como levamos visto, a Mecánica cuántica utiliza matemática moito máis abstracta cá clásica, o que non satisfizo a algúns nos seus comezos, pois parecíalles que a concepción da realidade se evaporaba nun formalismo.

Efectivamente, a Mecánica cuántica require unha matemática máis complexa, pero hai que lembrar que estaba xa construída e ben entendida. Ademais, é natural que problemas máis complicados precisen ferramentas máis avanzadas. De feito, hoxe utilízanse habitualmente as técnicas típicas da Mecánica cuántica para os problemas clásicos complexos, como os de moitos corpos ou non lineais. Onde este primeiro inconveniente si se manifesta claramente é na gravidade cuántica, en plena eclosión actualmente. Aquí os físicos temos de construí-la ferramenta matemática, o que está resolvendo algúns problemas pendentes desta. Ás veces as teorías físicas nacen co cordón umbilical do formalismo do que logo se desprenden ó entenderse mellor,

pero outras veces, como ocorreu co cálculo diferencial de Newton e Leibniz no nacemento da Mecánica, o formalismo é realmente importante e unha contribución adicional da Física.

B) COÑECEMENTO LIMITADO

A restricción esencial sobre o coñecemento dun sistema ás probabilidades que encerra a súa función de onda foi, como dixemos, difícil de aceptar ó principio, mesmo por grandes físicos, como nos recorda a famosa frase de Einstein de que o creador non pode xogar ós dados. Curiosa frase se se pensa que todo o que acontece na natureza, desde a grande explosión, pode considerarse como un gran xogo, ou sexa, o resultado do azar suxeito unicamente ás leis da física e poucas máis. A cuestión desde a Física é se a Mecánica cuántica é completa ou non. É dicir, se existen outras variables que non coñecemos, ocultas, que polo tanto só se manifesten nunha media.

Bell elaborou sistematicamente as consecuencias desta proposta, partindo do feito simple de que se o número de variables aumenta, é lóxico que a media das mesmas magnitudes non sexa igual á predicada pola cuántica. Téñense realizado moitos experimentos para dilucidar esta cuestión, que tamén comprobán o propio proceso da media discutido a continuación, coa resposta sempre favorable á Mecánica cuántica.

C) O PROCESO DA MEDIDA

Pode parecer coma se o propio proceso de medición, esencial na Mecánica cuántica, producise o resultado. Tamén orixinou reservas a redución brusca da función de onda á correspondente ó valor medio. Utilizando leis de conservación absolutas, como a carga eléctrica ou similares, e experimentos con varias medicións separadas, pódese formular como unha aparente transmisión instantánea de información, contra o principio de causalidade e a relatividade.

Como ilustración, supoñamos unha función de onda moi estendida no espazo dun sistema con só dúas posibilidades. Se se mide nun dos extremos, a función de onda queda colapsada á opción obtida e xa sabemos o que non obterá a media no outro extremo (que pode traducirse ó que se obterá con certeza se se trataba dunha dicotomía). Esta información é virtual: non se pode facer efectiva ata que non se comuniquen os medidores e comparen, polo que non viola a causalidade. En calquera caso, esta realidade virtual é un feito comprobado e que ten incluso moitas aplicacións prácticas, sempre limitadas pola velocidade finita da comunicación da información. Ás veces chámanlle realismo local ós intentos de evitar estas conclusións, sobre todo coas variables ocultas, que como dixemos nunca se manifestaron.

De tódolos xeitos, hai que admitir que o *colapso* da función de onda

aparece como algo brusco e descontrolado. O proceso de medida é esencial, pero en certo modo pode considerarse externo á Mecánica cuántica e, en definitiva, clásico. Por iso algúns físicos pensaron respostas a este posible problema conceptual, que pertencen máis ben ó terreo da epistemoloxía. Móven-se entre dúas opcións extremas; unha é recorrer á consciencia dicindo que se produce na mente. Un dos problemas sería a Cosmoloxía, que está tratando o universo completo. O outro extremo é dicir que en realidade non hai tal colapso. Non sería máis que un atallo para calcular certas propiedades, que representa unha complicada superposición obxecto-equipo de medida. Nesta liña, a análise detallada da Física, tanto formal como experimental, da transición cuántica-clásica (a *decoherencia*), como interacción co medio, está progresando moito na actualidade. Isto permite explicar, como dixemos, coa mesma Mecánica cuántica a transición á clásica e o propio proceso de medida.

No ámbito máis filosófico da interpretación, as propostas foron desde as máis conservadoras que avogan por unha distinción entre os terreos cuántico e clásico co resultado dunha especie de media co mesmo resultado. Ou de forma máis radical, recorrer á existencia de camiños ou 'mundos' paralelos de forma que, en cada medida, o que se percibe como colapso non é outra cousa que a evolución cara a un deles. Esta opción foi quizais a máis elaborada.

9. EPILOGO

A Mecánica cuántica naceu co século XX e entrando no XXI está tan firmemente establecida que debe facer parte do noso capital cultural persoal e, desde logo, dos contidos das ensinanzas medias, que é a súa mellor fonte. Nos nosos días está penetrando en terreos novos tanto nas aplicacións (por exemplo, os tan buscados ordenadores cuánticos) coma no básico coa cuantización da gravitación, que é o último reducto clásico. Polo de agora esta tarefa é formal, pero o seu contido é tan fascinante coma a orixe do universo e a dinámica dos buratos negros, da existencia dos cales vaise acumulando evidencia. Polo tanto, convén estarmos atentos, o que é doado na era da información. Na dirección da rede <http://xxx.unizar.es> podemos seleccionar *Quantum Physics* e atoparémolos últimos avances, ás veces de forma alcanzable. Lembremos, para rematar, que Balmer —precursor da Física cuántica coa súa fórmula (4)— era profesor de instituto en Basilea, onde catrocentos anos antes un médico, Paracelso, descubrira o hidróxeno.

BIBLIOGRAFÍA

- 1 Schrödinger, Erwin, *Cursos de la Universidad de Verano de Santander*, 1, Madrid, Signo, 1935, 1-73.
- 2 Pascual, Pedro, e Alberto Galindo, *Mecánica cuántica*, Madrid, Eude-

- ma Universidad, Manuales Eude-
ma, 1989.
- 3 Yndurain, Francisco, *Mecánica
cuántica*, Madrid, Alianza Univer-
sidad Textos, Alianza Editorial,
1988.
- 4 Sánchez Guillén, Joaquín, e Mijail A.
Braun, *Física cuántica*, Ma-
drid, Alianza Universidad Tex-
tos, Alianza Editorial, 1993.



NÚCLEOS E PARTÍCULAS

*Carlos Pajares Vales**
Universidade de Santiago
de Compostela

INTRODUCCIÓN

Desde os tempos máis remotos, nas máis antigas civilizacións, o home preguntouse polo interior das cousas, fregou dentro delas e tentou coñecer qué é o que lles dá consistencia e se existe algo subxacente e común a todas elas a pesar da súa infinita variedade.

Hai máis de 2500 anos, en Grecia, Tales constatou que calquera substancia podía clasificarse como sólido, líquido e gas; dado que a auga existía nas tres formas, ¿non se podía da-lo caso de que fose a auga o constituínte de toda a materia? Na mesma liña de pensamento, Aristóteles e os seus seguidores postularon que a materia estaba formada por terra, lume, aire e auga. O seu mestre Platón elaborou a idea da existencia de estruturas formais básicas, como as figuras xeométricas fundamentais a partir das cales se ‘formaban’ tódalas cousas. Platón supoñía que estas estruturas básicas eran triángulos. Anteriormente Leucipo e o seu discípulo Demócrito

(585 a. C.) suxeriron a posibilidade de que a materia estivese constituída por pequenas partículas indivisibles, os átomos (ατομος). A construción de tódalas cousas a partir doutras pezas elementais non é, desde logo, unha verdade necesaria que tarde ou cedo tiña que establecerse. Así, por exemplo, en culturas orientais e tamén en determinados momentos do século XX pensouse que existía unha globalidade, de tal xeito que todo estea composto de todo, así que calquera parte inflúe e dá consistencia, en maior ou menor medida, a calquera outra parte, e reciprocamente. Neste esquema non é certo que uns poucos elementos constrúan tódalas cousas; só podería selo no sentido dunha aproximación á realidade, válida en determinadas condicións cando se puidese despreza-la influencia da maior parte de elementos.

O século XIX comezou co establecemento da moderna teoría atómica da materia. Sabíase que unha gran variedade de substancias podían obterse combinando diferentes cantidades

* Catedrático de Física Teórica.

duns poucos elementos. Dalton, en 1808, propuxo que estas combinacións se entenderían se cada elemento estaba constituído por átomos. A combinación de átomos de distintos elementos producía as moléculas das substancias non elementais. Supuxo que os átomos eran indivisibles e por iso adoptou o nome grego. En 1869, Dimitri Mendeleev descubriu que ó ordena-los elementos atómicos do máis lixeiro (hidróxeno) ó máis pesado, as súas propiedades se repetían a intervalos regulares (sistema periódico dos elementos). Esta regularidade apuntaba, como se vería posteriormente, a que os átomos non son elementais senón sistemas complexos, compostos doutros 'elementos'. As diferentes combinacións destes elementos dan lugar ós distintos átomos, o que explicaría as regularidades.

O século remata con dous descubrimentos fundamentais na busca da elementalidade: o descubrimento do electrón por J. J. Thomson en 1897, premio Nobel 1906 (posteriormente Millikan mediría a carga, premio Nobel 1923) e o da radioactividade por H. Becquerel, Pierre e Marie Curie (p. N. 1903). Rutherford (p. N. de Química 1908), traballando no laboratorio Cavendish de Cambridge que dirixía Thomson, demostra nos anos 1896-1900 que a radiación de Becquerel tiña tres compoñentes diferentes: a radiación α , β e γ . Esta última resultou ser radiación electromagnética de alta frecuencia, incluso superior á dos raios X descubertos por Roentgen en 1896 (p. N. 1901). A radiación β consistía en

electróns e a α en partículas masivas cargadas positivamente e que posteriormente foron identificadas como núcleos de átomos de helio.

Co século estréase tamén a Mecánica cuántica. O día de Santa Lucía de 1900, Planck (p. N. 1918) explica a dependencia na frecuencia e na temperatura da densidade de enerxía do chamado corpo negro e introduce a hipótese de que a radiación era absorbida ou emitida en cantidades discretas proporcionais á frecuencia da dita radiación.

$$E = h \nu \quad (1)$$

A constante de Planck h escribíase e calculábase por primeira vez. Einstein (p. N. 1921) retomaba en 1905 a dita hipótese para explica-lo efecto fotoeléctrico, indo máis aló ó supoñer que a radiación electromagnética non só era absorbida ou emitida en cantidades $h\nu$, senón que eran partículas de enerxía $h\nu$. O mesmo ano 1905, Einstein tamén publicaba a Teoría da Relatividade Restrinxida, coa que se transformaba radicalmente o concepto de espacio e tempo e se contemplaban as transformacións de masa en enerxía e reciprocamente de enerxía en masa.

A Mecánica cuántica —construída na década dos anos vinte— e a Relatividade constitúen dúas grandes revolucións científicas conceptuais imprescindibles para comprender multitude de fenómenos físicos; en concreto, fixeron posible o avance na busca da elementalidade.

DESCUBRIMENTO DO NÚCLEO ATÓMICO

Na mesma primeira década, Rutherford e Soddy descubriron que algúns átomos podían desintegrarse espontaneamente, producindo outros átomos. Tamén Pierre Curie e Marie Curi-Sklodowska descubren novos elementos radioactivos, o radio e o polonio (a Marie Curie concedéronlle por isto o premio Nobel de Química 1911) nos produtos de desintegración do uranio. Con todo isto empeza a sospeitarse que os átomos teñen estrutura interna e que esta debería diferir moi pouco duns átomos a outros próximos no sistema periódico.

Nos anos 1909-1913, Ernest Rutherford —agora en Manchester—, Ernest Marsden e Hans Geiger realizaron diversos experimentos cos que demostraban que efectivamente os átomos posuían unha estrutura interna: o núcleo. Os experimentos consistían en bombardear unha folla delgada de ouro con partículas α provenientes dunha fonte de radio⁽¹⁾ (ver figura 1).

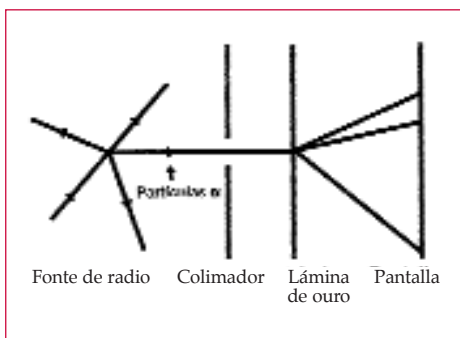


Figura 1. Experimento de Rutherford.

Se a distribución de materia dentro do átomo fose homoxénea, esperaríase que a maior parte de partículas α saísen cara a adiante e moi poucas a grandes ángulos. Sen embargo saían moitas máis das esperadas a grandes ángulos e mesmo algunhas rebotaban para atrás. Segundo Rutherford «foi coma se dispararas unha bala de 4 cm contra un anaco de papel de seda e rebotara cara a atrás golpeándote». Dentro dos átomos había concentracións de materia moito máis pesadas cás partículas. O átomo está composto de electróns situados en capas, no exterior dun núcleo cunha carga positiva igual ó número de electróns exteriores. O núcleo ten unhas dimensións duns cantos fermi $1 \text{ fm} = 10^{-13} \text{ cm}$. Como as dimensións dos átomos son da orde de amstrongs, $1 \text{ Å} = 10^{-8} \text{ cm}$, os núcleos son cen mil veces máis pequenos cós átomos. Isto non quere dicir que os átomos estean practicamente baleiros. Os electróns están ligados ós núcleos mediante a forza atractiva (por teren cargas opostas) coulombiana. Esta forza eléctrica entre cargas, responsable de que estean ligados os electróns ó núcleo e que non escapen, é debida á existencia dun campo eléctrico que dota de consistencia o espazo entre os electróns e o núcleo. Outra maneira de expresa-lo mesmo, é dicir que entre os electróns e o núcleo se intercambian fotóns, os 'cuantos' do campo electromagnético existente. Estes fotóns dan consistencia e enchen o espazo entre os electróns exteriores e o núcleo.

O experimento de Rutherford é típico de toda unha serie de ensaios que se sucederon ó longo do século para tratar de explora-lo interior de obxectos cada vez máis pequenos. Fundamentalmente, o experimento consta dun feixe de partículas (partículas α no experimento anterior) aceleradas para dotalas dunha enerxía E e un momento p suficientemente alto, que inciden sobre un branco. As ondas asociadas ás partículas do feixe teñen unha lonxitude λ relacionada co momento lineal p da partícula

$$P = h / \lambda \quad (2)$$

de tal maneira que se se quere explorar un branco de tamaño caracterizado polo radio R , se verifica $\lambda \leq R$ (figura 2).



Figura 2. Lonxitude de onda menor có tamaño do obxecto.

Ondas con lonxitude de onda maior có radio son insensibles ó branco, non se dan conta da súa existencia. Canto máis pequeno é o branco que queremos explorar, menor é a lonxitude de onda e máis grande debe ser p e, polo tanto, maior a enerxía da partícula lanzada como sonda. Por iso, a medida que se quere entrar máis no interior e explorar

tamaños máis pequenos, necesítanse aceleradores máis potentes.

ESTRUCTURA DO NÚCLEO. PROTÓNS E NEUTRÓNS

A estrutura electrónica dos átomos explícase rapidamente, primeiro cos modelos simplificados de Bohr (p. N. 1922) e Sommerfeld e despois coa formulación da Mecánica cuántica e en particular da ecuación de Shrödinger (p. N. 1933), o principio de incerteza de Heisenberg (p. N. 1932) e o principio de Pauli (p. N. 1945). Sen embargo, poucas cousas se sabían sobre o núcleo central, á parte de que



Erwin Schrödinger, premio Nobel de Física en 1933, na súa intervención no XIV Congreso da Asociación Española para o Progreso das Ciencias celebrado en Santiago de Compostela no ano 1934.

estaba cargado positivamente e que era moi denso. Diversos experimentos para estudia-lo núcleo foron realizados por Rutherford e Chadwick na década dos vinte, no Laboratorio Cavendish de Cambridge, ó que Rutherford volvera sucedendo a Thomson no cargo de director. Tamén Irene Joliot-Curie e Frederic Joliot (p. N. de Química 1935) realizaban uns experimentos similares en París.

Rutherford suxerira a existencia dunha partícula neutra, de masa practicamente igual á do protón. Chadwick (p. N. 1935) demostrou finalmente, en 1932, a existencia do neutrón mediante un experimento no que lanzaba partículas α provenientes dunha fonte radioactiva sobre un branco de berilio. Tíñase observado nos experimentos mencionados anteriormente que se producía radiación penetrante neutra. Chadwick estudiou esta radiación, facéndoa incidir sobre parafina de cera, substancia rica en hidróxeno. A radiación, ó chocar cos núcleos de hidróxeno, protóns, facíao retroceder⁽¹⁾ (ver figura 3). Estes protóns eran detectados por unha cámara de ionización que contén gas e dous electrodos. Cando os protóns entran na cámara, golpean os electróns dos átomos do gas facendo que estes queden ionizados con carga positiva, o que provoca unha diferenza de potencial nos electrodos. Se estes electrodos están encaixados nun circuíto exterior, aparece unha corrente eléctrica. Chadwick podía así medi-lo número de protóns e a súa enerxía para deducir que debían de ser golpeados

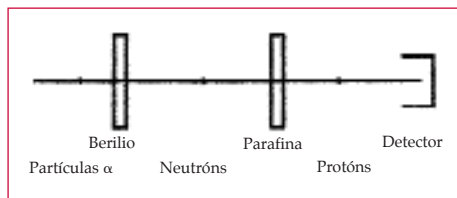


Figura 3. Experimento de Chadwick.

por partículas da mesma masa e neutras, neutróns. Un núcleo de masa A veces a dun protón ou neutrón ten Z protóns (igual número có de electróns) e $A - Z$ neutróns. O núcleo dun átomo de Z electróns ten que ter Z protones para ser neutro, pero pode ter diferente número de neutróns. Os núcleos co mesmo Z e diferente A chámase isótopos. A forma dun núcleo é aproximadamente esférica cun radio R , $R = R_0 A^{1/3}$, $R_0 = 1.1$ fm, segundo revelaron definitivamente os experimentos de colisións de electróns con núcleos iniciados no acelerador de Stanford por Hofstadter en 1953 (p. N. 1961).

FORZAS NUCLEARES

Os protóns do núcleo atómico experimentan a repulsión coulombiana; sen embargo, o feito de permaneceren unidos no núcleo implica a existencia dunha forza atractiva moi poderosa capaz de vencer a repulsión electromagnética. Debido á súa intensidade chámase forza forte e é experimentada polos protóns e neutróns pero non polos electróns (en xeral exercérase entre todo un conxunto de partículas chamadas hadróns e non entre outro

conxunto de partículas chamadas leptóns); a forza é de curto alcance, uns poucos fermis, en contraste coa forza electromagnética que ten alcance infinito. Este comportamento diferente suxeríulle a Yukawa en 1935 (p. N. 1949) predici-la existencia do mesón π (en realidade son tres π^+ , π^- , π^0 cunha masa de cerca de 140 Mev) que tiña nas interaccións fortes o mesmo papel có fotón nas electromagnéticas. En efecto, se considerámo-lo potencial $V = \exp(-\mu r) / r$ (potencial de Yukawa) a súa transformada de Fourier é $1 / (q^2 + \mu^2)$, que corresponde ó intercambio dunha partícula de masa μ , entre as partículas sometidas ó potencial V . No caso de interacción coulombiana, $V(r) = 1 / r$, alcance infinito e $\mu = 0$, masa do fotón. No caso de interacción forte $V(r)$ 0 se $r > 1/\mu$ 1 fermi. Polo tanto $\mu = 100$ -200 Mev. Outra maneira equivalente de deduci-lo mesmo resultado é utilizando o principio de incerteza enerxía-tempo de Heisenberg. En 1947 o mesón π foi detectado por Powell (p. N. 1950) e outros colegas en experimentos de raios cósmicos. Anteriormente detectárase o mesón μ^- de masa 105 Mev que se cría que era a partícula prediciada por Yukawa. Sen embargo non o era, dado que os muóns son leptóns e non interaccionan fortemente.

Os raios cósmicos consisten en diversas partículas⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾ (protóns, núcleos, electróns, neutrinos, fotóns) que inciden sobre a Terra provenientes do exterior (a orixe extraterrestre foi demostrada por Victor Hess, p. N.

1936, mediante experiencias realizadas nun globo en 1912) e son detectadas mediante técnicas baseadas nos trazos que deixan as partículas en emulsións fotográficas e na cámara de néboa de Wilson (p. N. 1927). As técnicas relacionadas con esta última foron desenvolvidas por Blackett (p. N. 1948) e os seus colaboradores.

O balance entre a forza forte e a electromagnética é responsable da estabilidade dos núcleos e, polo tanto, do rango de valores permitidos para A e Z. Núcleos con $Z > 118$ non se coñecen, pois a medida que aumenta o número de protóns crece fortemente a repulsión electrostática e é moi difícil compensala.

Para Z pequeno, os núcleos estables teñen aproximadamente o mesmo número de neutróns ca de protóns $N \approx Z \approx A/2$. Os núcleos máis pesados deben ter máis neutróns para compensalo aumento de interaccións coulombianas, ata que chega un momento en que a dita compensación xa non é posible. As estrelas de neutróns poden pensarse como núcleos estables aínda que neste caso $Z \approx 0$ e A é da orde de miles de billóns. Debido á gran disparidade entre o número de nucleóns (protóns e neutróns) dos núcleos usuais e as estrelas de neutróns, ultimamente especulouse coa posibilidade da existencia de materia estable que cubrise o gran salto en masa. Sería materia estraña, na que interviría conxuntamente cos quarks ordinarios o quark estraño do que falaremos máis adiante. A posibilidade de existencia de materia estraña en forma

de estrelas, así como a súa posible detección, é un tópico hoxe en día de grande interese.

Dado un núcleo estable, é necesario proporcionar enerxía para extraer un dos seus nucleóns. Obviamente, esa enerxía será máis grande ou máis pequena dependendo de se o nucleón está na superficie ou no interior, pero en calquera caso podemos falar de enerxía media. É a enerxía de ligadura B , necesaria para romper-lo núcleo A causa da equivalencia entre enerxía e masa, $E = mc^2$, a diferenza entre a suma da masa dos nucleóns e a masa do núcleo $M(A, Z)$ é B/c^2 .

$$B/c^2 + M(A, Z) = Zm_p + (A-Z)m_n \quad (3)$$

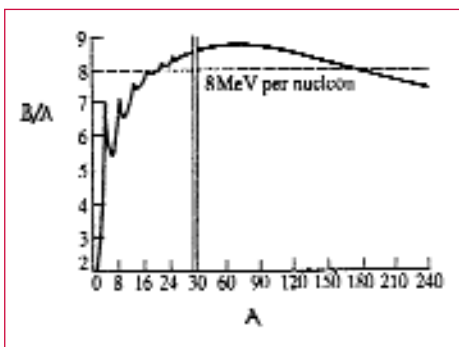


Figura 4. Enerxía de ligadura por nucleón en función de A .

A enerxía de ligadura por nucleón B/A depende de A (como se representa na figura 4). Apréciase que os valores maiores de B/A están no rango $50 < A < 120$, e polo tanto núcleos con A dentro dos ditos valores é máis difícil rompelos.

Ademais da interacción forte, responsable entre outras cousas de que os protóns e neutróns estean ligados formando os núcleos, existe outra forza a nivel nuclear, a interacción débil responsable da desintegración β de núcleos. Unha desintegración β é a que experimenta o neutrón que se transforma nun protón e emite un electrón. Se só fose así, por conservación de enerxía e momento, o electrón saínte debe ter unha enerxía fixa. Sen embargo a enerxía que se medía variaba dunha maneira continua entre dous límites. Igualmente, dado que o neutrón ten spin $1/2$ non pode desintegrarse en protón e electrón só, pois ó te-las dúas spin $1/2$, ó combinalas conxuntamente co momento angular orbital que é enteiro, dá un número enteiro. Niels Bohr, nunha carta a Pauli, expresa que chegou a pensar que a escala nuclear quizais non se conservaba a enerxía. Pauli non podía considerar tal hipótese e en 1931 propuxo a existencia dunha misteriosa partícula, o neutrino, que debería ter spin $1/2$ para que se conservase o momento angular, masa nula ou moi pequena e carga cero, e que interaccionase moi debilmente coa materia. A reacción sería: $n \rightarrow p + e^- + \nu$.

A proposta foi acollida con grande escepticismo pola comunidade científica, escepticismo que crecía a medida que pasaba o tempo sen que fose detectado o neutrino. Finalmente, en 1956, despois de máis de dúas décadas, Cowan e Reines (p. N. 1985), nun experimento realizado no reactor nuclear de Savannah River, (afluente do río

Columbia nos Estados Unidos), lograban detectalo gracias a que no reactor hai unha gran cantidade de neutróns, de tal maneira que ó se desintegrar podía alcanzarse unha estatística alta de neutrinos (un billón por cm^2 e segundo) e así, colocando no seu camiño moitas toneladas dunha solución de cadmio, conseguir que algún puidese interaccionar ocasionalmente. Ó observarlos produtos da interacción, deduciron a existencia do neutrino incidente.

Ademais do electron existe o muón μ^- $m_\mu = 105 \text{ Mev}$ xa mencionado anteriormente e o tauón τ^- , $m_\tau = 1.77 \text{ Gev}$, descuberto por M. Perl (p. N. 1995) en 1975. Ademais do neutrino ν_e asociado ó electrón, L. Lederman, M. Schwartz e J. Steinberger (p. N. 1988) demostraron en 1964 a existencia doutras clases de neutrinos. Ós membros das tres xeracións

$$\begin{array}{ccc} e & \mu & \tau \\ \nu_e & \nu_\mu & \nu_\tau \end{array} \quad (4)$$



Jack Steinberger, premio Nobel de Física en 1988, durante unha conferencia na Universidade de Santiago de Compostela.

chámaselles leptóns. A todas elas asígnaselle-lo número cuántico leptónico $+1$. O número cuántico leptónico é conservado nas reaccións entre partículas.

A interacción débil é de moi curto alcance. Similarmente á interacción electromagnética na que se realiza intercambiando un fotón, neste caso intercámbianse as partículas $W^\pm$ e Z^0 que teñen unha gran masa, 80 e 91 GeV respectivamente, responsable do curto alcance da interacción⁽²⁾ (tamén da súa débil intensidade, dado que esta é inversamente proporcional neste caso ó cadrado das masas das partículas intermediarias). A predicción da existencia das ditas partículas pesadas realizouse dentro do contexto da teoría unificadora das interaccións débiles e fortes proposta por S. Weinberg e A. Salam en 1967 (p. N. 1979). A teoría baseábase nas teorías de campos de gauge non abelianos proposta por Yang e Mills en 1954, englobaba por unha parte a descrición das interaccións débiles mediante o lagrangiano de Fermi, primeiramente proposto por este nos anos 33 e 34 para describi-la interacción β de núcleos (foi a primeira utilización dos campos asociados a partículas de spin $1/2$ cuantificados) e posteriormente mellorado por N. Cabibbo; por outra parte, a electrodinámica cuántica desenvolvida independentemente por R. P. Feynman, J. Schwinger e S. Tomonaga (p. N. 1965) que é a cuantificación da teoría electromagnética. A teoría de unificación de Weinberg e Salam non empezou a tomarse en consideración seriamente

ata que G.'t Hooft —na súa tese de doutoramento dirixida por M. Veltman— demostrou a renormalización da teoría, é dicir, que as diverxencias que aparecían nesa teoría de campos podían tratarse coherentemente. G.'t Hooft e Veltman foron galardoados por iso co p. N. 1999. A teoría de unificación electrodébil prediciu a existencia de correntes débiles neutras que foron observadas por primeira vez en 1973 no Centro Europeo de Partículas Elementais de Xenebra. No ano 83, Carlo Rubbia, á fronte dunha colaboración de máis de douscentos físicos, detectou por primeira vez as tres partículas $W^\pm$ e Z^0 predicidas, polo que recibiu o p. N. en 1984 que compartiu con S. Van der Meer, quen desenvolveu unhas determinadas técnicas de aceleradores (arrefriamento estocástico) que fixeron posible alcanzar nos aceleradores enerxías necesarias para detectalas ditas partículas. O éxito do descubrimento foi unha empresa europea de grande importancia. A modo de exemplo, citemos que o *New York Times* en primeira páxina encabezaba a noticia do descubrimento co título “Europa 3 USA 0”.

FISIÓN E FUSIÓN NUCLEAR

Se un núcleo pesado rompe en dous máis lixeiros, a curva da figura 4 indica que a enerxía de ligadura por nucleón é máis grande nos núcleos fisionados ca no núcleo pesado orixinal e, polo tanto, liberarase enerxía no proceso. A fisión espontánea é un proceso

moi raro; sen embargo a fisión pode ser inducida bombardeando un núcleo, por exemplo o uranio 235, con neutróns. O proceso de fisión máis típico é

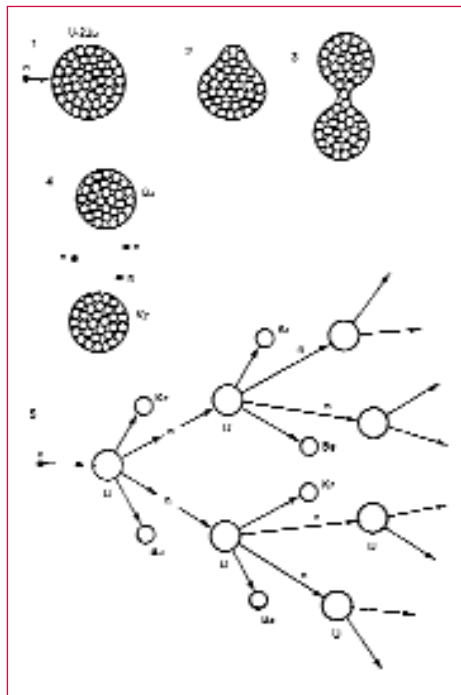


Figura 5. Reacción en cadea.

o debuxado na figura 5, no que: 1) neutrón lento, de baixa enerxía, é absorbido por un núcleo de uranio 235; 2) o núcleo faise inestable; 3) o núcleo defórmasse, dividíndose en dous; 4) como resultado da fisión aparecen os núcleos estables de bario e criptón conxuntamente con dous ou tres neutróns. Na reacción libérase enerxía; 5) os neutróns producidos que sexan lentos poden chocar contra outro núcleo de

uranio 235 dando lugar de novo ó proceso. É a reacción en cadea orixe da explosión nuclear, a chamada bomba atómica. Nun reactor nuclear esa explosión contrólase mediante ‘moderadores’ que usualmente son barras de boro ou cadmio que absorben neutróns e polo tanto reducen o número de fisións. A enerxía liberada, que é da orde de máis dun millón de veces a liberada nun proceso químico, utilízase para quentar un fluído, normalmente auga, que pola súa vez se dirixe a unha turbina para a xeración de corrente eléctrica.

A historia da fisión nuclear e a da obtención da bomba atómica é moi interesante. Digamos brevemente que nos primeiros anos da década dos trinta, E. Fermi en Italia conseguira a técnica de enlentecer neutróns e modifica-los núcleos de varios átomos, logrando diversos isótopos. Irradiou uranio en 1934 pero non interpretou correctamente o que sucedía. Por outra parte, aproveitou a viaxe para recolle-lo premio Nobel en 1938 para non volver á Italia de Mussolini. En Alemaña, Otto Hahn (p. N. de Química 1944) e Lisa Meitner fixeron experimentos análogos e atoparon como subproduto bario, que é moito máis lixeiro có uranio. Lisa Meitner, xudía, tivo que fuxir de Alemaña a Suecia, onde contactou con Otto Frisch, quen interpretou correctamente o fenómeno físico. Italia e Alemaña perderon moito tempo elaborando a bomba atómica, tempo que non perderon os aliados, que desenvolveron o proxecto

Manhattan no que precisamente Fermi tivo un papel importante.

Na fusión nuclear, dous núcleos moi lixeiros fúndense nun máis pesado. De novo (de acordo coa figura 4), a enerxía de ligadura por nucleón do estado inicial (os núcleos moi lixeiros) é inferior á correspondente ó estado final (o núcleo pesado) e polo tanto libérase enerxía. O proceso de fusión máis coñecido é o que se produce no interior das estrelas, queimando hidróxeno, protóns e liberando enerxía que permite contrabalancea-la forza gravitatoria que tende a aperta-la estrela. Os diversos procesos foron estudados en detalle por H. A. Bethe (p. N. 1967). Tamén son os procesos de fusión os responsables da chamada nucleosíntese dos elementos que sucedeu nos primeiros instantes do universo, calculada por W. A. Fowler (p. N. 1983).

Aínda que o potencial destrutivo da fusión foi ensaiada inicialmente en 1952 coa bomba de hidróxeno, experimentos liderados na Unión Soviética por Andrei Sakharov e nos Estados Unidos por E. Teller, o desenvolvemento da fusión para producir electricidade aínda non se conseguiu a pesar do enorme esforzo realizado e das grandes vantaxes da fusión como fonte de enerxía. En efecto, o combustible básico é deuterio ou auga pesada abundante e, polo tanto, barato. A fusión non produce materiais radioactivos de longa vida. O proceso de fusión párase instantaneamente se se cesa a subministración de combustible, así que é seguro fronte a accidentes.

Con tantas vantaxes, é máis dramática a pregunta: ¿por que é tan difícil a fusión controlada? As reaccións de fusión dependen de tres parámetros básicos⁽⁶⁾: temperatura, densidade e tempo de confinamento. Para que os núcleos de dous átomos cheguen a fusionarse, teñen que aproximarse ás súas distancias nucleares e por iso deben estar despoxados dos electróns que os rodean, polo que o combustible ha estar en estado de plasma, é dicir, gas ionizado. Un plasma no que os ións deben ter enerxía abonda como para vencer-la repulsión coulombiana e así producir numerosas reaccións de fusión e polo tanto moita enerxía neta.

Para dota-los ións do plasma de suficiente enerxía, este debería de estar a unha temperatura de cen millóns de graos. Por outra parte, tamén é necesario que haxa un número mínimo de colisións para que se produza unha cantidade apreciable de reaccións de fusión e polo tanto o plasma debe ter unha densidade mínima. Unha vez creado o plasma a alta temperatura, cómpre mantelo á dita temperatura durante un certo tempo suficiente para que se produza enerxía neta. Manter un plasma quente non é doado, pois tende a arrefriarse por difusión, é dicir, movementos de partículas desde onde existe unha concentración alta a outras onde haxa unha baixa concentración. O tempo que tardaría o plasma en arrefriarse se non se quentase constantemente, chámase tempo de confinamento.

análogo en certo sentido a unha descrición do tipo niveis atómicos ó nivel do núcleo. Considerando un neutrón, mentres estea no centro non experimentará ningunha forza neta xa que se compensarán as forzas exercidas por tódolos nucleóns sobre el. Polo tanto o potencial sería constante para $r \sim 0$. Sen embargo, se o neutrón está próximo á superficie do núcleo, experimentará unha forza atractiva cara ó interior, que será máis forte canto máis preto estea da superficie (tensión superficial). Finalmente, a forza e o potencial serán nulos cando o nucleón estea fóra do núcleo. O potencial será similar ó representado na figura 7. Os protóns están igualmente confinados nun pozo de potencial como na figura, cunha lixeira diferenza na superficie debido á forza eléctrica que experimentarán.

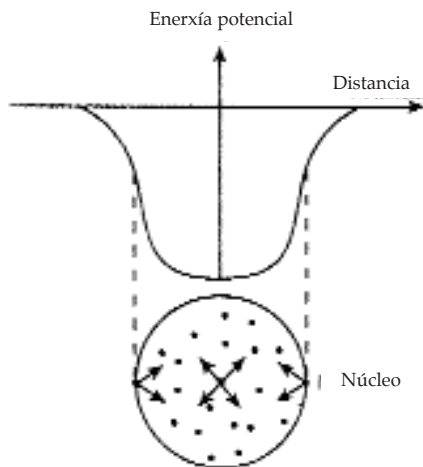


Figura 7. Enerxía potencial media que sente un nucleón nun núcleo.

Neses pozos, os nucleóns ocuparán toda unha serie de niveis de enerxía espaciados de acordo coa solución da ecuación de Schödinger co dito potencial. Os niveis de enerxía están caracterizados por diversos números cuánticos, da mesma maneira que os niveis de enerxía dun electrón nun átomo. Debido ó principio de Pauli, os neutróns (protóns), ó seren partículas de spin $1/2$, non poden dous deles ter os mesmos números cuánticos e isto fai que cada nivel teña un número máximo de neutróns e protóns; cando o alcanza dise que a capa está chea. As capas están cheas no momento en que o número de protóns Z e o de neutrones $A - Z$ toma os valores

$$Z = 2, 8, 20, 28, 50, 82$$

$$A - Z = 2, 8, 20, 28, 50, 82, 126$$

que son os números máxicos.

Os núcleos coas capas cheas son máis estables cós núcleos con A e Z próximos a elas. Exemplos deles son: helio ($Z = 2$ $A = 4$), osíxeno ($Z = 8$ $A = 16$), chumbo ($Z = 82$ $A = 208$). O cometido que desempeñan é similar ó dos gases nobres cando se fala de átomos. As propiedades de núcleos cuns poucos nucleóns en exceso ou defecto respecto ós que teñen as capas cheas explícanse facilmente en termos deses 'buratos'. Sen embargo, cando hai moitos buratos a situación faise máis complicada e é máis apropiado o uso do chamado modelo colectivo, desenvolvido por Aage Bohr (fillo de Niels), B. Mottelson e J. Raiwater (p. N. 1975). Polas súas achegas ó modelo de capas

(o modelo de capas con encaixe jj , que inclúe o encaixe spin-órbita) a María Goeppert Mayer e a Jensen foilles concedido o p. N. 1963. A traxectoria de María Goeppert Mayer é un exemplo de tenacidade e intelixencia, coas que vence obstáculos tradicionais que inclúen a discriminación por ser muller. Estudiu con Max Born en Gottingen e logo de obte-lo doutoramento casou cun americano, Joseph Mayer, con quen foi ós Estados Unidos en 1930 onde non conseguiu un posto universitario debido ás regras discriminatorias existentes. Só moito máis tarde, en 1946, cando o seu marido se trasladou á Universidade de Chicago, ela conseguiu un posto de traballo a tempo parcial no recentemente creado Laboratorio Nacional de Argonne, situado a sesenta quilómetros de Chicago⁽⁷⁾.

ANTIPARTÍCULAS

No ano 1930, Dirac postulou que por cada partícula debía existir outra partícula chamada antipartícula, con tódalas propiedades intrínsecas iguais (masa, spin) agás a carga eléctrica e outros números cuánticos considerados como cargas (número bariónico, número leptónico, extrañeza...) que teñen as opostas ás que ten a partícula. Entre as reaccións posibles, as antipartículas poden aniquilarse ó colisionar coas partículas, producindo fotóns. Así, a un electrón correspóndelle a antipartícula chamada positrón que

se aniquila mediante a reacción $e^+ + e^- \rightarrow \gamma + \gamma$

Dirac introduciu o seu postulado para esquivar-la existencia de estados con enerxía negativa solucións da ecuación relativista para partículas de spin $1/2$ que el mesmo propuxera. Dirac supuxo que tódolos niveis de enerxía negativa estaban ocupados por electróns e que o conxunto formaba o baleiro, é dicir, o estado de enerxía máis baixa. Cando faltaba un electrón (de enerxía negativa) dese baleiro, aparecía un oco que se comportaba coma se tivese carga positiva e enerxía positiva. Ese 'oco' é o positrón e tapábase mediante un electrón de enerxía positiva, transformándose a enerxía do oco (positrón) e do electrón en fotóns.

A hipótese de Dirac ten os seus puntos febles e carece de autoconsistencia (o baleiro supón neutro, aínda que estea cheo de electróns de enerxía negativa) e só despois de que se introducira a cuantificación dos campos (segunda cuantificación) se clarificou o problema. En calquera caso, a súa predicción espectacular da existencia de antipartículas foi comprobada axiña ó descubrir C. D. Andersen (p. N. 1936), en 1932, positróns nas cascadas atmosféricas producidas polos raios cósmicos.

Posteriormente descubríronse antiprotóns, antineutróns e numerosas antipartículas. Tamén se obtiveron, en experimentos con aceleradores, núcleos lixeiros de antimateria, é dicir, formados por antiprotóns e antineutróns.



Figura 8. Apantallamento da carga eléctrica.

Apuntemos que por primeira vez aparece o baleiro cunha estrutura. Este aparente paradoxo: o baleiro ten 'algo', é común nas teorías cuánticas de campos. Así, en electromagnetismo, se colocamos unha carga negativa ó seu redor créanse cargas positivas e negativas debido á existencia dun campo eléctrico producido pola carga orixinaria. As cargas positivas e negativas oriéntanse como se ilustra na figura 8, de tal maneira que o medio no que están se polariza. Microscopicamente, na electrodinámica cuántica, a explicación deste fenómeno é que unha partícula cargada, por exemplo un electrón, emite fotóns que pola súa vez producen pares positrón-electrón. Estes pares oriéntanse de tal xeito que os positróns estean máis cerca do electrón orixinario cós electróns (debido á interacción coulombiana, cargas de signo oposto atraíñense e do mesmo signo repélense). Desta forma o medio queda polarizado.

A creación de pares electrón-positrón e a súa posterior aniquilación non

require por forza a existencia dun electrón orixinario que emita fotóns, senón que pola contra pode darse no baleiro. A aparente violación da conservación da enerxía non sería tal se se aniquilan nun tempo Δt que cumpra o principio de incerteza enerxía-tempo de Heisenberg

$$\Delta E \Delta t \sim h \quad (5)$$

Desta maneira o baleiro queda dotado de estrutura.

CLASIFICACIÓN DAS PARTÍCULAS ELEMENTAIS

Con motivo do estudio das interaccións fortes, mediante experimentos de aceleradores empezáronse a descubrir toda unha serie de partículas (pola súa activa participación neste proceso, L. W. Álvarez obtivo o p. N. 1968). A principios dos sesenta, o número superaba amplamente as cen. ¿Como se podería poñer orde en todo aquel zoo?

Unha situación similar producírase nos diversos elementos, átomos, do sistema periódico, ou nos diversos núcleos. A orde nos átomos e os núcleos establecérase acudindo a un principio de simetría, o de Pauli, que permitía nun caso clasificar en capas os diversos electróns e noutro os protóns e neutróns. Por iso, ante a gran variedade de partículas buscábase a simetría que permitise entender tal diversidade e clasifícalas partículas.

M. Gell-Mann, Zweig e Y. Ne'eman independentemente, propuxeron que a simetría buscada era SU(3)

(o conxunto de matrices 3×3 , unitarias e determinante 1). É dicir, as interaccións fortes eran invariantes fronte ás transformacións do dito grupo, cando ese grupo se aplicaba ás partículas elementais que senten as interaccións fortes (hadróns). En linguaxe máis matemática, asignaron a cada partícula un vector que fose vector base dunha representación irreducible do grupo. Todas estas representacións pódense obter a partir de dúas, que se chaman fundamentais⁽⁸⁾ e teñen dimensión 3, 3 e 3^* . Os tres vectores base da representación 3, Gell-Mann chamoulles quarks (nome arbitrario tomado de *Finnegans Wake* de James Joyce, sen significado en inglés): o quark up u , o quark down d e o quark estraño s . Os vectores das representacións désígnanse polos números cuánticos: hipercarga Y , isospín T e terceira compoñente de isospín T_3 . O isospín T foi introducido por Heisenberg para describir que o protón e o neutrón eran 'iguais' respecto á interacción forte. Os dous tiñan o mesmo $T(T=1/2)$, diferenciándose pola terceira compoñente, $T_3 = +1/2$ para o protón e $T_3 = -1/2$ para o neutrón. Igualmente, a tódolos hadróns se lles asigna un T e un T_3 . A hipercarga está relacionada coa carga eléctrica mediante a relación de Gell-Mann e Nishijima

$$Q = T_3 + Y/2 \quad (6)$$

Os quarks d , u e s teñen $Q = -1/3$, $2/3$ e $-1/3$ respectivamente; u e d son dobretes con $T=1/2$ e $T_3=-1/2$ respectivamente. Os vectores da representación 3^* son os antiquarks, $\bar{d}$, $\bar{u}$ e $\bar{s}$ que teñen Q , Y e T_3 opostos ós correspon-

dentos ós quarks. Tódolos hadróns de spin enteiro (mesóns) obtéñense a partir dun quark e un antiquark $q\bar{q}$ (os quarks suponse que teñen spin $1/2$). Os hadróns de spin semienteiro (barións) fórmanse a partir de 3 quarks qqq . Desta maneira, tódolos hadróns quedan clasificados e obtéñense os seus números cuánticos a partir de $q\bar{q}$ ou qqq (ver, por exemplo, referencias 1, 2 e 8). Ademais de clasificar tódolos hadróns coñecidos, tamén prediciu a existencia dalgúns como a Ω^- , partícula de spin $3/2$ formada por 3 quarks s , confirmado en 1964 en experimentos do acelerador de Brookhaven. M. Gell-Mann recibiu o p. N. en 1969; na explicación, o comité Nobel tamén mencionaba a Y. Ne'eman. A este, o mesmo ano, foille concedido o premio Einstein que por primeira vez se outorgaba a alguén non norteamericano.

Aínda que os quarks deran lugar a prediccións espectacularmente comprobadas e á clasificación dos hadróns, non se posuía evidencia física real da súa existencia. Por iso en 1969 se realizaron no acelerador lineal de Stanford colisións profundamente inelásticas electrón-protón. Nos choques en que o electrón é desviado a grande ángulo, o fotón intermedio formado (ver figura 9) ten gran momento e por tanto pequena λ co que pode 'ver' o interior do protón. O experimento (análogo ó de Rutherford no seu día) demostraba inequivocamente que o protón tiña partes, os hipotéticos quarks. Os tres principais responsables do experimento, J. J. Friedman, H. W. Kendall e

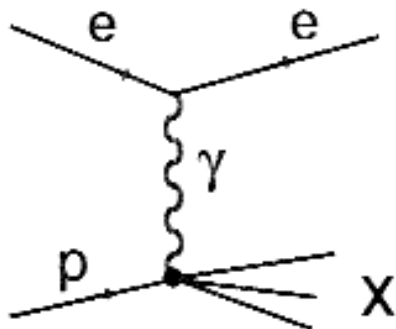


Figura 9. Colisión $e+p \rightarrow e+x$ (x denota particulares que resultan da rotura do protón).

R. Taylor, concedéronlle-lo p. N. en 1990.

Os tres quarks d , u e s engadíron-se outros tres. Primeiro en 1974, S. Ting e B. Richter (p. N. 1976) descubriron, traballando independentemente un en Brookhaven e outro en Stanford, a partícula J/ψ de masa 3.1 GeV estado ligado do quark encantado c e do seu anti-quark $\bar{c}$. En seguida se descubriron mesóns e barións que contiñan o quark c ou o anti-quark $\bar{c}$. En 1975, un equipo liderado por L. Lederman descubriu a partícula upsilon de masa 9.45 GeV,



De esquerda a dereita, primeiro J. Cronin (premio Nobel de Física en 1980), segundo I. Prigogine (premio Nobel de Química en 1972) e cuarto B. Richter (premio Nobel de Física en 1976), nun acto na Universidade de Santiago de Compostela.

traballando co acelerador do laboratorio Fermi. Esta partícula é un estado ligado dun novo quark b (bottom) e o seu antiquark $\bar{b}$. Finalmente en 1994, tamén no laboratorio Fermi, descubríronse sucesos que non poderían interpretarse sen a existencia dun novo quark t (top) e o seu antiquark. Desta maneira temos tres xeracións de quarks:

$$\begin{array}{ccc} u & c & t \\ & , & , \\ d & s & b \end{array} \quad (7)$$

que agrupamos en tres dobretes. ¿Por que hai o mesmo número de xeracións de quarks có que viramos de leptóns? No cálculo da vida media de desintegracións de certas partículas aparecerían infinitos que só poden cancelarse se se cumpre unha relación entre as cargas dos leptóns e a dos quarks da xeración correspondente. Tamén xorde a pregunta: ¿por que só tres xeracións de pares de quarks e leptóns? Hai dúas evidencias experimentais⁽⁹⁾ de que non pode haber máis: nos experimentos do CERN mediuse a desintegración de Z^0 con gran precisión, estando en total acordo coa existencia de tres xeracións de leptóns. Por outra parte, a nucleosíntese do deuterio e do helio efectuada nas primeiras etapas do universo é moi sensible tamén ó número de xeracións de leptóns. A proporción actual dos citados elementos exclúe case definitivamente máis xeracións. Observemos que, unha vez máis, o máis pequeno do universo ten que ver co máis grande.

CONFINAMENTO DOS QUARKS

Os quarks existen dentro dos hadróns e mesmo así non se viron libres fóra das partículas. ¿Poderíamos obter quarks libres e polo tanto carga fraccionaria?, ¿como son as forzas entre os quarks dentro do hadrón?

Os quarks interaccionan intercambiando unhas partículas chamadas gluóns (*glue* en inglés significa pegamento). Os quarks mantéñense ligados no protón debido ós gluóns que se intercambian, que actúan como unha especie de pegamento. Os gluóns, a diferenza do que sucedía na interacción electromagnética cos fotóns, interaccionarán entre eles directamente, é dicir, péganse uns a outros. Os gluóns son os portadores da interacción forte e a teoría que os estudia chámase Cromodinámica cuántica⁽¹⁾.

Na figura 8 ilustrábase o fenómeno da polarización. Debido ó apantallamento de carga, se medímo-la carga neta en valor absoluto a unha distancia maior có tamaño da carga orixinal, atopámonos que esta é menor cá carga orixinal. Se diminuímo-la distancia, a carga aumenta. No caso da Cromodinámica cuántica, a constante que desempeña o papel da carga eléctrica é a carga de cor, pero neste caso, debido a que os gluóns interaccionan con eles mesmos, o apantallamento da carga de cor é completamente diferente. A carga de cor diminúe coa distancia. Por iso, a forza entre os quarks a moi pequenas distancias é nula, o que explica por qué

os quarks se comportan coma se estivesen libres dentro do protón. É a liberdade asintótica.

¿Que sucede a distancias máis grandes, cando intentamos separar un quark dos outros dous nun protón ou un quark dun antiquark nun mesón? Crese que en condicións normais é imposible obter quarks libres, aínda que no hai unha demostración rigorosa deste confinamento. O fenómeno do confinamento dos quarks dentro dos hadróns é moi similar ó que sucede nun material superconductor. Un superconductor ten a susceptibilidade magnética cero $\mu = 0$ e polo tanto as liñas do campo magnético externo H son rexeitadas e non penetran nel. A analoxía coa situación en Cromodinámica cuántica (QCD) realízase cambiando o campo magnético polo campo creado polas cargas de cor dos quarks dentro do hadrón, o material superconductor polo baleiro externo en QCD e o baleiro externo en QED ($\mu=1$) polo interior do hadrón (ver figura 10).

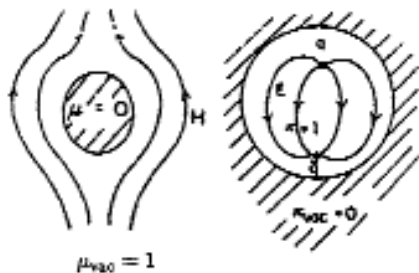


Figura 10. Material superconductor (diamagnetismo perfecto, $\mu=0$) versus o baleiro en cromodinámica cuántica (perfecto dialéctrico de cor $K=0$).

O interior e o exterior están intercambiados nos dous casos. Da mesma maneira que as liñas de H son rexeitadas, as liñas do campo debido ás cargas de cor son rexeitadas polo baleiro e polo tanto confinadas ó interior do hadrón. Así, os quarks non poden saír do hadrón.

LIBERACIÓN DOS QUARKS. SOPA DE QUARKS E GLUÓNS

O confinamento dos quarks podería deixar de cumprirse a altas temperaturas e presións. De feito, nunha etapa da evolución do universo, próxima á orixe, arredor de 10^{-5} seg., debeu de existir unha sopa de quarks e gluóns a moi altas temperaturas. Na busca da elementalidade foise do complexo ó simple; de macromoléculas pasamos a moléculas, átomos, núcleos, protóns e neutróns, quarks e gluóns. O proceso na historia do universo foi ó revés. Despois da etapa na que habería quarks e gluóns a moi altas temperaturas, empezáronse a condensar os quarks, ó se arrefría-la temperatura por efecto da expansión do universo, sufrindo unha transición de fase, formando os hadróns. Posteriormente, os protóns e neutróns empezarían a nucleosíntese formando núcleos atómicos (ata o ferro), seguindo o proceso en dereitura á complexidade.

¿Pódense obter en laboratorio quarks e gluóns libres⁽⁹⁾, verificando a transición de fase? Desde a década dos

oitenta, estanse facendo no Centro Europeo de Partículas (CERN) de Xenebra experimentos consistentes en colisións de núcleos pesados a moi alta enerxía, contra núcleos pesados para intentar obter quarks e gluóns libres. A idea subxacente é a seguinte: moitas das colisións prodúcense entre os protóns e neutróns dun núcleo e os doutro núcleo. En cada colisión individual, dada a alta enerxía do choque, poderíanse producir moitas partículas e, por mor da colisión resultarían tamén miles delas. Sen embargo, cada partícula ocupa un determinado volume e, ó seren moitas, o volume dispoñible ó colisionar os dous núcleos, ó menos durante un certo tempo da orde de 1-2 segundos, é moito menor có volume necesario para producir tal cantidade de partículas. Durante un certo tempo só terémolos constituíntes das partículas, os quarks e gluóns nun volume de arredor de $\pi R^2 v \tau$, sendo V a velocidade do choque e $\tau \sim 1-2$ seg. Despois ese volume aumentará, diminuírá a súa temperatura e os quarks e gluóns formarán os hadróns observados. O feito de se produciren ou non como etapa intermedia os quarks e gluóns ten diversas consecuencias que poden verificarse experimentalmente.

Actualmente hai unha certa polémica sobre se se obtivo ou non a sopa de quarks e gluóns, sobre todo en colisións centrais Pb-Pb. En calquera caso, os experimentos do novo acelerador de Brookhaven (EUA), do

que se esperan os primeiros datos para este mesmo ano, e os do futuro gran colisionador de hadróns (LHC) do CERN, dilucidarán a cuestión e permitirannos coñecer cómo foi aquela transición de fase próxima á orixe do universo e cómo son as forzas responsables do confinamento dos quarks.

SIMETRÍAS NAS PARTÍCULAS ELEMENTAIS

O concepto de simetría é tan vello coma a civilización. Cómo naceu é un misterio que se cadra permaneza para sempre. Sen embargo o home sempre se sentiu profundamente impresionado polas estruturas simétricas do mundo físico e biolóxico. Na medida en que a civilización humana se desenvolve, a simetría penetra en tódalas disciplinas da actividade humana: pintura, literatura, arquitectura, escultura, música. O «Crab Canon» de J. S. Bach é un dueto de violíns no que a música dun é o resultado de aplica-la moviola á música do outro; a música dun é o resultado de lle aplica-la inversión temporal ó outro⁽⁹⁾.

O concepto de simetría tal como o usamos no exemplo musical, é dicir, transformación baixo a cal o sistema obtido coincide co orixinal, tivo a súa materialización matemática no século XIX, primeiro con Galois (1811-1832), e logo con Sophus Lie (1842-1899) que crearon o concepto de grupo e a teoría de grupos continuos (grupos de Lie) respectivamente. Sen embargo, o papel

importantísimo da simetría en Física non é coñecido ata este século e xustamente son a Teoría da Relatividade e a Mecánica cuántica as dúas teorías que revolucionan a Física, as que determinaron o papel decisivo das simetrías. Na primeira establécese que as leis da Física son invariantes fronte ás transformacións de Lorentz, e despois do establecemento da Mecánica cuántica quedou claro que as leis de conservación son unha consecuencia dunha simetría (esta relación poderíase ter establecido na Mecánica clásica).

No dominio das partículas elementais xa apuntámo-lo papel da simetría na introducción dos quarks. As interaccións débiles posúen unha determinada simetría de gauge e as interaccións fortes outra. É a simetría a que establece e determina a interacción.

Respecto ás simetrías discretas, críase que tódalas interaccións eran invariantes fronte á paridade P , intercambio da esquerda e a dereita, a C conxugación de carga cambio de signo das cargas ($Q, Y, T, S...$) e da inversión temporal. Esta crenza viuse incrementada coa demostración por Pauli e Lüders, independentemente en 1955, de que o produto das tres debía ser invariante para calquera interacción. Emporiso, T. D. Lee e C. N. Yang (p. N. 1957) propuxeron en 1956 que a paridade era violada nas interaccións débiles, indicando un experimento de desintegración β de núcleos no que se podería verifica-la súa proposta. O experimento foi realizado por Madame



C. N. Yang, premio Nobel de Física en 1957, nunha das súas visitas a Santiago de Compostela.

Wu un ano despois e confirmou a violación. Pauli non creu moito na proposta de Lee e Yang e dedicouse a poñer papeliños no despacho de Madame Wu dicindo que o experimento daría un resultado negativo.

O produto de CP tampouco é conservado polas interaccións débiles como demostraron experimentalmente en 1964 J. Cronin, V. Fitch (p. N. 1980) e colaboradores, estudiando as desintegracións do mesón K^0 e a súa antipartícula $\bar{K}^0$ en 2 e 3 pións. A violación de CP supón unha evidencia indirecta da violación da inversión temporal. A violación de CP é un dos requisitos necesarios para explicar por qué o universo no que vivimos está composto de materia e non de antimateria (materia formada por estados ligados de positróns con antinúcleos, é dicir, núcleos formados por antiprotóns e antineutróns). De acordo coa proposta de Andrei Sakharov (p. N. da Paz), ademais disto necesítase que o protón sexa inestable, aínda que a súa vida media sexa extremadamente grande como predín algunhas teorías de unificación de tódalas interaccións e que o universo tivese unha etapa inicial de rapidísima expansión.

PROBLEMAS NON RESOLTOS E PERSPECTIVAS

Anteriormente xa mencionamos unha das principais incógnitas: o confinamiento dos quarks.

Unha segunda incógnita fundamental é o problema das masas, é dicir, cómo adquiren as partículas as súas masas e en concreto os quarks e as partículas de gauge, como $W^\pm$, Z^0 . O problema das masas das partículas gauge púxose de relevo desde o comezo da súa formulación. Nun seminario, en Princeton en 1955, sobre as teorías de

Yang-Mills, Yang foi requirido varias veces por Pauli sobre o dito problema; o seminario interrompeuse e só proseguíu debido á insistencia do anfitrión Oppenheimer. Sería quince anos despois cando Higgs e, independentemente, Brout e Engels, propuxeron o mecanismo de 'rotura espontánea da simetría', introducindo a(s) partícula(s) de spin cero, chamada de Higgs, e o campo asociado a ela. A busca do Higgs é un dos principais obxectivos e desafíos que ten a Física de partículas elementais e unha das razóns polas que Europa, coa colaboración dos Estados Unidos e Xapón, aprobou adapta-lo acelerador de 27 quilómetros de perímetro, actual LEP (gran colisionador electrón-positrón) para que se puidesen acelerar hadróns, transformándose no LHC (gran colisionador de hadróns) que colisionará hadróns cunha enerxía ata 7.10^{12} ev contra hadróns coa mesma enerxía. 'Cazar' o Higgs ou demostrala súa non existencia pode ensinar-nos a comprender qué é a masa. Macroscopicamente, Newton estableceu qué é a resistencia (inercia) que teñen os corpos ó cambio de movemento. ¿Como se xera esta resistencia microscopicamente? Un ministro de investigación do Reino Unido ofreceu hai uns anos unha botella de champaña decente a quen, nunha páxina, lle explicara qué é a partícula Higgs e por qué se quere atopar, mesmo gastando gran cantidade de diñeiro dado que se tiña que construí-lo LHC. A explicación tiña de ser comprensible para un avogado como era el. Un dos gañadores da oferta, D. Miller, deu a seguinte expli-

cación de cómo a partícula Higgs actúa para que as partículas teñan masa e cómo o mesmo adquire masa: consideremos un cóctel ofrecido a unha colectividade, por exemplo, membros do partido conservador. O salón está cheo, coas persoas uniformemente repartidas. En cada sitio hai alguén. O campo asociado á partícula Higgs ten un valor no espazo. Neste caso é constante, é o mesmo xa sexa nun lugar ou noutro, posto que hai o mesmo número de xente en calquera lugar. De repente entra Margaret Thatcher. A medida que ela vai pasando polo salón, os admiradores forman unha aglomeración local arredor dela. Esta aglomeración aumenta a inercia a deixar de moverse. Ela non pode pasar porque hai moitos que van detrás. Noutras palabras, ela adquire masa. Igualmente se houberse un rumor entre os asistentes, sen necesidade de que estivese Margaret Thatcher, provocaríanse aglomeracións provocando resistencia a que deixase de propagarse o rumor. O mesmo campo asociado á partícula de Higgs adquire masa.

Mediante esta analoxía simple descríbense dúas das ideas fundamentais: as partículas teñen diferente masa porque interaccionan de forma distinta co campo asociado á partícula de Higgs que impregna todo o espazo. A maior interacción, maior masa. A segunda idea fundamental é a rotura espontánea da simetría. Ó principio hai a mesma densidade de persoas en calquera sitio do salón. É unha simetría perfecta. Despois, aparecen as aglome-

racións, rompe a simetría. Esa rotura dá lugar a que as partículas adquiren diferente masa. A diferenciación non se pode dar doutra maneira que rompendo a simetría. Unha partícula só pode ser ela mesma e diferente das outras, porque hai unha rotura da perfección, da orde da simetría.

Un terceiro problema na Física de Partículas é o descoñecemento teórico que se ten sobre toda unha serie de constantes e parámetros, como a velocidade da luz c , a constante de Planck h , a constante de gravitación universal G , a carga do electrón e , etc. Incluso en teorías ambiciosas, como a que unifica as interaccións electromagnéticas e débiles, aparecen constantes non establecidas teoricamente e o seu valor só é determinado experimentalmente. Tense especulado que o valor desas constantes é ese e non outro porque se non non podería haber vida intelixente na Terra. É o famoso principio antrópico. Non imos entrar a discutir aquí ese principio. Máis ambiciosa fisicamente é a busca dunha teoría que unifique tódalas interaccións, a electromagnética-débil, a forte e a gravitatoria, na que queden determinadas tódalas constantes e parámetros dentro da mesma teoría. Sería unha teoría do todo. Hoxe en día, unha esperanza desa teoría constitúena as Teorías de supercordas, que poden englobala chamada supersimetría, simetría na que clasifican no mesmo grupo fermións e bosóns.

Non cabe dúbida de que estes tres problemas fundamentais farán que a busca da elementalidade sexa no sécu-

lo XXI tan apaixonante como o foi no século XX e que estea chea de insospeitadas sorpresas como sucedeu neste último.

Algún lector podería estar pensando: ¿para que serve todo isto? É a pregunta que fixo o ministro de Facenda británico e ilustre economista Gladstone ó físico Michael Faraday no século XIX. A resposta foi: “Non o sei, pero seguro que os seus sucesores cobrarán impostos por iso”. Efectivamente, Faraday acababa de descubri-la inducción electromagnética, clave para o funcionamento dos motores eléctricos, entre outras cosas.

Igualmente, no noso caso o fundamental foi o impresionante avance no coñecemento do máis pequeno. Indirectamente tamén foi a orixe de importantísimos instrumentos aplicados a moi diversos campos. A busca do elemental deu lugar historicamente a múltiples aplicacións. A xeito de exemplo citémo-lo descubrimento dos raios X, o escáner, a resonancia magnética nuclear, o squid (dispositivo superconductor de interferencia cuántica), a tecnoloxía de baleiro, as melloras no tratamento de datos, a arquitectura de ordenadores, a rede www, a electrónica de alta velocidade e un longo etcétera que sen ningunha dúbida reverteu en beneficio da Humanidade. Sendo todo isto importante, no é comparable co feito de que a Humanidade continúe buscando alén, no máis pequeno e no máis grande, seguindo o impulso inicial que lle permitiu saír dos bosques tropicais e propagarse pola Terra toda.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) Close, F., *La cebolla cósmica*, Barcelona, Edit. Crítica, 1988.
- (2) Braun, M., “As partículas elementais e as súas interaccións”, *Revista Galega do Ensino*, 25, 1999, 29-44.
- (3) Pajares C., “Os raios cósmicos”, *Revista Galega do Ensino*, 27, 2000, 73-85.
- (4) Zas, E., *Revista Española de Física* 10, 2, 1996, 4-10.
- (5) Cronin, J., T. K. Gaisser e S. P. Sworady, *Investigación y Ciencia*, marzo 1997.
- (6) Tagle, J. A., *La fusión nuclear*, Madrid, Edit. Debate, 1995.
- (7) *Twentieth Century Physics*, Vol. I, II, III, Inst. Of Physics Publishing and American Institute of Physics Press, Bristol e Nova York, 1995.
- (8) Pajares, C., “¿De que están feitas as cousas? As partículas elementais”, *Revista Galega do Ensino*, 16, maio 1997, 31-48.
- (9) Steinberger, J., C. N. Yang, A. Capella, D. Fernández de Labastida e M. Báez, en *Estructuras del Universo*, Edit. Univ. Santiago de Compostela, 1994.
- (10) Pajares, C., *De lo más pequeño a lo más grande del Universo*, Santiago de Compostela, Ed. Compostela, 1996.

ASTROFÍSICA E COSMOLOXÍA

*José M. Fernández de Labastida y del Olmo**
Universidade de Santiago
de Compostela

Nun balance de fin de século como o que se presenta neste artigo é natural comezar preguntándose cales eran os coñecementos que se tiñan sobre o universo hai cen anos. A realidade é que daquela eran ben escasos comparados cos que manexamos hoxe en día. Nesa época a penas dispoñíamos dun coñecemento rudimentario da nosa galaxia e aínda non se sabía a resposta a preguntas tan básicas como, por exemplo, por qué as estrelas brillan. O coñecemento do universo era moi limitado: non existían nin as ferramentas para observalo nin a Física na que interpreta-las observacións. O século que agora dá cabo caracterizouse polo descubrimento de novas clases de obxectos a medida que os instrumentos para observa-lo universo foron evolucionando. Paralelamente, foron descubríndose os fundamentos da Física, o que permitiu o espectacular desenvolvemento da Astrofísica. Non esquezamos que o obxectivo desta disciplina é interpreta-las observacións astronómicas dos obxectos que poboan

o universo, como as estrelas e as galaxias, en termos de modelos físicos.

A CosmoloXía persegue os mesmos fins que a Astrofísica pero tratando o universo dunha forma unificada, como un todo. Ámbalas dúas forman parte da Astronomía, que se define como a ciencia que estudia a orixe, a evolución, a composición, a distribución e o movemento da materia maila radiación presente no universo. No século que agora termina experimentámo-la chamada terceira idade da CosmoloXía, froito do descubrimento da Teoría Xeral da Relatividade por Albert Einstein. Fican moi atrás a visión xeocéntrica do universo da primeira idade, culminada por Ptolomeo no século II, e a visión heliocéntrica de Copérnico no século XVI. Hoxe sabemos que vivimos nun universo que evoluciona arreo e que contén miles de millóns de galaxias dentro da esfera que somos quen de observar. Ademais, dispoñemos dun modelo, o do *big bang*, o da grande explosión, baseado non só na Teoría da Relatividade Xeral que

* Catedrático de Física Teórica.

describe a interacción gravitatoria, señón tamén nas teorías físicas correspondentes ó resto das interaccións fundamentais. Este modelo proporciona unha explicación cualitativa e cuantitativa da evolución do universo desde unha fracción de segundo despois do seu nacemento ata o presente, uns catorce mil millóns de anos máis tarde. Todo este progreso no noso coñecemento era impensable hai cen anos.

Neste artigo presentárase primeiramente un balance dos principais avances na Astrofísica; describirémos-las propiedades físicas da materia e a radiación que poboan o noso universo. A continuación, equipados con ese coñecemento, estudarase o modelo cosmolóxico estándar, o modelo do *big bang*, revisando os seus fundamentos e limitacións. Para finalizar, analizaranse algunhas das preguntas clave que deberán ser afrontadas no século que agora comeza.

1. OS INSTRUMENTOS

A Astrofísica diferénciase das demais ciencias experimentais en que nela non se poden preparar, modificar ou controla-los obxectos que estudia. Debido a isto depende profundamente do grao de desenvolvemento dos seus instrumentos de observación para medir aspectos dos sinais que nos chegan do espacio exterior. Estes sinais están constituídos fundamentalmente por radiación electromagnética. Só en contadas ocasións puidemos estudar

corpos extraterrestres nos nosos laboratorios; é o caso das rochas lunares e dos meteoritos ou rochas provenientes doutras zonas do sistema solar que caen na Terra. Nas últimas décadas tamén se estudia-ron sinais vidos do exterior, constituídos por neutrinos e por raios cósmicos, termo utilizado para as partículas de moi alta enerxía que teñen a súa orixe alén do sistema solar. Sen embargo, ata o momento, non é moita a información extraída do seu estudo. O noso coñecemento do universo débese fundamentalmente ás observacións baseadas na radiación electromagnética.

A radiación electromagnética procedente de fóra do noso planeta chéganos nun rango de enerxías que cobre gran parte do espectro electromagnético, desde ondas de radio con lonxitudes de onda de metros ata raios gamma con lonxitudes de onda de billonésimas de metro. A luz visible corresponde a unha pequena franxa deste amplo espectro que abrangue doce ordes de magnitude. Ata os anos trinta as nosas observacións eran puramente ópticas e polo tanto só se coñecían obxectos que emitían luz visible, como as estrelas, e obxectos sobre os que a luz visible se reflectía, como os planetas e os satélites. Nas últimas décadas o uso de novos instrumentos capaces de medir radiación electromagnética proveniente do espacio exterior noutras zonas do espectro permitiu mellorar de forma espectacular o noso coñecemento do universo.

A lonxitude de onda da radiación emitida por un corpo está relacionada coa súa temperatura. Os obxectos temperados emiten radiación infravermella (lonxitudes de onda de dez milésimas de metro) e os máis quentes, radiación de alta enerxía en forma de raios X o raios gamma. Un mesmo obxecto presenta un aspecto moi diferente dependendo da zona do espectro electromagnético no que se estea observando. Por exemplo, no rango do espectro visible, unha das maiores estruturas observadas no universo, un cúmulo de galaxias, aparece como un conxunto de miles de millóns de estrelas brillantes, cunha temperatura de aproximadamente 10.000 graos. Sen embargo, se esa estrutura é observada no rango do espectro correspondente ós raios X, o que se observa é un plasma intergaláctico a moi altas temperaturas: 10 millóns de graos. Por outra parte, se a observación se fai no infravermello, atópase po tépedo intergaláctico a temperaturas duns centos de graos. A información obtida nos distintos rangos constitúe un importante ingrediente para entender os fenómenos que teñen lugar nos variados obxectos que poboan o noso universo.

A Astrofísica necesita medi-la posición, a intensidade, a lonxitude de onda, a polarización e a variación no tempo dos sinais que nos chegan. Para iso utiliza unha variedade de instrumentos que se centran fundamentalmente en detectar os sinais de natureza electromagnética. Sen embargo, debido á presenza da atmosfera terres-

tre, só parte destes sinais chega á superficie da Terra. A maior parte do espectro electromagnético da radiación proveniente do espazo exterior non pode observarse desde a superficie terrestre debido a que a atmosfera é opaca ou moi pouco transparente fóra das rexións do espectro visible e de parte do de ondas de radio. A necesidade de obter información no rango máis amplo posible do espectro obrigou a colocar algúns destes instrumentos en órbita arredor da Terra.

Os instrumentos que se deseñan para formar imaxes de obxectos moi distantes denomínanse telescopios. Os primeiros foron os de tipo óptico, que proporcionan imaxes no rango do espectro visible. Nesta categoría están desde os sinxelos telescopios deseñados por Galileo no século XVII ata o moderno telescopio espacial Hubble. Os telescopios para formar imaxes no rango das ondas de radio, os radiotelescopios, comezaron a construírse nos anos trinta. Hoxe dispomos de avanzados radiotelescopios como o de Arecibo en Porto Rico e o Very Large Array (VLA) en Novo México. Existen tamén telescopios infravermellos, en xeral situados a grandes alturas para evitar que non todo o sinal infravermello chegado do exterior sexa absorbido pola atmosfera. Para explorar outras zonas do espectro electromagnético deseñáronse distintos tipos de telescopios que se colocaron en globos, naves espaciais e satélites artificiais. Gracias a eles dispoñemos na actualidade de

información no rango do ultravioleta, os raios X e os raios gamma.

O problema máis importante co que se enfrontan os telescopios é que a cantidade de enerxía que nos chega dunha determinada fonte é moi pequena. Por exemplo, a enerxía que recibimos dalgunha das estrelas máis brillantes durante os últimos mil anos é aproximadamente a mesma que se necesita para levantar este volume uns centímetros. Por iso os instrumentos de detección deben deseñarse de xeito que sexan sensibles ós sinais máis minúsculos. Os constituíntes elementais da radiación electromagnética son os fotóns. Moitos dos obxectos do noso universo producen emisións que supoñen a recepción duns poucos fotóns. Actualmente os telescopios contan con sistemas electrónicos que permiten grava-lo impacto de case tódolos fotóns que lles chegan. Isto, máis a colocación de telescopios no espazo exterior, resolveu en gran medida o problema relacionado coas baixas intensidades dos sinais que impactan nos nosos instrumentos de medida.

A interacción electromagnética recollida nun telescopio xera unha serie de datos que son recompilados en forma de espectro. Un espectro é unha gráfica na que se debuxa a intensidade do sinal recibido en relación coa súa lonxitude de onda nun determinado rango, que depende do tipo de telescopio. Nos telescopios ópticos, este rango é o do espectro visible e tipicamente as gráficas resultantes presentan as chamadas liñas espectrais. A presenza

destas liñas débese a que os átomos sofren transicións de enerxía que xeran a emisión e absorción de fotóns a lonxitudes de onda concretas. A cada átomo pode asociarse un conxunto de liñas espectrais que o identifica. Por iso, a partir das gráficas xeradas por un telescopio óptico, podemos coñecer-la natureza da fonte que orixinou o sinal recibido. Por exemplo, gracias a estes estudos, sábese que as estrelas conteñen abundantes cantidades de hidróxeno e helio. Os sinais recibidos constitúen unha firma do estado dun obxecto pois non só permiten obter información sobre os seus constituíntes, senón tamén sobre a súa distribución a partir das intensidades correspondentes a cada liña espectral. Calquera modelo que se formule dun obxecto debe conducir a un espectro de liñas espectrais como os observados. Na actualidade dispoñemos de modelos que fan predicións acordes coas observacións.

2. OS OBXECTOS

A Astrofísica non se limita a realizar unha descrición do observado; trata de entender-lo observado de maneira que usando as leis da Física é posible inferir de qué están feitos os obxectos e cómo evolucionan co transcurso do tempo. Isto faino propoñendo modelos que a miúdo conducen á realización de novas observacións para confirmalos. Se retomámo-lo exemplo do cúmulo de galaxias discutido anteriormente, as medidas realizadas indican que as galaxias se moven a altas

velocidades. Un modelo que describa a evolución do cúmulo deberá explicar se a forza gravitatoria entre galaxias é suficiente para mantelas xuntas, mesmo movéndose a velocidades tan extremas. Ata hoxe non se coñece ningún modelo satisfactorio para explicar este fenómeno, a non ser que á parte das galaxias se introduza no sistema unha enorme cantidade de materia adicional. Esta materia, comunmente chamada materia escura, ha supoñe-lo 90 % da materia do cúmulo para dispoñer dun modelo consistente. Nas zonas do espectro electromagnético observadas non hai rastro desta materia escura. Trátase dun dos problemas abertos máis interesantes da Astrofísica. A solución pode ser simplemente que existan obxectos similares ós planetas vagando entre as galaxias en enormes cantidades, ou, pola contra, que descoñezámola existencia de novos tipos de materia presentes no noso universo. As especulacións relativas a esta segunda posibilidade teñen sido numerosas nas últimas décadas.

Os obxectos que compoñen o universo son variados en formas e tamaños. Sen embargo, todos, desde os máis pequenos ós máis grandes, están fortemente dominados pola forza da gravidade. Na evolución destes obxectos a gravidade ten un papel fundamental impondo unha tendencia universal que o obriga a facerse cada vez máis pequeno. A súa vida consiste basicamente nunha continua loita por vencer esta tendencia, a miúdo usando as outras interaccións fundamentais. Se

nalgún momento da vida dun obxecto esa tendencia universal debida á gravidade non pode resistirse, este colapso indefinidamente e convértese nun burato negro. Un obxecto desta natureza fórmase cando se fai tan pequeno en relación á súa masa que a gravidade no interior dunha esfera centrada nel é tan grande que nada pode escapar, nin sequera a luz.

A forma en que os distintos obxectos do universo vencen a tendencia universal ó colapso propiciada pola gravidade é variada. A forza debida á gravidade nun obxecto é tanto máis grande canto maior é a masa do obxecto. Diferentes tipos de forzas de presión contrarrestan nos planetas e nas estrelas a forza gravitatoria orixinando ciclos evolutivos. Estes comprenden desde a vida tranquila dos planetas inactivos ata as violentas conductas das estrelas moi masivas. No caso dos cúmulos de galaxias, a forma en que se compensa a tendencia universal da gravidade é diferente. Aquí os constituíntes interaccionan só gravitatoriamente e o xeito de evita-lo colapso débese a que estes están en órbita.

O SISTEMA SOLAR

Despois destas consideracións xerais sobre os obxectos que poboan o universo, principiámo-la súa descrición. Por volta do noso planeta encontrámonos co sistema solar. Este consta dunha estrela, o Sol, os planetas e outros obxectos como satélites, asteroides e cometas. Entre os planetas, habitamos un con características moi espe-

ciais que permitiron a existencia da vida.

Coma no caso de calquera outro obxecto do universo, a evolución dun planeta está dominada fundamentalmente pola gravidade. Os planetas son corpos pequenos abondo como para que a forza da gravidade que tende a comprimilos sexa tan feble que non se poida producir no seu interior a fusión nuclear do hidróxeno en helio, fenómeno omnipresente na maior parte da vida dunha estrela. Igual có resto dos obxectos do universo, os planetas formáronse por acrecencia e a súa evolución depende fundamentalmente do seu tamaño. Os planetas pequenos como Mercurio ou Plutón son corpos que levan inactivos moito tempo. Debido á súa masa tan pequena, a enerxía térmica producida despois do colapso gravitacional que orixinou a súa formación foi moi pequena. Por outra parte, a súa capa rochosa externa é tan fina que a pouca enerxía térmica que houbo xacando foi expulsada axiña. En xeral, as superficies destes planetas, unha vez formadas, permanecen inalteradas para sempre agás cando algún obxecto colisiona con eles.

Amais dos planetas pequenos, satélites como a Lúa, e asteroides como os que poboan o cinto existente entre Marte e Xúpiter, levaron unha vida igualmente monótona. As condicións que agora existen nestes obxectos son practicamente as mesmas cás presentes na súa formación hai 4500 millóns de anos. Constitúen polo tanto un interesante conxunto de fósiles cósmicos.

Existen outros obxectos pequenos no noso sistema solar que, a pesar de selo, tiveron unha evolución menos monótona cós que acabamos de describir. Cando un corpo pequeno se atopa preto doutro meirande, a forza gravitatoria exercida polo grande sobre o pequeno produce neste unha serie de deformacións, de natureza similar ás mareas, que determinan totalmente a súa evolución. Os cometas son corpos que sofren este fenómeno. Estes obxectos son pequenos anacos de xeo (duns dez quilómetros de lonxitude) que ó achegárense ó Sol segregan po e gas. Outro exemplo de corpos sometidos a un fenómeno similar son os aneis dos planetas de gran tamaño, como Xúpiter e Saturno. A enorme masa destes planetas orixina deformacións nos satélites que a rodean producindo a súa destrución. O resultado é a formación dunha gran cantidade de pequenos corpos que están en órbitas arredor dos planetas e que vistos desde lonxe semellan formar un anel.

Os planetas de tamaño medio como Marte, Venus ou a Terra teñen unha capa externa o suficientemente mesta como para que a enerxía térmica interna sexa expedita lentamente, durante unha gran fracción do tempo transcorrido desde a súa formación. A calor que flúe desde o interior produce fenómenos como os volcáns, os movementos tectónicos e a exacción de gases que xeran atmosferas.

Os outros catro planetas do noso sistema solar, os de gran tamaño, Xúpiter, Saturno, Urano e Neptuno,

presentan propiedades moi distintas ás dos anteriores. Son fundamentalmente gasosos, formados por hidróxeno e helio, cunha composición máis parecida á do Sol ca á da Terra. Todos eles teñen un núcleo rochoso. O seu aspecto exterior é moi cambiante e é nestes planetas onde se producen os fenómenos máis virulentos do noso sistema solar, tirante o Sol.

De tódolos obxectos do noso sistema solar, o Sol ten un papel crucial. É o obxecto máis masivo (máis de 300.000 veces a masa da Terra ou unhas 1000 veces a de Xúpiter), arredor do cal están en órbita os planetas. Trátase dunha estrela de tamaño medio da que temos moita información debido á súa proximidade. As súas características son comúns ás dos obxectos que a continuación se describen.

AS ESTRELAS

O interior dun obxecto cunha masa superior ó oito por cento da do Sol (unhas oitenta veces a masa de Xúpiter) quece tanto que se producen procesos de fusión nuclear no seu interior durante un longo período de tempo. Os obxectos que experimentan este fenómeno denomínanse estrelas. Ó contrario cós planetas, que só reflicten parte da luz que reciben, as estrelas, froito do proceso de fusión nuclear presente no seu interior, emiten luz propia e brillan. Como ocorre en xeral con tódolos obxectos que poboan o universo, nunha estrela compiten dúas forzas, a da gravidade e a nuclear. Esta última xera unha presión interna que contra-

resta o colapso gravitatorio. Tal proceso permanece en equilibrio durante un longo período de tempo, miles de millóns de anos, emitindo pola súa vez enerxía ó espazo interestelar. Esa enerxía é a que observamos en forma de radiación electromagnética e, no caso do Sol, é a responsable da nosa existencia. Na vida dunha estrela chega un momento en que as fontes xeradoras dos procesos de fusión no seu interior se esgotan e a forza gravitatoria vence e produce o seu colapso. Se a masa final da estrela é pequena, esta termina sendo unha anana branca ou unha estrela de neutróns. Se, pola contra, a masa é moi grande, a estrela sofre colapsos indefinidamente ata se converter nun burato negro.

Incluso cando son observadas cos telescopios máis potentes, as estrelas aparecen ante nós coma puntos de luz; mesmo así é posible obter bastante información sobre elas. Unha das propiedades de uso máis común é o brillo. Tomándoo como referencia xerouse a noción de magnitude dunha estrela: as estrelas máis brillantes son as de primeira magnitude. A noción clásica de magnitude foi evolucionando, e hoxe en día responde a unha cantidade definida con precisión en termos do fluxo de enerxía nun determinado rango de frecuencias proveniente da estrela que atravesa a superficie dun telescopio.

Outras propiedades importantes das estrelas son a distancia á que se atopan da Terra, a temperatura, a luminosidade, a masa e o radio. Para as estrelas máis próximas, a distancia mídese

por triangulación, usando o diámetro da órbita terrestre como lonxitude básica e medindo o desprazamento da posición dunha estrela cando se observa desde dous puntos opostos da órbita. A distancia a estrelas máis afastadas obtense a partir das estrelas chamadas Cefeidas. Para describir cómo se mide a partir delas é preciso falar primeiro doutras propiedades como a temperatura e a luminosidade das estrelas.

A temperatura dunha estrela obtense a partir de medidas do seu espectro e da súa cor, axustándoas a modelos que describen o estado das estrelas. A temperatura utilízase para clasificar as estrelas nunha secuencia espectral; cada clase denótase por letras concretas do alfabeto. Percorrendo o espectro desde as máis quentes ás máis frías estas son: O, B, A, F, G, K e M. Ás veces estas letras veñen precedidas doutras cando se trata dunha clasificación dentro dun determinado tipo de estrelas; por exemplo, se se trata de ananas brancas, cada letra viría precedida dun D. Tamén se utilizan subíndices numéricos para subdividilas clases: os menores corresponden ás maiores temperaturas.

As propiedades máis significativas na vida dunha estrela son a masa, a luminosidade e o radio. A masa é difícil de medir; só en situacións nas que unha estrela está en órbita arrededor doutra é posible determinar a súa masa utilizando a terceira lei de Kepler. Esta lei relaciona o período e o radio da órbita coa masa do sistema. A luminosidade é a potencia de emisión total da

estrela e determínase a partir do fluxo de enerxía que esta emite e da distancia; se f é o fluxo e d a distancia, a luminosidade L toma a forma: $L = 4\pi d^2 f$. Finalmente, o radio mídese a partir da temperatura e a luminosidade, usando a relación termodinámica que relaciona a emisividade e dun corpo negro coa súa temperatura T , $e = \sigma T^4$, onde σ é a constante de Stefan-Boltzman. Tendo en conta que a luminosidade é e multiplicado pola área da superficie da estrela, $4\pi R^2$, sendo R o seu radio, obtense para o cadrado deste, $R^2 = L / 4\pi \sigma T^4$.

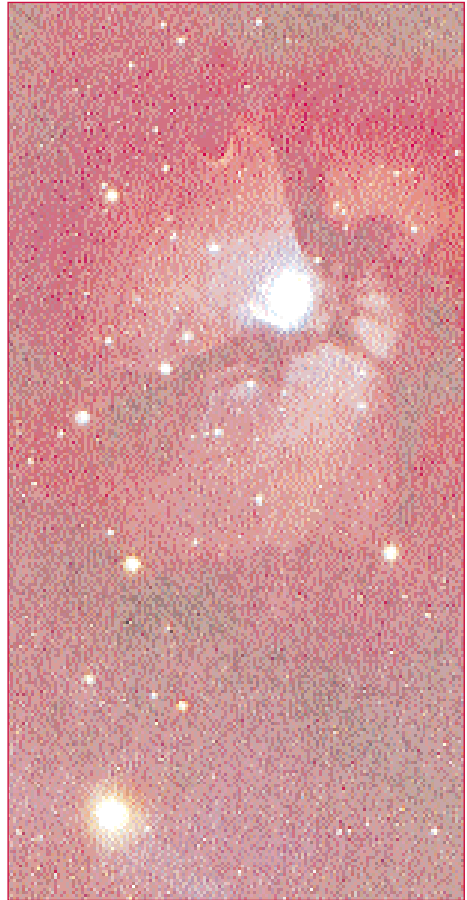
As medidas que normalmente se efectúan dunha estrela son o fluxo, a distancia e a temperatura; a partir delas obtense —mediante as relacións anteriores— a luminosidade e o radio. Sen embargo, en moitas ocasións hai que proceder de forma diferente. Por exemplo, o procedemento baseado na triangulación para medir distancias só é factible para estrelas próximas. A distancia a estrelas máis afastadas obtense partindo da medida do fluxo f . O procedemento neste caso consiste en localizar unha estrela Cefeida na zona onde se quere medi-la distancia. Estas estrelas son variables e o seu comportamento axústase a unha relación sinxela entre o seu período de variación e a súa luminosidade; medindo este período obtense a luminosidade que permite deduci-la distancia a partir da medida do fluxo e a relación considerada no parágrafo anterior, $L = 4\pi d^2 f$. Unha Cefeida é unha útil vara de medir para determinar distancias no universo.

Para obter a distancia á que está unha galaxia remota basta atopar nela unha Cefeida e medir o seu período e brillo.

Unha vez descritas as propiedades básicas que observamos das estrelas, estamos en condicións de analizar a súa evolución. As estrelas fórmanse cando as nubes de gases interestelares resultan inestables e sofren un colapso gravitacional. Os detalles do proceso que orixina o nacemento dunha estrela non se coñecen ben porque teñen lugar no interior dunha nube de gas que non emite luz. A información de que dispoñemos conseguiuase basicamente a partir da radioastronomía. Téñense formulado varios mecanismos para explicar cal é a orixe da inestabilidade que causa o colapso gravitacional. Unha das propostas sostén que as inestabilidades se deben ás ondas de choque que produce unha supernova achegada ao medio interestelar. As supernovas son estrelas próximas ó seu estadio final que sofren unha enorme explosión cando empeza a extinguirse o proceso interno de fusión.

O modelo máis asentado da formación do sistema solar baséase no colapso dunha nube de gas que andaba rotando, de xeito que parte dela non se incorporou ó Sol senón que formou un disco ó seu redor. O material deste disco condensouse en materia sólida. Estes sólidos colisionaron entre eles debido á forza da gravidade, e froito dunha continua acrecencia formáronse os planetas e os satélites. Os planetas no interior do sistema solar están for-

mados fundamentalmente de material rochoso debido a que a parte interior do disco era a que estaba máis quente.



As estrelas fórmanse cando inmensas nubes de gas colapsan baixo a súa propia gravidade.

Unha vez que unha estrela completou a fase de colapso gravitacional e o seu interior quece ata unha temperatura superior ós catro millóns de graos,

as reaccións de fusión comezan. Estas forman unha cadea na que catro protóns forman un núcleo de helio emitindo dúas partículas cargadas positivamente: dous positróns. A cadea de reaccións é exotérmica, e proporciona a calor suficiente como para manter unha estrela como o Sol no seu estado actual durante uns 10.000 millóns de anos. As estrelas máis masivas queiman o seu combustible nuclear moito máis de prása e teñen unha vida máis curta. O desenvolvemento da Física nuclear permitiu construír modelos que describen o proceso que se produce no interior da estrela e cómo parte da súa enerxía é transferida ó espacio exterior. Estes modelos predín a temperatura, a luminosidade e o tamaño para unha estrela dunha determinada masa. Os resultados teóricos concordan de forma moi satisfactoria coas observacións.

A fase da vida dunha estrela na que queima de forma regular o seu combustible nuclear é coñecida como a fase da secuencia principal. A orixe desta denominación radica na situación que as estrelas ocupan durante esta fase no diagrama de Hertzsprung-Russell. Neste diagrama a ordenada é a luminosidade, que medra cara a arriba; a abscisa é a temperatura, que decrece cara á dereita. As estrelas que se atopan na fase mencionada distribúense ó longo dunha franxa característica coñecida como a secuencia principal. Cando unha estrela comeza a ter unha idade avanzada abandona esta franxa e

sitúase noutras zonas características do diagrama.

AS XIGANTES VERMELLAS

A maioría das estrelas do universo teñen aproximadamente o mesmo radio. Este obtense a partir da lei de radiación do corpo negro, como xa indicamos, unha vez medidas a luminosidade e maila temperatura. En xeral, as estrelas máis luminosas son as de máis alta temperatura. Existen sen embargo excepcións a esta regra; de feito, algunhas poden observarse a simple vista. Varias das estrelas máis brillantes do ceo nocturno son claramente vermellas e moi luminosas. A cor avermellada implica baixa temperatura e, polo tanto, de acordo coa regra xeral, deberían ser pouco luminosas. Este comportamento distinto débese a que se trata de estrelas en idade avanzada que xa abandonaron a secuencia principal. Os seus radios son da orde de varios centos de veces o radio do Sol. Por esta característica, e pola súa cor, estas estrelas denomínanse xigantes vermellas. O seu tamaño é tan grande que se o centro dunha delas estivese localizado no centro do Sol, a Terra estaría no seu interior.

Os modelos físicos que explican a evolución das estrelas predín un comportamento como o observado. Unha estrela permanece na secuencia principal ata que esgota o seu combustible nuclear. Cando deixan de producirse procesos de fusión nuclear no seu interior, a zona central da estrela contráese e faise moi densa. A estrela deixa de ser

homoxénea e, debido a que o peso das moléculas no interior é maior có das do exterior, prodúcese un gradiente de presión que expulsa unha enorme capa de hidróxeno para fóra. O tamaño da estrela medra considerablemente e as capas externas arrefríanse. A estrela resultante corresponde a unha luminosidade maior cá que tiña, pero cunha temperatura inferior.

As xigantes vermellas teñen unha vida bastante efémera. Nestas estrelas seguen a producirse reaccións de fusión do hidróxeno nunha capa que rodea o núcleo central. Este núcleo está formado fundamentalmente de helio e nel prodúcense reaccións nucleares que involucran elementos máis pesados. Tres núcleos de helio fúsiónanse para producir un núcleo de carbono e este, pola súa vez, trala captura de núcleos de helio adicionais, produce elementos como o osíxeno e o ferro. O ferro é o elemento do sistema periódico cun núcleo mellor ligado; en tódalas reaccións de fusión nas que participa, os elementos resultantes son máis pesados có de partida e entón é preciso subministrar enerxía para que se produzan. Existen procesos de fusión exotérmicos para elementos máis lixeiros có ferro pero todos son endotérmicos para os máis pesados. Neste último caso só a fisión pode producir enerxía. A fisión, ó contrario que a fusión, é un proceso no que un núcleo se descompón en núcleos máis lixeiros. A fisión é a responsable dos procesos que ocorren na explosión dunha bomba atómica ou na xeración de enerxía dun reactor

nuclear. Por outra parte, a fusión é a responsable da bomba H ou de hidróxeno, baseada no mesmo proceso nuclear que se produce no interior das estrelas.

Fixemos unha descrición das estrelas considerándoas como obxectos illados no medio interestelar. Pero a miúdo forman os chamados sistemas binarios nos que unha estrela está en órbita respecto a outra, de forma semellante a como os planetas do sistema solar están en órbita arredor do Sol. Cando as estrelas se atopan moi preto, a máis masiva delas, e que polo tanto evoluciona máis de prisa, non se converte nunha xigante vermella —segundo o proceso descrito— porque non hai espazo para a súa enorme capa externa. No canto de engulir a estrela acompañante, o que se produce é un continuo depósito de masa nela. O intercambio de masa prolóngase polo resto da vida combinada das estrelas, orixinando fenómenos moi enerxéticos e explosivos nos estadios finais.

ASANANAS BRANCAS

Logo duns cantos centos de millóns de anos, os procesos de fusión nuclear presentes nunha xigante vermella tamén se esgotan e a estrela sofre un novo colapso gravitacional. Neste colapso a estrela faise tan densa que o seu interior se poboa da denominada materia dexenerada. Un dos principios fundamentais da Mecánica cuántica, o principio de incerteza, implica que as posicións das partículas non poden coñecerse con precisión. Só é posible

determina-la rexión do espacio que poden ocupar. É coma se existise un movemento intrínseco de maneira que pode considerarse que as partículas posúen unha presión propia. Así mesmo, o principio de exclusión de Pauli, tamén de natureza cuántica, limita o número de electróns que poden estar presentes nun determinado nivel atómico (para máis detalles, consúltase o artigo "Mecánica cuántica", de J. Sánchez Guillén neste número da REVISTA GALEGA DO ENSINO). A densidades moi altas supérase un límite a partir do cal a materia posúe unha presión de natureza puramente cuántica. Este tipo de presión, denominada presión de dexeneración, non depende da temperatura e, aínda que presente, é desprezable a densidades ordinarias. Sen embargo, cando a densidade é moi alta, a presión de dexeneración faise dominante. As primeiras partículas que sofren o efecto desta presión son os electróns, resistíndose a ser comprimidos polo colapso gravitatorio. Cando o núcleo dunha estrela chega a un estado no que este é contrarrestado pola presión de dexeneración debida ós electróns, a estrela convértese nunha anana branca. Este nome débese a dúas propiedades. No colapso que se orixina a estrela sofre unha notable redución de tamaño. Unha estrela cunha masa coma a do Sol reduce o seu tamaño unhas 1000 veces. As ananas brancas son brancas porque inicialmente están moi quentes debido á enorme compresión; despois dese estado inicial arrefrían lentamente e logo duns miles de millóns de anos apáganse.

Permanecen frías eternamente sopor-tando unha densidade de máis de dez toneladas por centímetro cúbico.

ASESTRELAS DE NEUTRÓNS

Non tódalas estrelas terminan converténdose en ananas brancas; só as máis lixeiras, aquelas que no seu estado inicial tiñan unha masa inferior a oito veces a masa do Sol, evolucionan da forma descrita. As estrelas máis masivas chegan á súa fase final cunha masa superior ó chamado límite de Chandrasekhar (1,4 veces a masa do Sol) e o colapso gravitacional correspondente condúceas a un estado distinto ó dunha anana branca. Neste tipo de estrelas a forza gravitacional resulta tan grande que non pode ser contrarrestada pola presión de dexeneración debida ós electróns. A estrela colapsa ata alcanzar unhas densidades tan altas que os electróns e os protóns se combinan para formaren neutróns. Estes neutróns forman pola súa vez materia dexenerada, orixinando unha presión abunda para contrarresta-la forza gravitacional. Isto ocorre cando a masa da estrela no seu estado final, aínda que elevada, non supera tres veces a masa do Sol. O produto deste proceso é a creación dunha estrela de neutróns. As estrelas de neutróns son moi densas, teñen un tamaño moi reducido, pode ser tan pequeno coma o da illa de Sálvora, aínda que conteñan unha masa superior á do Sol.

No colapso gravitatorio que orixina unha estrela de neutróns emítese de forma brusca unha enorme cantidade

de enerxía en forma de raios X, raios gamma e neutrinos. Esta emisión é a responsable de que a capa externa da estrela, enriquecida pola nucleosíntese previa, explote de forma violenta nunha supernova. Neste proceso expúlsanse elementos pesados ó medio interestelar. O remanente despois da explosión é un núcleo atómico xigante formado por neutróns que se fai invisible nun curto período de tempo e que acada densidades da orde dos centos de millóns de toneladas por centímetro cúbico. Nunha galaxia como a nosa estímase que se produce unha explosión correspondente a unha supernova cada trinta anos. Así e todo, non sempre é posible observala porque o po interestelar a miúdo o impide. En 1987 produciuse a observación dunha supernova na Gran Nube de Magallanes, unha galaxia irregular satélite da nosa, que moitos astrónomos catalogaron como a observación máis espectacular desde a invención do telescopio. O seu estudio supuxo un notable avance no noso coñecemento sobre as propiedades das supernovas.

As estrelas de neutróns foron descubertas debido a observacións astronómicas de raios X, raios gamma e ondas de radio. Neste último contexto descubríronse os púlsares, obxectos emisores de pulsos compostos por ondas de radio de forma regular. O período destes pulsos é moi estable e, en xeral, de segundos. Un dos púlsares máis famosos é o da nebulosa do Cangrexo que nos chega unhas trinta veces por segundo. As observacións no

decrecemento desta frecuencia suxiren que a súa orixe tivo lugar hai novecentos anos. Probablemente a orixe deste púlsar corresponde á supernova observada polos astrónomos chineses no ano 1054. Observouse que os pulsos provenientes dos púlsares tamén conteñen raios gamma e raios X.

Os púlsares foron identificados como estrelas de neutróns en rotación, formadas despois da explosión correspondente a unha supernova. Para que un obxecto rote coa frecuencia que o fai un púlsar este ha de ser moi compacto. O pulso de radiación electromagnética que emite débese á emisión producida por partículas que se moven a velocidades relativistas no enorme campo magnético producido pola estrela. O pulso varre unha zona do espazo de forma similar a como o fai a luz do faro da illa de Sálvora. Debido á dirección da emisión, non sempre se observa o pulso proveniente dun púlsar, por iso existen remanentes de explosións debidas a supernovas das cales non se identificou o púlsar correspondente.

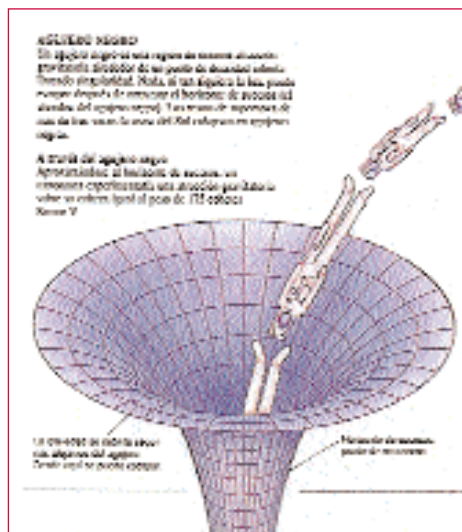
OS BURATOS NEGROS

As estrelas cunha masa inicial superior a cincuenta veces a masa do Sol chegan á súa fase final con masas que superan o límite das tres masas solares correspondente ás estrelas de neutróns. Cando unha estrela chega á súa etapa derradeira cunha masa superior a este límite, o seu núcleo colapsa indefinidamente e créase un burato negro. Os buratos negros foron propostos no contexto da Teoría Xeral da

Relatividade, en 1916, e identificados por primeira vez en 1970. Os buratos negros son difíciles de observar porque o campo gravitacional que xeran é tan intenso que a radiación electromagnética non pode escapar del. Isto orixinou que a busca de buratos negros sexa un importante campo de investigación. Aínda que a luz non pode escapar dun burato negro, este pode formar parte dun sistema binario de estrelas, absorbindo materia da súa estrela compañeira. Esta materia, antes de ser atrapada, quece e xira derredor do burato negro emitindo enormes cantidades de raios X. Ata o momento téñense observado varios sistemas binarios que posúen estas características. Un deles é Cygnus X-1 que, á parte de ser unha intensa fonte de emisión de raios X, estimouse que a súa masa é oito veces

a masa do Sol. A masa determínase a partir do período e das variacións na luminosidade da estrela que a acompaña.

A masa do burato negro está concentrada nunha rexión moi pequena do espacio e exerce unha forte atracción gravitacional sobre as partículas que andan preto. É tan forte que a velocidade de escape por volta del é superior á da luz e polo tanto ningunha partícula situada no interior desa zona pode escapar á súa atracción. A distancia ó centro do burato negro á cal a velocidade de escape é a velocidade da luz coñécese como o radio do burato negro, e a superficie esférica correspondente como o horizonte. O radio depende da masa do burato negro e pode ser moi pequeno; para un burato negro de masa igual á do Sol, o radio é duns tres quilómetros. A estrutura do interior do burato negro é descoñecida. Se só utilizámo-la Teoría Xeral da Relatividade, trátase dun punto singular de densidade infinita. Sen embargo, non se pode confiar totalmente nesta teoría cando se describen situacións con densidades tan elevadas como as que teñen lugar nesa situación. O feito mesmo de que apareza unha singularidade é unha manifestación de que a teoría é incompleta. Cómpre dispoñer dunha teoría da interacción gravitatoria que teña en conta os efectos cuánticos para poder ter unha descrición máis realista do interior destes obxectos.



Simil xeométrico dun burato negro. (Tomado de *Quest* Edit. Rialp).

Nos anos setenta fixéronse progresos notables no estudio dos aspec-

tos cuánticos dos buratos negros. Os traballos de Yakov B. Zel'dovich e Stephen Hawking conduciron a predicir que os buratos negros sofren un proceso de evaporación. Estes primeiros estudos cuánticos indican que o burato negro pode non ser tan negro coma se pensaba. O fenómeno de evaporación prodúcese debido á emisión dun tipo de radiación comunmente coñecido hoxe como a radiación de Hawking. Para explicar en qué consiste, comecemos lembrando outra das consecuencias do principio de incerteza. Segundo este principio mecánico-cuántico, é posible viola-la lei de conservación da enerxía, sempre que se faga en espazos de tempo moi curtos. O universo é quen de producir masa e enerxía pero só se estas desaparecen axiña. Noutras palabras, poden darse fluctuacións do baleiro de xeito que se creen parellas de partículas e antipartículas que despois dun breve período de tempo se aniquilen. Cando unha destas fluctuacións ten lugar preto do horizonte dun burato negro pode ocorrer que unha das partículas caia no seu interior e a outra escape; a que escapa leva así unha enerxía neta do burato negro e un observador no exterior interpreta que este está emitindo partículas. Este fenómeno ocorre seguido e o resultado é a emisión dun fluxo de partículas: a radiación de Hawking.

A enerxía que se emite na radiación de Hawking fai que o burato negro vaia perdendo masa. O ritmo ó que se emite esta radiación é tanto máis grande canto menor é a masa do bura-

to negro. Co transcurso do tempo o burato negro radia cada vez con máis intensidade e mingua cada vez máis rápido. Describi-lo que ocorre nos procesos finais da evaporación é entrar aínda máis no terreo do especulativo. Non se descarta que simplemente se evapore totalmente e, polo tanto, o burato negro desapareza. Téñense realizado estimacións sobre o tempo que tardaría un burato negro en evaporarse. Para un que teña aproximadamente o dobre de masa que o Sol, a predicción é duns 10^{70} anos (un un seguido de setenta ceros), enorme comparada coa idade do universo (tan só da orde de 10^{10} anos). Esta cifra, unida ó feito de que ademais nas primeiras épocas a emisión de radiación de Hawking é a máis débil, implica que o efecto é irrelevante desde o punto de vista da Astrofísica. A finais dos anos setenta apuntouse a posible existencia de buratos negros primordiais. Estes formaríanse no *big bang*, con masas pequenas comparadas coa do Sol, que se terían evaporado completamente na actualidade. Estes obxectos, de existiren, terían deixado unha pegada en termos de radiación gamma que non se observou ata hoxe. Desde un punto de vista experimental pódese afirmar que non se ten evidencia da evaporación de ningún tipo de burato negro.

A VÍA LÁCTEA

As estrelas que poboan o universo aparecen agrupadas de maneira que forman estruturas máis extensas. Estas estruturas clasifícanse en

cúmulos de estrelas, galaxias, cúmulos de galaxias e cuásares. O Sol forma parte da galaxia denominada Vía Láctea, que ten unha cantidade de masa visible da orde de 100.000 millóns de veces a masa da dita estrela. A evolución destas estruturas está regulada pola interacción gravitatoria. Dentro dunha galaxia, as estrelas aparecen a miúdo agrupadas en cúmulos de estrelas. Un exemplo que quizais resulte familiar é o cúmulo das Pleiades, sete das cales poden observarse a simple vista nas noites claras do outono cando se elevan no leste despois do solpor. Estas sete son parte dun cúmulo dunhas cen estrelas que se descubren cando se mira cun telescopio. Nos cúmulos como o das Pleiades, un conxunto de estrelas nacen xuntas e seguen a mesma órbita arredor da galaxia á que pertencen durante uns cantos centos de millóns de anos, ata que forzas similares ás das mareas as arredan. Na nosa galaxia existen cúmulos de estrelas moito maiores, con decenas de miles de estrelas, que están en órbita lonxe do plano que forma a galaxia. Nesas rexións as forzas separadoras son máis febles e eses cúmulos manteñen a súa estrutura durante períodos de tempo moito máis longos.

A Vía Láctea é unha galaxia de forma espiral, co Sol situado nun dos seus brazos, aproximadamente a dous tercios da súa lonxitude total. O noso sistema solar tarda uns douscentos cincuenta millóns de anos en dar unha volta arredor do seu centro. Igual cá maioría das galaxias espirais, a Vía

Láctea é moi delgada e contén unha gran cantidade de po e gas interestelar (aproximadamente un dez por cento da súa masa total). Nela obsérvase un subsistema formado por materia máis antiga, estruturalmente diferente, que se denomina halo galáctico. A materia deste halo móvese en órbitas elípticas que tenden a conducila contra o centro da galaxia.

O centro da Vía Láctea contén un obxecto de características singulares en relación coas do resto dos seus compoñentes. É difícil estudiala natureza deste obxecto xa que os sinais que nos chegan desa zona teñen que atravesar rexións densas en material interestelar. A información que posuímos débese á detección de ondas de radio. Todo indica que no centro hai un potente emisor destas ondas non superior en tamaño ó noso sistema solar. Moitos astrónomos comparten a opinión de que quizais no centro da nosa galaxia se atope un burato negro cunha masa da orde dun millón de veces a masa do Sol.

Os coñecementos sobre a nosa Vía Láctea revelan a existencia dun problema nos nosos modelos físicos. A partir do estudio do movemento das estrelas situadas en planos perpendiculares ó plano da galaxia, conclúese que a materia observada non é suficiente para explicalas súas traxectorias. Os cálculos indican que fai falta o dobre da materia observada para dispor dunha explicación satisfactoria. A situación complicase aínda máis se se analiza o movemento de obxectos a grandes distancias do centro da galaxia. Neste caso

cómpre dispor de dez veces a masa observada. Todo isto indica que a Vía Láctea contén materia que non observamos, denominada comunmente materia escura. Non coñecemos na actualidade cal é o seu contido, pero unha posibilidade é que estea formada por obxectos subestelares nos que as reaccións nucleares non desempeñan un papel importante quentando o seu interior. Estes obxectos, con masas entre dez e cincuenta veces a masa de Xúpiter, son coñecidos como ananas marróns e na última década téñense observado algúns candidatos. Sen embargo, polo momento non se posúe información sobre a súa abundancia.

AS GALAXIAS

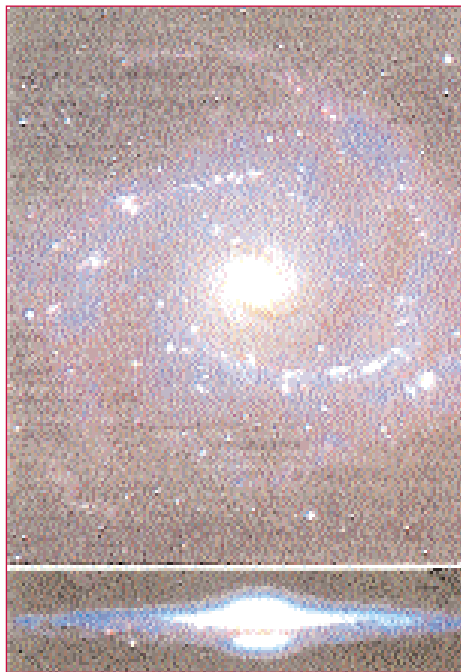
A forma espiral da Vía Láctea non é a única que as galaxias adquiren. Segundo a súa feitura, as galaxias clasifícanse en espirais, elípticas e irregulares. Estas formas teñen que ver coas súas propiedades: as galaxias espirais con brazos máis soltos e as irregulares conteñen un maior número de estrelas novas e máis cantidade de gas interestelar. Pola contra, nas galaxias elípticas o gas interestelar está ausente e as súas estrelas teñen unha avanzada idade común. Estas peculiaridades fan que as galaxias espirais sexan máis azuladas cás elípticas.

A característica que lle atribuímos á Vía Láctea de posuír dúas poboacións de estrelas, unha no halo e outra no disco, é compartida por moitas outras galaxias. A evolución do halo é sinxela: tódalas estrelas se formaron simulta-

neamente e todas elas van envellecendo á vez, sendo as máis masivas as primeiras en se converter en gigantes vermellas. No disco, sen embargo, a vida é menos rutineira. Neste caso, a materia interestelar producida cando as xigantes vermellas evolucionan a ananas brancas e a estrelas de neutróns permanece no disco e xera a formación de novas estrelas. Parte da materia segregada polas xigantes vermellas é rica en elementos pesados e por iso as estrelas novas conteñen maiores cantidades de carbono, nitróxeno, osíxeno e ferro cás estrelas de maior idade. No halo encóntrase unha proporción moito máis pequena de elementos pesados ca no disco.

As galaxias conteñen en xeral os dous tipos de poboacións de estrelas: halo e disco. As elípticas non adoitan conter disco e nas espirais cos brazos moi soltos o halo acostuma estar ausente. A evolución das galaxias elípticas é moi sinxela: tódalas estrelas envellecen ó tempo e abandonan a secuencia principal en momentos distintos dependendo da súa masa inicial. Nas galaxias espirais as estrelas máis antigas expulsan materia interestelar que se recicla para formar novas estrelas. Nalgunhas estrelas espirais observouse que a poboación de estrelas novas é moi elevada.

No que respecta á formación das galaxias, todo parece indicar que hai dous factores predominantes: as propiedades intrínsecas da galaxia e o contorno no que se encontran. Respecto ó primeiro, é natural que a masa e o



Dúas vistas de galaxias espirais. Arriba a NGC 2997 e debaixo un 'perfil' da NGC 4565 onde se mostra con claridade a protuberancia central e o fino bordo externo do disco. A nosa galaxia, a Vía Láctea, é deste tipo.

momento angular inicial desempeñen un papel importante. As galaxias cunha velocidade angular elevada teñen unha maior tendencia a seren espirais. Unha velocidade angular pequena favorece en cambio a formación dunha galaxia elíptica sen disco. O contorno tamén é determinante no proceso de formación. Observouse que as galaxias que forman un grupo de galaxias non moi grande tenden a ser elípticas. As galaxias elípticas de gran tamaño encóntranse xeralmente no núcleo de cúmulos de galaxias moi poboados.

OS CÚMULOS DE GALAXIAS

Coma as estrelas, as galaxias aparecen agrupadas. Sen embargo, contrariamente ó caso das estrelas, a distancia entre galaxias dun mesmo cúmulo é só un factor entre dez e trinta veces a dimensión lineal das galaxias. Os cúmulos de galaxias observados presentan un enorme rango no que respecta ó número de galaxias que conteñen. Algúns están formados por un conxunto pequeno de galaxias, como é o caso do Grupo Local ó que pertence a Vía Láctea, consistente en tres galaxias espirais de gran tamaño (unha delas a Vía Láctea) e máis dunha ducia de galaxias máis pequenas. Outros chegan a conter miles de galaxias enormes e infinidade de galaxias máis pequenas. Xeralmente, nestes cúmulos o centro está poboado de galaxias elípticas de gran tamaño, con masas de ata cen veces a da Vía Láctea. Nos cúmulos máis poboados observouse a existencia de materia intercumular que supón aproximadamente o dez por cento da masa total.

Os cúmulos de galaxias aparecen pola súa vez agrupados nos denominados supercúmulos, con forma de acio. Entre estes acios aparecen enormes zonas baleiras onde a penas se atopan unhas poucas galaxias illadas. Esta estrutura parece producirse en tódalas direccións e pénsase que é universal. Os estudos realizados sobre a dinámica dos cúmulos e supercúmulos de galaxias conducen a concluír que a materia que se observa neles é insuficiente para mantelos ligados gravita-

cionalmente. O mesmo ca no caso das galaxias, destes estudos dedúcese que unha gran parte da materia do universo non foi observada. Esta materia escura constitúe o noventa por cento da masa total dun cúmulo ou supercúmulo. A natureza desta materia non observada é un dos grandes problemas con que se enfrontan hoxe en día a Astrofísica e a Cosmoloxía.

OS CUÁSARES

A principios dos anos sesenta descubríronse uns obxectos que non encaixaban en ningunha das estruturas estudias ata aquel momento. Trátase de obxectos de tamaño reducido situados a enormes distancias, que brillaban tanto coma galaxias próximas completas. A gran distancia asociada a estes obxectos debíase ó alto desprazamento cara ó vermello que presentaba o seu espectro electromagnético. Como se describe polo miúdo na próxima sección, existe unha relación entre a distancia dun obxecto e o desprazamento cara ó vermello do seu espectro; canto máis arredado, maior é o dito desprazamento. Por outra parte, a escala de tempo en que estes obxectos presentaban variacións indicaba que se trataba dunha estrutura de tamaño reducido, segundo observacións recentes, do tamaño do sistema solar. Para unha distancia tan grande, o brillo observado implicaba que estes obxectos tiñan unha luminosidade da orde dun millón de veces a do Sol.

Desde o seu descubrimento, baralláronse diversos modelos para expli-

ca-los cuásares. Hoxe en día adquiriu solidez o modelo que asocia os cuásares a núcleos de galaxias moi activos. Os cuásares semellan máis unha estrela ca unha galaxia porque a emisión proveniente do seu núcleo é tan grande que ensombrece calquera outra procedente das súas estrelas veciñas. As observacións apuntan a que a fonte de enerxía fundamental deste núcleo é un burato negro xigante de ó pé de mil millóns de veces a masa do Sol. Cando se produce acrecencia de materia por este burato negro xigante, xéranse chorros de partículas a altas enerxías con efectos que se teñen observado cos radiotelescopios.

Os cuásares posúen unha luminosidade tan grande que poden ser detectados a enormes distancias. O cuásar máis distante que se observou está situado a uns 14.000 millóns de anos-luz. Cando observamos un obxecto tan remoto estamos mirando cara a atrás no tempo xa que a luz procedente del tardou 14.000 millóns de anos en chegar ata nós. O estudio destes obxectos achega polo tanto información sobre cómo era o universo daquela. As observacións indican que nesa época os cuásares eran moito máis abundantes ca en tempos máis próximos. O feito de non atopar cuásares a distancias maiores ós 14.000 millóns de anos fai pensar que estes, e posiblemente tamén as galaxias, non se formaran anteriormente. Tales datos conducen a concluír que o noso universo evolucionou moito desde a súa existencia e que o seguirá facendo no futuro. O estudio desta

evolución desde un punto de vista global é o obxectivo principal da Cosmoloxía, que será o tema central da seguinte sección.

3. A VISIÓN GLOBAL

Unha vez descritos os obxectos que poboan o universo, podemos facernos preguntas sobre o universo como un todo. Cuestións deste tipo levan sendo unha constante ó longo da historia. Desde tempos moi remotos o home interrogouse sobre cál é a orixe do universo, cómo evoluciona (ou máis ben se evoluciona ou non) e qué pasará con el no futuro. Unha simple ollada ó ceo nunha noite clara transmite a sensación de estarmos contemplando unha enorme cantidade de obxectos inmóviles. Unha observación perseverante ó longo dunha vida humana indica que a posición dos obxectos no ceo é basicamente constante. A idea de que o universo evoluciona como un todo é moi recente, propúxose neste século hai uns oitenta anos. A dispoñibilidade nesa época de novos telescopios e espectrógrafos moito mellores cós seus predecesores (aínda que moi primitivos se os comparamos co estándar actual) permitiu obter información ata entón descoñecida sobre os obxectos que ocupan o noso universo.

Astrónomos como Edwin Hubble obtiveron o espectro da radiación electromagnética emitida desde galaxias moi distantes. A sorpresa das medidas efectuadas foi que os

espectros aparecían desprazados cara a lonxitudes de ondas máis longas. Este fenómeno coñécese como o desprazamento ó vermello. Trátase dunha manifestación do chamado efecto Doppler, aplicable a calquera fonte de radiación (ben sexa acústica ou electromagnética) en movemento. A miúdo temos experimentado nas rúas da nosa cidade cómo o ton da sirena dunha ambulancia cambia cando pasa preto de nós. As ondas acústicas que recibimos son emitidas primeiro por unha fonte que se achega a nós e despois por unha que se arreda. Este fenómeno ocorre cos obxectos do universo en movemento respecto a nós. A lonxitude de onda da radiación que nos chega é superior á esperada, o que indica que a fonte correspondente se aparta de nós.

Se unha estrela en repouso con respecto ó noso telescopio emite luz, a distancia entre as fronte de ondas que lle chegan é a mesma cá lonxitude de onda da luz emitida pola estrela. Se a estrela se esta aproximando a nós, a distancia entre as fronte de onda é máis pequena (a luz viaxa sempre á mesma velocidade nun determinado medio) e o noso telescopio mide unha lonxitude de onda inferior á da luz emitida. Prodúcese nese caso un desprazamento no espectro cara ó azul. Pola contra, se a estrela emisora se está afastando do telescopio, as fronte de onda chégannos máis distanciadas e a lonxitude de onda que medimos é superior á da luz emitida. Prodúcese entón un desprazamento ó vermello. A partir da diferenza en lonxitude de

onda obtense facilmente a velocidade da fonte emisora respecto ó telescopio.

A LEI DE HUBBLE

Nos anos vinte observouse que os espectros da radiación electromagnética emitida polos obxectos que poboaban o noso universo se achaban sempre desprazados cara ó vermello. Edwin Hubble descubriu que ademais existía unha relación sinxela entre a velocidade respecto á Terra da fonte emisora e a distancia á que esta se encontraba. Concretamente, se v é a velocidade e d a distancia, os datos obtidos axustábanse á relación $v = H d$, onde H é unha constante, denominada constante de Hubble en honor ó seu descubridor.

A lei de Hubble foi confirmada experimentalmente ó longo dos setenta anos transcorridos des que foi proposta. O seu descubrimento demostra que o universo se expande. A súa forma funcional non implica que a Terra sexa o centro do universo. O universo en expansión no que vivimos é coma un biscoito de froitas que se está a expandir no forno. Cada un dos anacos de froita observa cómo os máis se separan del. Para cada galaxia, tódalas demais se están apartando respecto a ela.

A constante de Hubble está relacionada coa idade do universo. Se supoñemos que a velocidade de expansión do universo non cambiou (hipótese bastante razoable segundo o noso coñecemento actual), o tempo t que lle levou expandirse, de tal maneira que unha galaxia concreta estea situada a

unha distancia d da Terra, vén determinada pola ecuación (tan familiar) que relaciona distancia, velocidade e tempo: $d = v t$. Combinando esta relación coa lei de Hubble obtense que $t = 1/H$, é dicir, o inverso da constante de Hubble é a idade do universo. O valor da constante de Hubble non se coñece moi ben porque é unha cantidade difícil de medir. Por unha parte, as galaxias que conducen a unha medición máis exacta de H son as que están máis arredadas pois o movemento aleatorio destas respecto á Terra resulta desprezable. Por outra, precisamente para esas galaxias a medición da distancia é máis complicada.

Durante moitos anos a idade do universo estivo cifrada entre 10.000 e 20.000 millóns de anos. As observacións realizadas nos últimos anos polo telescopio espacial Hubble permitiron reducir notablemente a incerteza neste valor. Os últimos resultados publicados froito da análise dos datos obtidos con este telescopio calculan que a idade do universo é de 14.000 millóns de anos, cunha incerteza de 1.000 millóns de anos arriba ou abaixo. Isto constitúe unha significativa mellora respecto ós acoutamentos anteriores, que só foi posible gracias á colocación dun telescopio no espacio.

O BIG BANG

A explicación máis sinxela da lei de Hubble consiste en postular que inicialmente todo o universo estaba concentrado a moi alta densidade. A explosión desa configuración tan densa

produciu a expansión do espacio e que cada un dos obxectos no universo se estea separando de tódolos demais. Este modelo, coñecido como do *big bang* ou da grande explosión, predí que a evolución do universo comezou hai aproximadamente 14.000 millóns de anos. A idea de que o universo ten un principio orixina moitas preguntas de carácter filosófico. A máis obvia é que había antes do *big bang*. Os nosos coñecementos actuais non teñen resposta a esta pregunta pero o feito de que se puidera expresar en relación co modelo do *big bang* inquietou a moitos científicos. Ata os anos sesenta, cando a lei de Hubble era a única de carácter cosmolóxico que se coñecía, formuláronse unha variedade de modelos onde o universo non evolucionaba. Esta situación cambiou nos anos sesenta co descubrimento dunha serie de pegadas do *big bang* que facían este modelo cada vez menos incuestionable.

O rastro do *big bang* máis importante atopado ata agora é a radiación de fondo de microondas. Coma en moitas outras ocasións, o descubrimento produciuse no marco da realización dun proxecto de investigación que non espertaba moito interese. En 1965, Arno Penzias e Robert Wilson andaban embarcados nun proxecto dos laboratorios Bell, tratando de identificar tódalas fontes de ruído de fondo nunha antena con calibración de alta resolución. O obxectivo era que unha vez realizada a identificación puideran coñecer con precisión o fluxo recibido pola antena procedente dunha fonte de

microondas. Penzias e Wilson non deron identificado certa cantidade de ruído de fondo. Pouco despois descubriuse que ese ruído era o eco da grande explosión inherente ó modelo do *big bang*. O sinal detectado resultou se-lo mesmo en tódalas direccións nas que se mediu, e axiña se observou que se axustaba ó espectro de emisión dun corpo negro a unha temperatura duns 2,7 K. Un corpo negro é un obxecto que absorbe toda a radiación que lle chega. Nos últimos anos mediuse a radiación de fondo de microondas con gran precisión. As observacións recentes realizadas polo espectrómetro FIRAS do COBE (*Cosmic Background Explorer*) indican que as desviacións do espectro dun corpo negro son menores a 300 partes por millón, e que a temperatura é $2,727 \pm 0,002$ K. Ademais, observouse que esta temperatura é basicamente a mesma, independentemente da dirección na que se mida. Isto dinos que o universo é isótropo.

O significado da radiación de fondo de microondas descuberta por Penzias e Wilson entendeuse rapidamente gracias a Robert Dicke, aínda que a existencia dun fenómeno desta natureza fora predicada con anterioridade por George Gamow. Nas épocas máis temperás do universo, este estaba moi quente e polo tanto era moi rico en fotóns. Cando o universo acadou a idade dun millón de anos arrefriara abondo como para que a materia deixase de estar ionizada, producíndose o desencaixamento da radiación e a materia. A radiación presente nese

momento observámola hoxe moi fría, co espectro típico dun corpo negro que alcanza a súa maior intensidade no rango das microondas. Se observásemola radiación de fondo cara a atrás no tempo, veríamos cómo a súa temperatura aumenta. A medida que nos achegásemos a épocas máis temperás, observariámola radiación cada vez máis quente e o universo máis denso, ata chegar un intre no que puidese crearse materia. Nese momento estaríamos no estado no que a radiación e a materia comezaban a acercarse a unha situación de equilibrio.

A validez da lei de Hubble e a detección da radiación de fondo de microondas demostran que o universo estivo expandíndose durante un longo período de tempo. Outro dato importante en favor da teoría do *big bang* é a observación dunha abundancia dos elementos máis lixeiros do universo consistente coas prediccións baseadas na nucleosíntese da teoría do *big bang*. Cando o universo tiña unha idade de aproximadamente uns minutos, a temperatura era tan alta que se produciron elementos lixeiros como o helio e o litio por medio de reaccións nucleares. A teoría predí que arredor de 1/4 da masa do universo debería corresponder ó helio, que concorda coas observacións experimentais.

A HOMOXENIDADE E A ISOTROPÍA

Ademais de isotrópico —como demostran as observacións da radiación de fondo de microondas—, o universo é tamén homoxéneo. Un univer-

so homoxéneo é aquel no que as súas propiedades son as mesmas en calquera punto. Isto só é certo de forma aproximada para o noso universo, pero é unha aproximación excelente cando se estudian grandes rexións. Isotropía e homoxeneidade son dous dos puntos de partida do modelo do *big bang*. A descrición matemática deste modelo asenta na solución ás ecuacións da relatividade xeral de Einstein que se obtéñen ó impoñer-las ditas propiedades. Estas ecuacións relacionan a xeometría do espacio-tempo co seu contido de materia (para máis detalles, consúltase o artigo "A teoría da relatividade", de A. Vázquez Ramallo neste número da REVISTA GALEGA DO ENSINO). A solución, coñecida como a solución de Friedmann-Lemaître-Robertson-Walker, vén dada en termos dun factor de escala cósmico que contén a información de cómo evolucionan tódalas lonxitudes físicas do universo (distancias entre galaxias, lonxitudes de onda dos fotóns, etc.) co transcorrer do tempo. En realidade, existen tres tipos de solucións ás ecuacións da relatividade xeral de Einstein coas hipóteses mencionadas. No primeiro tipo, o universo expándese tan de vagar que a atracción gravitatoria sería capaz de frea-la expansión e chegaría un momento a partir do cal as galaxias empezarían a achegarse unhas ás outras. O universo sufriría un colapso e tería un final. No segundo tipo, a expansión é tan rápida que a atracción gravitatoria non podería parala, as galaxias estarían separándose constantemente. Por último, no terceiro tipo, o universo

expándese coa velocidade xusta para evita-lo colapso. No primeiro tipo de modelo o universo non é infinito no espacio, trátase dun universo pechado. A gravidade é forte abondo como para curva-lo espacio, que se pecharía sobre si mesmo. Nos outros dous tipos o espacio é infinito e o universo non ten fin, trátase de universos abertos, o primeiro curvado e o segundo plano.

Que o noso universo poida ser pechado non quere dicir que puidera ter un bordo onde remata. Para imaxinarmos qué se quere dicir por un espacio finito no primeiro tipo de solucións, debemos considerar unha analoxía cunha dimensión menor. A superficie da Terra é bidimensional e finita, sen bordos. Por moito que viaxemos pola superficie da Terra nunca chegaremos a un punto onde esta termine; de feito, é posible que topemos co punto de partida. O mesmo ocorre nas solucións do primeiro tipo pero nunha dimensión superior. Trátase dun universo tridimensional, finito e sen bordos. Coma na Terra, poderíamos viaxar e chegar ó punto de partida. Sen embargo, xa que a velocidade á que podemos facelo non pode ser superior á da luz, tardaríamos tanto que lle daría tempo ó universo a se comprimir de novo e dar cabo.

É importante salientalo feito de que aínda que inicialmente as hipóteses de isotropía e homoxeneidade foron introducidas por Einstein para simplifica-lo problema matemático, resultou que proporcionan unha descrición do universo bastante atinada tanto a tempos temperáns coma na

actualidade cando se calcula a media sobre distancias suficientemente grandes. Pero dos tres tipos de solucións posibles só un corresponde ó noso universo. Para saber cal, cómpre coñece-la súa densidade media. Se a densidade é inferior a un certo valor crítico, a gravidade será insuficiente para frea-la expansión. Se a densidade é superior ó valor crítico, a gravidade parará a expansión nalgún momento futuro e comezará o colapso do universo. Medir-la densidade do universo é difícil porque hai que incluí-la materia escura da cal se sabe moi pouco. As estimacións realizadas nas últimas décadas indican unha densidade inferior á crítica e favorecen unha solución do segundo ou terceiro tipo.

En calquera dos tres tipos de solucións existe un comezo do universo no que a densidade de materia era moi alta, infinita. Nese momento tivo lugar a grande explosión, o *big bang*, e desde entón ata os nosos días o universo expándese. En xeral, na Física, cando existe unha situación na que unha cantidade física se fai infinita, dise que se ten unha singularidade. A presenza de singularidades constitúe unha limitación: indícanos que a teoría non é aplicable nesa situación e que para describila correctamente debemos incluír aspectos que non estamos considerando. Desde o descubrimento destas solucións, os físicos téñense preguntado se a Teoría da Relatividade Xeral predí a existencia da singularidade inicial ou se trata simplemente dunha propiedade particular da solución

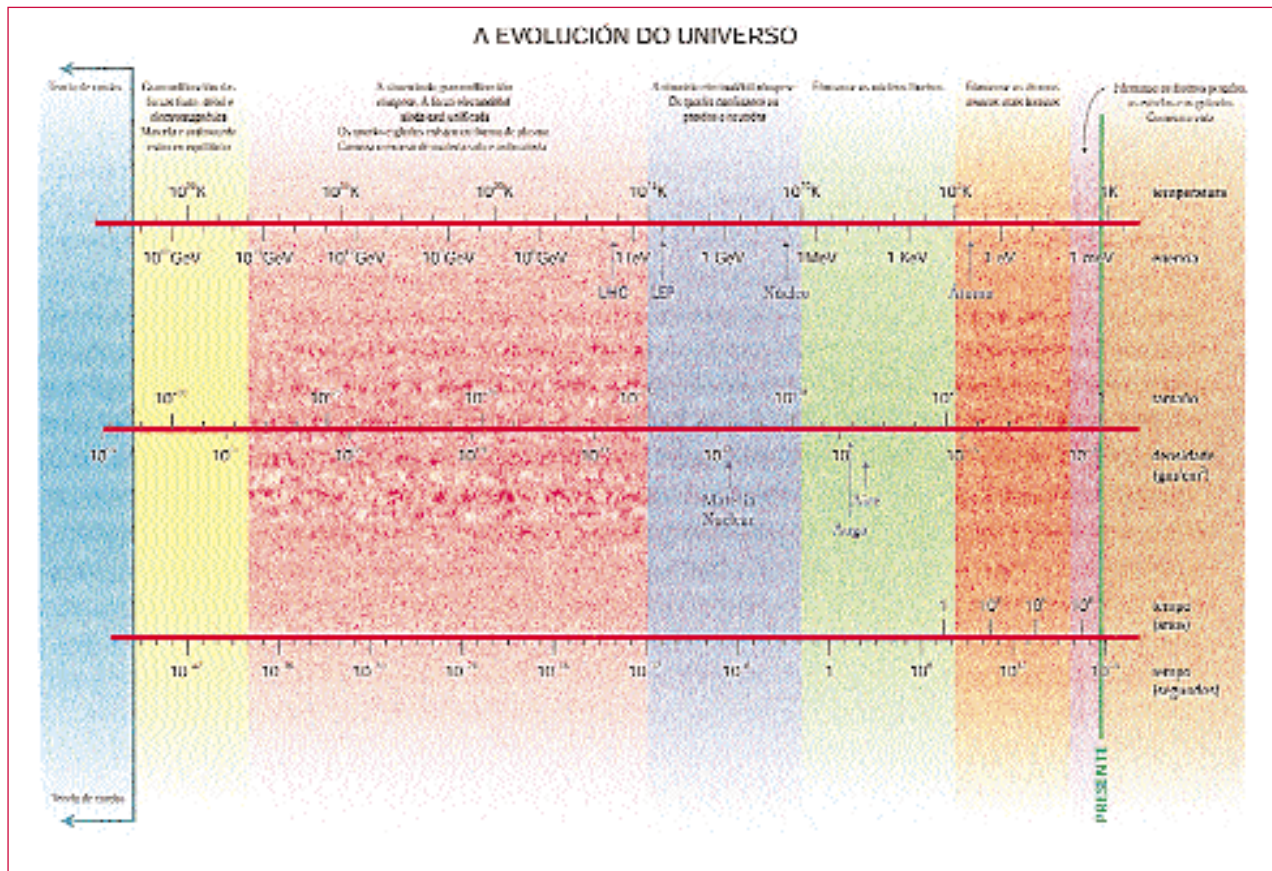
encontrada. Os teoremas sobre a existencia de singularidades de Stephen Hawking e Roger Penrose dos anos setenta responderon a esta pregunta de forma positiva. Isto indica que unha descrición baseada só na relatividade xeral é incompleta cando se teñen densidades demasiado altas. É razoable que así sexa; nesas situacións os efectos da mecánica cuántica son importantes e cómpre combina-la física do máis grande, a relatividade xeral, coa física do máis pequeno, a Mecánica cuántica, para obter unha descrición coherente. Polo momento non se sabe cómo facelo, a construción dunha teoría da gravidade cuántica é un dos grandes problemas con que a Física se enfrenta no século que agora comeza.

A EVOLUCIÓN DO UNIVERSO

Nas últimas décadas avanzouse considerablemente na creación dun modelo que describa a evolución do universo. Hoxe en día, facendo uso das leis correspondentes ás catro interaccións fundamentais, dispónse dun que resulta moi satisfactorio a partir dun momento moi próximo á grande explosión inicial. A medida que nos achegamos ó momento inicial, $t = 0$, o universo faise tan denso que é necesario utiliza-la teoría cuántica da gravidade. Polo momento non se dispón dunha teoría deste tipo e por iso o modelo non é válido para tempos anteriores a 10^{-43} segundos. Este tempo, denominado tempo de Planck, é extremadamente pequeno, trátase dunha fracción decimal con 43 ceros. Toda a materia que

agora vemos no universo, miles de millóns de galaxias, estaba daquela comprimida no tamaño dun núcleo atómico. A densidade tan extrema que se acadaba nese intre era de 10^{92} gramos por centímetro cúbico, enorme comparada coa densidade da auga (1 gramo por centímetro cúbico) e inimaginable comparada coa densidade media do universo actual (un átomo de hidróxeno por centímetro cúbico).

Para tempos posteriores ó tempo de Planck, dispónse dun modelo que describe o estado do universo ata os nosos días, con prediccións atinadas en xeral cando se comparan cos fenómenos observados. Ás altas densidades nas que se encontraba o universo en tempos posteriores ó de Planck, a súa temperatura era enorme. A temperatura indícanola velocidade media á que se moven as partículas. Nesa época as súas velocidades eran tan elevadas que podían vencerlas forzas entre elas. Producíanse moitas colisións moi enerxéticas que daban como resultado a produción doutras partículas en pares partícula-antipartícula. As partículas e antipartículas interaccionan pola súa vez e aniquílanse. Nese estado do universo primordial tiña lugar unha cadea de procesos cuánticos cunha estrutura que ía variando a medida que se producía a expansión e o universo arrefriaba. Se a temperatura baixa, a velocidade das partículas diminúe e non se producen os procesos de creación de pares; dominan entón as aniquilacións e os agrupamentos das partículas.



Evolución do universo. As distintas épocas da evolución do universo, segundo o modelo do *big bang* ou grande explosión, represéntanse ó longo da liña do tempo. Paralelas a esta represéntanse liñas que indican a temperatura, a enerxía cinética media das partículas e a densidade do universo. Así mesmo, inclúese información sobre o tamaño do universo tomando como unidade o seu tamaño actual.

Estes fenómenos dan lugar ó que se coñece como *big bang* nucleosíntese.

Desde o tempo de Planck ata que transcorreu o primeiro segundo, o universo expandiuse de tal forma que a súa densidade pasou dos 10^{92} gramos por centímetro cúbico a só 500.000 gramos por centímetro cúbico. Durante este período o universo consistía nunha mestura en equilibrio térmico das partículas elementais características das altas enerxías. Entre estas partículas encontrábanse as tres familias de quarks e leptóns que hoxe constitúen o piar do chamado modelo estándar das partículas elementais e as interaccións fundamentais. Os detalles do que ocorreu en gran parte desta época son bastante especulativos, xa que cos aceleradores de partículas máis potentes de que se dispón (por exemplo, o LEP no CERN ou Centro Europeo de Investigacións Nucleares) non se alcanzou a enerxía suficiente. Mesmo nas enerxías acadadas se estudaron máis colisións de partículas illadas có comportamento de agregados destas, aínda que nos últimos anos se progresou considerablemente neste último aspecto (para máis detalles consúltase o artigo "Núcleos e partículas", de C. Pajares Vales neste número da REVISTA GALEGA DO ENSINO). Na ilustración da evolución do universo pode verse cómo o novo acelerador en construción do CERN, o LHC, suporá unha mellora, pero, así e todo, encontraremos moi lonxe das enerxías propias das partículas nas épocas máis temperás do universo.

O modelo estándar das interaccións fundamentais (verificado hoxe con gran precisión ata as enerxías alcanzadas no acelerador LEP) é froito da rotura de simetría dun modelo máis fundamental. Os fenómenos de rotura de simetría prodúcense cando o sistema baixo consideración se configura nun estado que posúe unha simetría inferior á da teoría física que goberna o seu comportamento. Conforme vai arrefriando, o universo evoluciona en estados que cada vez corresponden a unha simetría menor. O modelo mormente aceptado é o chamado modelo de grande unificación onde a interacción forte aparece unificada coa electrodébil. Na etapa inmediatamente posterior ó tempo de Planck atopámonos cun universo formado por materia e antimateria en equilibrio no que tres das interaccións que agora coñecemos se encontran unificadas nunha. A medida que o universo arrefría, a enorme simetría dos modelos de grande unificación rompe e as interaccións fundamentais comezan a diferenciarse.

Antes de se cumpri-la primeira millonésima de segundo, a interacción forte xa se diferenciara da electrodébil e producíase a asimetría entre materia e antimateria. É entón cando comeza a romper-la interacción electrodébil en débil e electromagnética, e cando os quarks empezan a confinarse en protóns e neutróns. Chégase así ós albores do primeiro segundo, cun universo unhas dez mil veces máis pequeno có actual con tódalas interaccións fundamentais diferenciadas. É importante

remarcar que o coñecemento de gran parte deste período da evolución do universo é bastante especulativo. Existen modelos alternativos e seguirán propoñéndose outros no futuro, ata que algún quede marcado por ir acompañado dalgunha pegada clara que permanecera ata os nosos días e sexa observada.

Un segundo despois do *big bang*, a temperatura do universo era de 10.000 millóns de graos e estaba composto por fotóns, electróns, positróns, neutrinos, antineutrinos, protóns e neutróns. Segundo vai descendendo a temperatura, a creación de pares de electróns e positróns deixa de ser posible e estes aniquílanse entre si deixando un remanente de electróns debido á mencionada asimetría materia-antimateria. Os neutrinos e os antineutrinos, en virtude do carácter tan feble da forza con que interaccionan, non se aniquilan e quedan poboando o universo de forma similar ós fotóns que forman a radiación de fondo de microondas. Este remanente desa época é difícil de observar debido á enorme dificultade que entraña a detección de neutrinos, e ata hoxe non se teñen indicios experimentais da súa existencia.

Aproximadamente cen segundos despois do *big bang*, a temperatura era de 1.000 millóns de graos. A esta temperatura os protóns e os neutróns comezan a combinarse en núcleos de deuterio que pola súa vez se combinan con máis protóns e neutróns para formaren núcleos de helio e outros menos lixeiros como os de litio e berilio. Os

modelos actuais que describen as interaccións fundamentais fan unha predicción para a produción de helio nesta época que, como xa se indicou, é consistente coa observada experimentalmente. É importante destacar que, nestas prediccións, un ingrediente importante é o número de especies de neutrinos. Sabemos a partir dos experimentos realizados no CERN nesta última década que só existen tres especies, valor que concorda perfectamente coa abundancia de helio observada.

A produción de helio e dos demais elementos lixeiros tivo lugar durante as primeiras horas posteriores ó *big bang*. Despois, ó longo dos cen mil anos seguintes, o universo seguiu expandíndose ata que a temperatura descendeu a uns poucos miles de graos, temperatura á cal os electróns non dispoñían de enerxía suficiente para vencerla interacción electromagnética, combinándose consecuentemente en átomos. Cando este proceso se completou xa non existían partículas cargadas e a interacción entre fotóns e materia reduciuse considerablemente. Prodúcese entón o desencaixamento da materia e da radiación, non existe o equilibrio térmico entre elas. A radiación evoluciona en equilibrio térmico por si mesma ata os nosos días deixando unha pegada clara na radiación de fondo de microondas.

A partir dos cen mil anos comezan a aparecer no universo pequenas variacións da densidade na distribución da materia que conducen á formación de galaxias. Conforme transcorre

o tempo, o gas de hidróxeno e helio das galaxias disgregase en nubes máis pequenas que comezan a colapsarse e a xerar estrelas. Hai uns 10.000 millóns de anos produciuse o colapso dunha nube de gas que deu lugar a unha insignificante estrela nun dos brazos dunha galaxia. Esta estrela tiña un planeta no que despois de transcorridos uns cantos centos de millóns de anos empezaron a producirse reaccións químicas nos seus océanos que induciron un fenómeno coñecido como a vida. Correron 5.000 millóns de anos, e logo de producírense complexos procesos de natureza biolóxica, apareceron criaturas intelixentes nese planeta. Estas criaturas puxéronlle o nome Sol á estrela e Vía Láctea á galaxia, e nun período relativamente curto de tempo foron quen de descubrir cómo evolucionara o universo do que facían parte.

A INFLACIÓN

O modelo estándar cosmolóxico que describimos ten algúns problemas inherentes. Podemos preguntarnos por exemplo por qué o universo é tan uniforme como se nos presenta. Observamos zonas do universo que semellan basicamente iguais, tan separadas unha doutra que a luz non tivo tempo para viaxar entre elas. Non foi posible que a luz puidera fluír para igualalas súas respectivas densidades e temperaturas. Como consecuencia, a uniformidade observada tivo que precede-la expansión. Outra pregunta que pon en dificultades o modelo estándar cosmolóxico é por qué a velocidade de expan-

sión do universo é a que é, xusto a suficiente para contrarresta-lo efecto de atracción exercido pola forza gravitatoria conxunta de toda a materia presente no universo. É preciso facer un axuste moi fino nas condicións temperás do universo para que este, despois do longo período de tempo transcorrido, non terminara nun enorme colapso ou nunha expansión tan rápida que non deixaría que se orixinaran as estrelas e as galaxias. O mesmo ca no caso das fluctuacións, é moito máis satisfactorio dispoñer dun modelo que non precise duns axustes tan finos para poder predicila situación actual, un modelo no que o universo observado sexa un produto natural baixo unha ampla banda de condicións nun pasado remoto.

As limitacións descritas non invalidan o modelo estándar cosmolóxico pero si apuntan a súa inconclusión. Co obxectivo de completalo, nos anos oitenta propúxose a teoría da inflación. Esta teoría postula que o universo atravesou nas súas épocas máis temperás un estado de expansión moi rápida, de aí o nome de inflación. Contrariamente ó caso estándar no que a expansión se deceleraba co tempo, segundo a nova teoría a expansión acelerábase durante un certo período de tempo, inducendo un distanciamento entre os obxectos cada vez máis rápido. O propio espacio se expandía máis rápido cá velocidade da luz, estando os obxectos quietos respecto ó espacio e, polo tanto, sen entrar en contradición coa relatividade. Debido a esa expansión primordial, as partículas puideron estar nalgún

momento tan preto unhas doutras que nese estado tiñan densidades e temperaturas comúns. Máis tarde, durante a inflación, algunhas partes do universo perderon contacto. O modelo predí así mesmo un universo plano, do tipo terceiro entre os tres descritos anteriormente. Desde os oitenta ten habido observacións que parecían desbota-la posibilidade dun universo plano, e a teoría da inflación sufriu diversas modificacións. Na actualidade, gran parte da comunidade científica opina que dunha ou doutra forma houbo un período de inflación que de forma natural explica por qué o universo onde vivimos é o que é no contexto do modelo estándar cosmológico. Por outra parte, observacións moi recentes apuntan a confirmación de que, en efecto, o universo é plano.

4. AS PREGUNTAS

No comezo dun século como no que estamos inmersos, despois do balance do progreso acontecido no que agora remata, é natural preguntarse cales son as grandes cuestións pendent. Empezar unha tarefa deste tipo entraña grandes riscos. Practicamente tódalas preguntas que nos fixeramos no ano 1900 serían consideradas como irrelevantes uns anos despois. Sen embargo, a situación non é a mesma. O avance da ciencia que se produciu no século XX supera de sobra o de tódolos séculos anteriores xuntos. Estamos polo tanto nunha posición vantaxosa para atrevernos a facer preguntas sen

que estas queden fóra de lugar nuns poucos anos. ¿Saberemos facer uso desta vantaxe?

Un dos problemas fundamentais ó que habemos de enfrontarnos é o da materia escura. As observacións indican que practicamente o noventa por cento da materia do universo non se manifesta nunha forma que deramos detectado experimentalmente. Ten habido moitas especulacións sobre a natureza deste tipo de materia pero ningunha resultou concluínte. Este problema aparece mesturado co da constante cosmolóxica que agora brevemente describimos.

As ecuacións da relatividade xeral poden incluír un termo adicional caracterizado por unha constante que se denomina constante cosmolóxica. Este termo introduciuno Einstein para que estas ecuacións puideran ter solucións con universos estáticos, acorde co que se cría na súa época. Unha vez que se fixo firme a lei de Hubble, que favorecía un universo en expansión, esta constante resultou incómoda e intentouse durante moitos anos encontrar algunha explicación para que sexa tan pequena, consonte se segue das observacións experimentais. Todo parece indicar que a resposta a preguntas como as da materia escura e a da constante cosmolóxica poden estar encerradas en problemas de índole máis formal ou fundamental como é o da gravidade cuántica.

A Teoría Xeral da Relatividade que describe a interacción gravitatoria

mostrouse intransixente coa Mecánica cuántica, agás nos tímidos avances que se fixeron sobre os aspectos cuánticos dos buratos negros. Non se dispón polo de agora dunha teoría cuántica da gravidade completa pero si existe unha candidata moi notable: a teoría de cordas. Esta teoría, amais de cumprir esa función, tamén proporciona un marco no que as catro interaccións fundamentais se encontran unificadas, unha das metas máis perseguidas nas últimas décadas polos físicos teóricos. Na teoría de cordas, os obxectos básicos non son partículas puntuais senón obxectos que posúen unha lonxitude intrínseca, similares a anacos infinitamente delgados de cordas. Os modos de vibración destas cordas, semellantes ás notas que emite unha corda de violín, son as partículas elementais. As cordas teñen polo tanto unha infinidade de partículas; sen embargo, só unhas poucas teñen masas lixeiras, que serían as relacionadas máis directamente coas partículas que coñecemos. A teoría de cordas pode albergar no seu seo o modelo estándar das partículas elementais, que con tanta precisión se verificou experimentalmente. Isto é unha propiedade importante desta teoría pero a fundamental é que tamén contén a Teoría da Relatividade Xeral. Polo momento non sabemos moito da teoría de cordas, se ben na última década lévanse feito importantes progresos. Esta teoría foi capaz de ofrecer unha descrición microscópica dalgúns tipos de buratos negros, feito que non se lograra anteriormente. Queda moito que avanzar no desenvolvemento da teoría de cor-

das, e con seguridade ha ser un dos campos de estudio máis importante dos físicos teóricos en gran parte do século que agora comeza. Dela pode nacer unha explicación do que ocorreu no noso universo en tempos da orde do tempo de Planck que evite a singularidade e que, aínda que non resolva a pregunta de qué había antes do *big bang*, teña como consecuencia, por exemplo, a irrelevancia desta. O novo modelo desa etapa tan temperá que podería emerxer terá que afronta-la resolución doutras preguntas que están aínda sen contestar, desde a orixe da materia escura ou a descrición da época de inflación, ata a explicación da asimetría entre a materia e a antimateria.

Desde un punto de vista de observación, os retos son tamén enormes. Discernir se o noso universo é pechado ou aberto é un deles. Recentemente achegáronse novos datos, os do proxecto Boomerang, que favorecerían un universo plano. É dicir, parece que a densidade do noso universo é aproximadamente a densidade crítica que fai que o universo se expanda indefinidamente pero ó ritmo máis lento posible. Estes resultados están de acordo cos modelos de inflación máis pioneiros. Outro reto importante é observa-la distribución de neutrinos de fondo remanentes das primeiras épocas da evolución do noso universo.

Un campo importante que merece a atención de físicos experimentais e teóricos, no que sen dúbida se fará un notable esforzo nos anos vindeiros, é o

dos raios cósmicos. Por este nome coñécense os fenómenos producidos por partículas a moi altas enerxías que penetran a atmosfera terrestre. Aínda que non son moitas, o fluxo destas partículas é elevado abondo como para poder ser observadas experimentalmente. O seu estudio é moi importante porque se trata de procesos de moi altas enerxías, hoxe por hoxe irreproducibles nos aceleradores dos laboratorios de física de altas enerxías.

Por último, enlazando cos aspectos máis especulativos, podemos preguntarnos se, tal e como parece predicir unha descrición do comezo do universo baseado na teoría de cordas, o universo constaba inicialmente de máis das catro dimensións, tres espaciais e unha temporal, que agora coñecemos. Se esta teoría é a apropiada, esa propiedade é inevitable. Un universo cunha dimensión espacial superior a tres é difícil de imaxinar. Se tivesemos que aceptala súa existencia, o importante sería ser capaces de estudiala teoría ata o punto de que puidesemos identificar as pegadas que disto deberían permanecer hoxe. A súa observación, así como a doutros posibles tipos de

rastros relacionados coa teoría de cordas, constituirían uns dos grandes retos experimentais nas próximas décadas. Pero primeiro hai que predicilas.

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

- Bowers, Richard L., e Terry Deeming, *Astrophysics*, Boston, Jones and Bartlett, 1984.
- Hawking, Stephen, *Historia del tiempo: del big bang a los agujeros negros*, Madrid, Alianza, D. L. 1994.
- Silk, Joseph, *The Big Bang*, Nova York, W. H. Freeman and Company, 1988.
- Thorne, Kip S., *Agujeros negros y tiempo curvo: el escandaloso legado de Einstein*, Nova York, W. W. Norton and Company, 1994.
- Wald, Robert M., *Space, Time and Gravity*, Chicago, The Chicago University Press, 1992.
- Weinberg, Steven, *Los Tres primeros minutos del universo*, Madrid, Alianza, D. L. 1996, (1977).



QUÍMICA: BALANCE DUN SÉCULO

*M. Arturo López Quintela**
Universidade de Santiago
de Compostela

A nosa maneira de vivir, pero tamén —e máis importante— a nosa filosofía e maila nosa concepción da vida, mudaron por completo neste último século. A nosa actual concepción do mundo (no que por suposto nos incluímos) é difícil de entender sen ter en conta os recursos tecnolóxicos e os avances científicos tan extraordinarios que se teñen dado nos últimos cen anos. ¿Como se pode entende-la nosa forma de vida sen estes cada vez máis rápidos e ‘memoriados’ ordenadores, aínda que sigan sendo sumamente ‘tontos’?, ¿como se pode concibi-la vida actual sen tódolos medios de transporte?, ¿como se entende a existencia sen te-la oportunidade de vibrar coa nosa música máis querida almacenada dixitalmente nestes planos CD?, e ¿que poderíamos facer sen os materiais que utilizamos decote para vestirnos, sentarnos, calzarnos, para gozar das nosas afeccións, para facer e illa-las nosas casas, etc.? Sen os grandes avances das ciencias e máis concretamente da Química, que tiveron lugar neste

último século, nada disto tería sido posible.

A Química era, a principios de século, pouco máis que unha serie de leis e receitas empíricas obtidas a partir de experimentos realizados en precarias condicións. As leis clásicas da Física impoñían un marco extremadamente ríxido á posible interpretación dos experimentos que comezaron a realizarse entón. Axiña se observou que aquelas leis clásicas —pensadas como inmutables— non só non permitían explica-los feitos experimentais da Química senón que, aínda peor, moitas veces parecían estar en franca contradición con eles. En poucos anos, a presión dos feitos experimentais en contra das leis clásicas foi tan grande que unha enorme explosión de novas ideas comezou a aparecer por tódalas partes deitando o novo zume que había cambiar por completo a nosa concepción da Química, das Ciencias Naturais e, en definitiva, a nosa concepción do mundo.

* Catedrático de Química-Física.

Ocuparíanos moito tempo e espacio realizar unha descrición pormenorizada de tódolos avances importantes que se deron na Química durante este século. Por iso ofreceremos neste artigo unha visión moi personalizada —aínda que xeral— do que consideramos que foi crucial no desenvolvemento desta fermosa ciencia. E ímolo facer esquematizando estes avances por áreas temáticas segundo unha certa orde cronolóxica.

Primeiramente comentaremos os pasos máis decisivos que houbo que dar para sentar as bases da Química cuántica. Era difícil, a principios do século XX, atopar unha explicación razoable —partindo dos postulados da Mecánica clásica— para un número cada vez máis importante de experimentos que se foran realizando ó longo deses primeiros anos. Max Planck soubo dar un paso esencial —e arriscado para o seu tempo— ó considerar que a enerxía era unha variable non continua: a enerxía está cuantizada en paquetes (cuantos) de valor $h\nu$, sendo ν a frecuencia da onda de enerxía e h unha constante que recibiría por iso o nome de constante de Planck. En seguida se observa que a idea de Planck é excelente e comeza a aclararse o escuro e desesperanzador panorama que a Mecánica clásica deixara no seu intento de explica-lo mundo dos átomos e as moléculas. Einstein aplica con notable éxito as ideas de Planck para explica-lo efecto fotoeléctrico e a capacidade calorífica dos sólidos, e Bohr desenvolve unha primeira —aínda que errónea—

idea moi intuitiva de cómo podería ser o átomo. Sen embargo, as cousas non eran tan doadas. O pensamento clásico lineal estaba moi arraigado e nesas condicións era moi difícil avanzar. Críase que no mundo atómico un podería atopar unha ecuación (igual ca no mundo clásico) a partir da cal obteríamola información que procurabamos. Heisenberg foi o encargado de botar abaixo esta idea ó impoñer certas condicións: existen variables conxugadas non compatibles (por exemplo, posición e momento; enerxía e tempo, etc.), de xeito que se coñecemos unha desas variables con suficiente precisión, automaticamente perdemos toda a información precisa respecto da outra variable. Houbo entón que renunciar ó concepto do ‘preciso’ e o ‘determinado’, e substituílos polo ‘indeterminado’ e ‘impreciso’ introducindo para isto a ‘probabilidade’. Xa non poderíamos falar dunha ecuación que predixera ónde se atopa un determinado electrón dun átomo nun intre particular, senón que deberíamos conformarnos con coñecer-la probabilidade de encontrar ese electrón nunha rexión determinada do espacio. Este importante aspecto non se pode pasar por alto, pois supón un recoñecemento implícito da nosa limitación respecto ó coñecemento que podemos posuír das partes máis pequenas da materia. Era difícil aceptar esta idea, mesmo para aqueles que contribuíran dun xeito ou doutro á súa concepción, como por exemplo Einstein, que sempre se rebelaría contra as consecuencias das súas propias teorías.

Por se isto non abundase, un novo feito, ligado coa natureza das cousas (enténdase, por exemplo, a natureza dun electrón ou dun neutrón ou dun fotón de radiación) viría complicar aínda máis o problema. Moitos experimentos realizados cos átomos e moléculas daban a entender que os electróns eran corpúsculos moi pequenos cunha masa determinada (e polo tanto localizada xalundes no espazo). Pero, por outra parte, outros experimentos requirían, sorprendentemente, para a súa explicación que os electróns foran tratados como ondas. Cando se pensa nunha onda, automaticamente se lle asocia unha extensión espacial porque as ondas veñen determinadas pola súa frecuencia, que representa a repetición dun período espacial na unidade de tempo. Pero entón, ¿como encaixar esta idea de onda coa da partícula (algo moi concreto e localizado no espazo)?

De Broglie deu o primeiro paso na busca dunha explicación introducindo a hipótese —máis tarde confirmada— de que a toda partícula se lle pode asociar unha onda cunha frecuencia característica. Con todo, isto non aclara a dúbida anterior pois non se trata de que unha entidade (a partícula) leve consigo outra entidade (onda). Nese caso, trataríase de dúas entidades conxuntas. Non é así: só existe unha única entidade e por iso, anos máis tarde, acuñárase para ela a inimaxinable (polo menos para min) expresión: ‘entidade onda-corpúsculo’.

Logo de andar manexando este concepto durante o resto deste século e

ver que si interpreta adecuadamente os feitos experimentais, seguimos (je, moi probablemente, seguiremos!) preguntándonos qué pode ser algo que reúna como esencia do seu ser dous conceptos aparentemente contrarios. Pero deixemos este difícil interrogante nunha parte da nosa mente (para pensar quizais niso, de vez en cando) e sigamos co noso breve percorrido polo mundo atómico-molecular.

E. Schrödinger sería o encargado de introducir, en xaneiro de 1926, a ecuación que os químicos viñan buscando desde moito tempo atrás: unha ecuación a partir da cal se puidera coñecer todo acerca dese átomo ou molécula, ben é certo que coas limitacións que mencionamos, é dicir, é unha ecuación de probabilidades e non conduce máis que á obtención de funcións de onda, e o seu cadrado dános probabilidades de encontra-los electróns (orbitais). Felices coa ecuación de Schrödinger debaixo do brazo, os químicos tiñan por primeira vez unha ferramenta coa cal se poderían non só interpretar tódolos feitos experimentais coñecidos ata entón, senón —e máis importante— predicir outros novos desde a nosa mesa de despacho sen necesidade de ir ó laboratorio. ¿Non era isto como o descubrimento da pedra filosofal coa que moitos soñaran? Con todo, a euforia inicial pouco había durar de novo.

En primeiro lugar, a ecuación de Schrödinger non permite explicar determinados fenómenos relativistas. Isto non obstante foi resolvido por

P. A. M. Dirac quen, en 1928, descubriu a ecuación relativista mecanocuántica que lle permitiu predici-la existencia do spin do electrón. Este concepto fora anteriormente proposto por Uhlenbeck e Goudsmit para explicar algunhas observacións realizadas en espectros atómicos. E, outra volta, aparece unha interrogante: ¿que é realmente ese spin? Certamente podemos dicir que o spin é un momento angular intrínseco que posúen as ondas-partículas elementais. Dunha forma non moi precisa, poderíase pensar nel como nun momento angular debido ó xiro da partícula sobre o seu propio eixe, pero esta imaxe non é correcta pois o spin non é un efecto clásico. De novo debemos asumir a nosa limitación respecto á representación ou imaxe que este concepto representa.

Posteriormente observárase tamén que aquelas partículas que posúen spin enteiro (en unidades da constante reducida de Planck) obedecen á estatística de Bose-Einstein (véxase máis adiante) e non hai restricción en canto ó número de partículas que poden existir nun determinado nivel enerxético, mentres aquelas que posúen spins semienteiros (electróns, por exemplo) responden á estatística de Fermi-Dirac, sen que poida haber máis dunha partícula por nivel cuántico de enerxía (Principio de exclusión de Pauli).

Por outra parte, pronto se viu que, aínda que se dispoñía dunha ecuación para dar resposta ás nosas preguntas, só eramos capaces de resolver-la ecuación para situacións sumamente

sinxelas. Para sermos máis precisos, a ecuación de Schrödinger só se pode resolver de forma exacta para o átomo de hidróxeno ou ións hidroxenoides (aqueles que posúen unicamente un só electrón), pois a presenza de termos correspondentes ás interaccións interelectrónicas fai inviable a súa resolución analítica. É necesario entón introducir aproximacións para a aplicación da ecuación de Schrödinger a casos concretos. D. R. Hartree e V. Fock idearon un método iterativo (método de campo autoconsistente) para resolver de forma aproximada a ecuación e poder así ser aplicada a casos máis complexos. A aproximación Hartree-Fock (H-F) transformaba a ecuación irresoluble de Schrödinger para n electróns en n ecuacións resolubles, unha para cada electrón. En 1951 Roothaan demostrou que a maneira máis conveniente de expresar os orbitais utilizados na aproximación H-F é en forma de combinación lineal dun conxunto de funcións, denominadas 'funcións base'.

O químico desexaría, sen embargo, poder aplicar-la ecuación de Schrödinger a moléculas, e para iso cómpre introducir novas aproximacións. A aproximación de Born-Oppenheimer considera de forma correcta que os electróns se moven moito máis de prisa cós núcleos, o que permite resolver-la ecuación de ondas para os electróns mantendo fixas as posicións dos núcleos. Emporiso, dentro desta aproximación é necesario realizar aínda outras para poder levar a bo termo o estudio de moléculas.

Un paso importante foi a aplicación a moléculas do método autoconsistente H-F; pero isto só foi posible a partir dos anos sesenta mediante o uso de ordenadores. Como as moléculas están compostas por átomos enlazados, utilízanse orbitais atómicos (OA) como funcións base e cada orbital molecular (OM) exprésase entón como unha combinación lineal de OA (aproximación CLOA). Esta aproximación introducida por Mulliken e Hund sería de grande importancia para o coñecemento do enlace químico. A contribución de cada OA na combinación CLOA calcúlase entón resolvendo as ecuacións H-F. Neste campo hai que recoñecerlo gran labor levado a cabo por J. A. Pople, que desenvolveu a maior parte dos métodos computacionais utilizando funcións gaussianas (Programas GAUSSIAN) como funcións base, máis doados de integrar cós máis precisos orbitais atómicos (funcións de Slater). Aínda que con estes procedementos se necesita utilizar un maior número de funcións base para 'construír' a molécula, redúcense en cambio de forma moi notable os tempos de cálculo.

Os estudos teóricos de moléculas realizados nos termos descritos denomínanse cálculos *ab initio* e son os máis usados na actualidade, gracias ó desenvolvemento dos cada vez máis rápidos ordenadores. Sen embargo, polas dificultades de cálculo, sobre todo cando as moléculas posúen moitos átomos ou estes teñen un peso atómico alto (posúen polo tanto un elevado número de

electróns), faise necesario realizar aproximacións para resolver algunhas das integrais máis difíciles que aparecen no cálculo. Algunhas destas integrais poden ser avaliadas experimentalmente (por exemplo, mediante métodos espectroscópicos) e outras poden ser introducidas como parámetros axustables, evitando así o seu custoso cálculo. Os métodos que realizan estas aproximacións denomínanse métodos semi-empíricos e foron os máis usados durante a primeira metade do século XX. Debemos destacar aquí, dentro destes métodos, unha aproximación que conseguiu notables éxitos no estudo de moléculas con enlaces pi, desenvolvida por E. Hückel a principios dos anos trinta e que se coñece como aproximación Hückel, consistente en tratar de forma independente os electróns sigma e pi das moléculas.

Antes de finalizar esta rápida visión das orixes da Química cuántica debemos destaca-la aparición, nos derradeiros anos do século, da técnica do funcional de densidade —debido fundamentalmente a W. Kohn— que permitiu dar un salto cuantitativo importante no tamaño dos sistemas estudados e abriu as portas ó estudio cuantitativo dos sólidos nanoestructurados que, por posuíren un número elevado de átomos (normalmente pesados) eran difíciles de abordar polos métodos antes mencionados.

Fixemos referencia ás dificultades que ten a resolución da ecuación de ondas para un sistema tan 'simple' como unha molécula de varios átomos.

Pero o químico ten que enfrontarse normalmente co comportamento, non dunha molécula, senón dun número moi elevado delas (da orde dun mol, é dicir, aproximadamente 10^{24} moléculas). Ben é certo que sería totalmente absurdo resolver unha ecuación de ondas que contivese a información de todo ese elevado número de moléculas. Aínda que puidesemos resolve-la dita ecuación, de pouco nos había servir, pois faríanos falta máis tempo cá idade actual estimada do universo para imprimir toda a información. ¡Canto tempo necesitaríamos despois para procesala no noso finito cerebro! Por iso, desde principios de século desenvolveuse unha disciplina coa intención de uni-las propiedades dun átomo ou

molécula (obxectivo da Química cuántica que acabamos de sinalar) coas dos sistemas macroscópicos e que se denomina Mecánica estatística. Sen esta extraordinaria ferramenta pouco podería dicir hoxe en día a Química verbo dos seus compostos e das reaccións entre eles. Os nomes de Maxwell, Boltzmann e Gibbs están ligados á evolución desta área. Sería Boltzmann o encargado de desenvolve-la estatística que leva o seu nome e que permite estudia-lo comportamento dun sistema formado por un número elevado de partículas distinguibles, coñecido o comportamento das partículas individuais. Esta estatística habería ser ampliada por Fermi e Dirac (para a súa aplicación a fermións, como por



Enrico Fermi no laboratorio da Universidade de Roma.

exemplo os electróns) e por Bose e Einstein (para a súa aplicación a bosóns, como por exemplo os fotóns). Os primeiros éxitos da Mecánica estatística foron impresionantes. Así, a modo de exemplo, a entropía estándar do He calculada a partir da Mecánica estatística (30.11 u. e.), coincidía de forma case exacta coa determinada experimentalmente (30.13 u. e.). Mediante sinxelos modelos utilizados para describi-las moléculas individuais (como o rotor ríxido ou o oscilador harmónico), a Mecánica estatística puido, en poucos anos, abordar con suma elegancia o cálculo de magnitudes tan complexas e variadas como constantes de equilibrio en fase gasosa ou capacidades caloríficas (e a súa dependencia coa temperatura) de sólidos cristalinos. Neste último capítulo son destacables as achegas de Einstein e Debye con cadansúa teoría que levan os seus respectivos nomes.

A pesar dese éxito, as limitacións da Mecánica estatística fixéronse notar axiña polas mesmas razóns cás aludidas para a Química cuántica. Coñécese perfectamente hoxe en día as ecuacións que hai que utilizar para obte-lo comportamento estatístico dunha cantidade elevada (por exemplo, un mol) de calquera substancia en equilibrio. Sen embargo, o problema reside de novo no cálculo. Este cálculo pódese levar a cabo de forma relativamente simple cando o sistema é ideal, é dicir, cando non existen interaccións entre as moléculas (ou átomos, ións, etc.) do sistema. Sen embargo, cando

existen interaccións (como sucede nun gas real ou nun líquido) resulta imposible resolver-las integrais que aparecen (integral de configuración). Ornstein e Zernicke, no ano 1914, desenvolveron un método aproximado para ter en conta estas interaccións, que resultaría importante para o coñecemento non só de líquidos sinxelos e as súas mesturas, senón tamén para disolucións máis complexas, como poden se-las disolucións de polímeros e coloides.

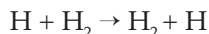
Unha das aplicacións máis importantes da Mecánica estatística foi o estudio de disolucións de electrólitos, de extraordinaria importancia para o desenvolvemento teórico da electroquímica. Debye e Hückel, introducindo diferentes simplificacións, deron resollido a ecuación non lineal que Boltzmann derivara a partir da ecuación de Poisson para o estudio dunha disolución de ións. A teoría de Debye-Hückel é capaz de describir de forma correcta as propiedades termodinámicas de calquera disolución de electrólito fortes, aínda que é exacta só no límite de concentracións moi diluídas dos ións.

Ata aquí falamos unicamente de sistemas (moléculas, átomos, ións, disolucións...) que están en equilibrio, pero o químico está moito máis interesado nas transformacións das substancias, é dicir, nas reaccións químicas e, xa que logo, en sistemas que non se atopan en equilibrio. O formidable problema co que se enfrontaron os nosos proxenitores do século pasado era tratar de obter uns postulados (e por

conseguinte unhas ecuacións) que permitiran aborda-los sistemas en desequilibrio, da mesma forma que xa se fixera para os sistemas en equilibrio (como se acaba de comentar). Isto resultaría moito máis difícil. Tanto é así que aínda hoxe en día está por resolver de forma definitiva esta cuestión e non existe un tratamento único ó respecto. Logo habemos volver sobre isto.

Polo momento diremos que —como ten pasado moitas veces na ciencia— tivo que xurdir unha idea ‘simple’ e extraordinariamente intuitiva para que a ciencia das reaccións químicas (Cinética química) puidera avanzar como o fixeron as outras ramas da Química durante o século XX. Ó non existir unha ecuación minimamente manexable que se puidera aplicar a partir duns poucos postulados como se fixera na Química cuántica e na Mecánica estatística, Eyring introduciu a xenial idea da existencia dun case-equilibrio entre reactivos e produtos e unha ‘especie’ intermedia denominada complexo activado ou estado de transición. Habendo xa un equilibrio polo medio, poderíase entón utilizar toda a maquinaria desenvolvida pola Mecánica estatística ó estudio das reaccións químicas. Desde aquela houbo moitísimos estudos tendentes a explicar por qué esta sinxela idea daba —e dá— na práctica tan bos resultados. O achado orixinal de Eyring pode considerarse como a pedra fundamental na que se basea practicamente todo o coñecemento actual das reaccións químicas.

A idea da existencia deste complexo activado (ou estado de transición) foi comprobada teoricamente mediante cálculos rigorosos realizados en reaccións sinxelas. Como reacción básica de estudio pode tomarse a formación da molécula de H_2 a partir dos seus átomos, que non é máis que o problema da formación do enlace entre dous átomos de hidróxeno. Normalmente faise estudando a reacción:



(colisión dun átomo de hidróxeno cunha molécula para intercambiar un átomo de hidróxeno). O problema pódese descompoñer en dúas partes: primeiro abórdase o estudio da superficie de enerxía potencial resolvendo a ecuación de Schrödinger para distintas posicións dos átomos, cuestión que pode ser acometida polos procedementos que vimos na Química cuántica. Despois estúdase o movemento dos átomos (núcleos) nesa superficie de enerxía potencial creada pola densidade dos electróns. Para ese movemento pódese supoñer que os átomos seguen as leis clásicas (os efectos cuánticos son desprezables agás en casos moi concretos a baixas temperaturas). Pode comprenderse a dificultade enorme que supón este procedemento: 1º) a dificultade de resolver por algún procedemento *ab initio* toda a curva de enerxía potencial do sistema (¡non só o mínimo de enerxía!); isto leva consigo dificultades como a determinación do ‘punto cadeira’ (que representa un mínimo dentro dun máximo), co que complica adicionalmente a

converxencia dos métodos autoconsistentes utilizados; 2º) a dificultade de realizar sobre esta superficie un cálculo do movemento dos átomos para obter inicialmente as colisións entre eles e —achando a media das colisións mediante os procedementos da Mecánica estatística— obter finalmente a constante de velocidade. London e o propio Eyring, entre outros, desenvolveron métodos semiempíricos para simplificarlos cálculos. Un avance importante neste campo, que poderíamos denominar Química teórica das reaccións químicas, produciuse co desenvolvemento experimental dos feixes moleculares, que permitiu estudar reaccións con moléculas en determinados estados enerxéticos (de translación, electrónicos, de vibración e mesmo de rotación) realizándose colisións a ángulos fixados e determinando os produtos (con resolución enerxética) que se obteñen tamén en función do ángulo. Polas dificultades comentadas, o estudo da reacción química tivo que centrarse case exclusivamente no marco da teoría do estado de transición, desenvolvéndose diferentes aproximacións segundo o tipo de reaccións involucradas. Iso constituíu un pequeno problema pola atomización dos métodos utilizados. Non obstante, existen algunhas aproximacións que demostraron ter unha validez bastante xeral e que son as que brevemente comentaremos.

En primeiro lugar, debemos destacar os traballos de R. B. Woodward que, xunto con R. Hoffman, desenvolveu a Teoría da Conservación da

Simetría Orbital, de extraordinaria importancia para comprender a reacción química. Esta teoría desenvolveuse sobre a base da Teoría de OM, introducindo a idea de que nas reaccións concertadas ha conservarse a simetría orbital. Este, en principio, simple postulado foi un punto de apoio para comprender os mecanismos de reacción na Química orgánica e abriu na metade do século pasado un camiño racional e elegante para sintetizar novos compostos. A Química orgánica pasaba así de ser unha ciencia case exclusivamente empírica a ser unha ciencia na que se podía planificar e executar a síntese dunha molécula en termos concretos baseados en mecanismos de reacción. A combinación da teoría do estado de transición e a teoría de OM iniciada por Ingold nos anos trinta, xunto coa conservación da simetría orbital conduciron a un esquema de traballo no que Woodward foi un verdadeiro mestre que abriu o camiño para chegar ás complexas sínteses que hoxe somos capaces de apreciar nos laboratorios orgánicos de todo o mundo e que podemos definir como auténtica arquitectura molecular.

Dentro do capítulo de reaccións en disolución debemos destacar os traballos de P. Debye, J. N. Bronsted e N. Bjerrum, que introduciron a teoría de Debye-Hückel dos coeficientes de actividade de disolucións de electrólitos na estimación dos cambios entrópicos que teñen lugar durante a formación do complexo activado (estado de transición). Estes traballos foron de

grande importancia para comprende-la catálise ácido-base, tan importante en química.

L. Michaelis e M. L. Menten, no temperán ano de 1913, introduciron un esquema moi sinxelo para explica-la catálise enzimática. Este esquema, que se baseaba na formación dun complexo enzima-substrato como paso previo para a formación dos produtos, resultou se-la base da maioría dos mecanismos de reacción desenvolvidos para comprender este importante capítulo da Bioquímica moderna. Un esquema similar a este sería o estudiado algúns anos máis tarde por I. Langmuir para explica-la catálise heteroxénea, engadindo a idea de que agora o número de moléculas de reactivo que se poden unir ó catalizador para forma-lo complexo de adsorción pode ser maior ca un e vén limitado unicamente pola superficie do catalizador. Con isto, Langmuir daría a primeira explicación satisfactoria das isotermas de adsorción.

Dentro das reaccións de transferencia electrónica, o simple concepto acuñado por R. A. Marcus acerca das curvas de enerxía potencial, encadrado na Teoría do Estado de Transición, foi decisivo para comprender reaccións tan variadas como: reaccións redox, reaccións de transferencia electrónica en procesos biolóxicos, reaccións electroquímicas, etc.

Antes de abandona-lo extenso capítulo da cinética química, debemos destacar dous feitos moi importantes

que tiveron lugar neste século: por unha parte, o descubrimento das técnicas de relaxación por M. Eigen, nos anos cincuenta, conduciu ó desenvolvemento dun gran número de técnicas experimentais para o estudio de reaccións rápidas (reaccións que transcorren en tempos inferiores ó milisegundo, é dicir, inferiores ó tempo de mestura dos reactivos). Reaccións moi rápidas, como as de transferencia protónica ou electrónica, de tanta importancia nos organismos vivos, foron desta forma estudias en detalle e contribuíron de maneira decisiva ó avance dos nosos coñecementos sobre a química da materia viva.

En segundo lugar, B. B. Belousov e A. M. Zhabotinski descubriron —non sen pasar, o primeiro, longas penas para que os seus resultados foran aceptados pola comunidade científica—, tamén arredor dos anos cincuenta, as reaccións oscilantes (figura 1). Estas reaccións, que parecen a primeira vista contradicilas leis da termodinámica, foron a base para comprender cómo a materia pode autoorganizarse formando estruturas, sen que por iso haxa que cuestiona-la termodinámica. Este aspecto líganos, de forma inmediata, coa termodinámica dos procesos irreversibles. Foi Onsager quen desenvolveu nos anos trinta a teoría fenomenolóxica deses procesos (sistemas en réxime de non equilibrio). Onsager predixo que para sistemas non moi lonxe do equilibrio, debería existir unha relación lineal entre as forzas que

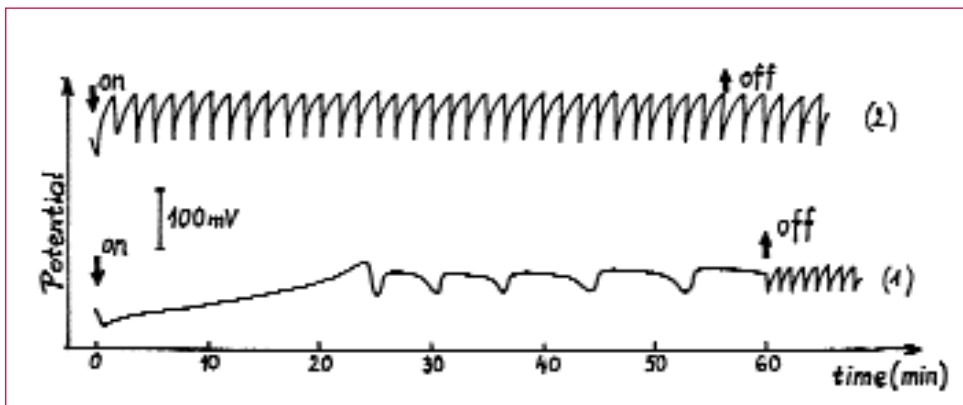


Figura 1. (a) Oscilacións observadas na concentración (proporcional ó potencial electroquímico) na reacción de 0.05M KBrO_3 , 0.2M ácido malónico, 1.0M ácido sulfúrico en presenza de dous catalizadores diferentes (curvas 1 e 2).

(b) Ondas espaciais observadas para a reacción anterior en presenza de ferroína.



levan o sistema fóra do equilibrio e a resposta do sistema (fluxos).

Esta teoría aplicaríase tamén ó estudo das reaccións químicas, pois estas representan unha forma particular de sistemas en non equilibrio. Sería axiña abandonada polos éxitos conseguidos coa Teoría do Estado de

Transición, que posúe unha base teórica máis sólida. Sen embargo, houbo que botar man dos avances realizados no campo dos fenómenos irreversibles para explicala orixe das reaccións oscilantes. Neste campo, I. Prigogine desenvolveu modelos sinxelos que explicaban de forma precisa a formación de estruturas coherentes (estructuras disipativas) en campos tan diferentes como a Física (láseres, convección, etc.), a Química (reaccións oscilantes, precipitación —aneis de Liesegang—, etc.), a Bioloxía (estructuras organizadas en insectos, estrutura de cunchas, etc.), a Ecoloxía, etc.

Se ben a comprensión de todos estes sistemas a partir dos primeiros principios é unha cuestión aínda por resolver, quedou sen embargo clara a conexión entre este gran número de fenómenos en campos tan diversos e establecéronse modelos comúns para todos eles. Tamén quedou clara a razón

da formación destas estruturas coherentes: os sistemas reaccionan fronte a un estado de non equilibrio (perturbación) da forma máis 'eficiente' posible e isto leva á formación de estruturas cando a perturbación aparta o sistema do equilibrio suficientemente como para levalo fóra da rexión de resposta lineal (teoría de Onsager). A palabra 'eficiente' non está sempre asociada, polo tanto, a que a produción da entropía sexa mínima (principio que só é válido para sistemas pouco apartados do equilibrio). Cando o sistema está apartado abondo do equilibrio podería 'reaccionar' á perturbación sen acudir a ese principio, procurando disipar a enerxía do sistema da forma máis eficiente, o cal, como se dixo, pode levar á formación de estruturas organizadas. Nos últimos anos desta centuria viuse que as estruturas que se orixinan nos sistemas de non equilibrio son sensíbeis ás condicións ambientais (condicións termodinámicas nas que se atopa o sistema), de modo que poden aparecer novas estruturas mediante un cambio nesas condicións (un mecanismo deste tipo podería explicala evolución das especies). Máis aínda, viuse que, en determinadas condicións, o sistema pode evolucionar cara ó caos. Neste estado, o comportamento do sistema faise tan extraordinariamente sensible ás condicións iniciais que resulta totalmente impredicible o seu comportamento (¡salvo que puidese-mos dispor dunha precisión infinita na determinación das condicións termodinámicas do sistema!). Aínda que se leva avanzado enormemente no estu-

dio destes sistemas non lineais, é este un campo aínda por explorar, sobre todo no das reaccións químicas axustadas que ocorren nos organismos vivos.

O estudio das interfases foi un dos que máis progresou durante o século pasado e contribuíu de forma decisiva ó avance en áreas tan importantes como a electroquímica, os coloides, a catálise heteroxénea e os polímeros en disolución. Dentro desta área debemos destaca-los importantes traballos levados acabo por G. Gouy, D. L. Chapman e O. Stern, que desenvolveron modelos da dobre capa eléctrica. Estes modelos serviron de base para a Teoría de Debye-Hückel (xa comentada) así como para obter o potencial de interacción en dispersións coloidais e disolucións de polielectrólitos, un dos cales, o potencial DLVO (debido a Derjauin, Landau, Verwey e Overbeek), resultou se-lo que lograría un maior ámbito de aplicación.

Desde que W. Nernst, a principios de século, deduciu termodinamicamente a relación lineal (que leva o seu nome) existente entre o potencial de equilibrio e o logaritmo da concentración nunha interfase M^{n+}/M , M =metal, a electroquímica tivo un avance máis ben lento debido ós escasos coñecementos que se tiñan tanto das interfases como da propia reacción química. Houbo que agarda-lo desenvolvemento da Teoría do Estado de Transición e a Teoría de Debye-Hückel dos electrólitos para que esta importante área comezara a deixar de ser unha ciencia con certos aires de 'alquimia'. A

proporcionalidade existente entre a densidade de corrente e a concentración serviu de base para que Heyrovsky ideara nos anos vinte unha das primeiras técnicas electroanalíticas: a polarografía, baseada nun electrodo de gotas de mercurio. O grande auxe que tivo esta técnica nos anos posteriores serviu ademais para estudar os procesos cinéticos que teñen lugar nos electrodos e estableceu así o paso a outros métodos electroquímicos amplamente utilizados hoxe en día (como a voltametría, a cronoamperometría, etc.).

A importancia de dispor de electrodos selectivos a unha determinada especie química como método electroanalítico selectivo foi posta de manifesto no desenvolvemento temperán do, hoxe moi popular, pHmetro, baseado nunha membrana sensible ós ións de H^+ . Nas últimas décadas deste século asistimos ó gran desenvolvemento de electrodos sensibles a un bo número de especies (moléculas contaminantes, ións metálicos pesados, gases, etc.), cada vez máis específicos, máis sensibles e de menor tamaño; de forma que deron paso, nestes últimos anos, ás matrices sensoras (narices e linguas electrónicos) formadas por unha ensamblaxe, de dimensións reducidas, de diferentes electrodos sensibles a diversas especies.

Convén resaltar agora as técnicas de microscopía de forzas, desenvolvidas na última década do século que nos ocupa, a raíz do importante descubrimento da microscopía de efecto túnel levada a cabo por H. Rohrer e

G. Binnig. Estas técnicas supuxeron un extraordinario avance no coñecemento das superficies, en xeral, e das interfaces electrificadas nos procesos electroquímicos, en particular. As posibilidades que abren estas innovadoras técnicas, que permiten ver realmente os átomos (figura 2) nos seus medios naturais, son extraordinarias. Así, a modo de exemplo, demostrouse

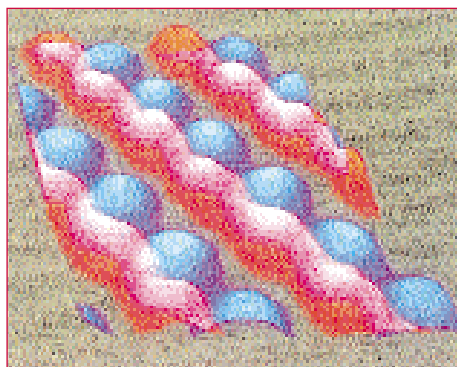


Figura 2. Imaxe da superficie dun cristal de silicio obtida por microscopía de efecto túnel. As esferas azuis representan os átomos de silicio situados sobre a superficie do cristal.

a posibilidade de realizar unha oxidación controlada dun só átomo na superficie dun sólido. Isto quere dicir que este século pasado, que comezou cunha serie de descubrimentos de fundamental transcendencia, non quixo abandonarnos sen antes lanzarnos cara a unha nova dimensión nas reaccións químicas: a posibilidade de levar a cabo, de forma sinxela, reaccións entre unicamente dous átomos ou dúas moléculas (¡imaxinemos por un momento a enorme densidade de información

que poderíamos almacenar nunha superficie mediante unha técnica deste tipo!). Sen dúbida, a nosa idea da reacción química, tanto desde un punto de vista experimental coma teórico, cambiará drasticamente nos vindeiros anos con estes nanolaboratorios, e estas técnicas constituirán unha verdadeira enxeñería atómico-molecular. Con ela poderase estudar o comportamento de átomos e moléculas individualmente, así como tamén a súa manipulación, o que poñerá a proba os nosos modelos e teorías atómico-moleculares.

Un campo de extraordinaria importancia, que quizais sexa o que máis ten influído nas nosas vidas, é o dos polímeros. Desenvolvidos fundamentalmente a raíz das explotacións petrolíferas, unha inxente cantidade de polímeros foron sintetizados durante este século, con propiedades que van desde os plásticos de grande elasticidade (cauchos, etc.) ata polímeros de dureza comparable ós aceiros máis resistentes (fibras de carbono). Estas propiedades pódense cambiar controlando adecuadamente a estrutura do polímero durante a súa síntese.

Un polímero pódese definir como unha molécula de elevada masa molecular. Aínda que hoxe en día a idea da existencia de moléculas con masas moleculares elevadas (macromoléculas) nos parece perfectamente aceptable, pois que convivimos con elas (plásticos), non era así a principios de século. Corrían xa os anos vinte cando o químico orgánico alemán Herman Staudinger recibía esta crítica dos seus

colegas, referíndose á posibilidade de existencia das macromoléculas: “déixeme advertilo do seu erro acerca das moléculas grandes; non hai moléculas orgánicas de masas moleculares superiores a 5.000. Recoméndolle que purifique os seus produtos adecuadamente e verá que o que vostede chama macromoléculas non son máis que agregados de moléculas pequenas...”. Nas seguintes décadas, non só se comprobaría que o erro era da comunidade científica da época que estaba de acordo con esas palabras, senón que o número de moléculas de polímeros descubertas (a maioría sintetizadas no laboratorio) aumentaría de forma tan drástica que cambiaría totalmente a nosa forma de vida. As posibilidades de formar polímeros con diferentes estruturas pero da mesma composición (homopolímeros), ou de composicións diferentes (heteropolímeros), así como de diferentes masas moleculares, abría de tal forma o abano de posibilidades que farían desta área unha das de maior riqueza en canto á posibilidade de dispoñer duns materiais cunhas propiedades determinadas. Se a isto engadímo-la posibilidade de mesturar diferentes polímeros no produto final (como por exemplo nos materiais compostos formados pola mestura de resinas epoxídicas con fibra de carbono que se caracterizan pola súa extraordinaria combinación de propiedades: dureza e lixeireza), teremos unha case ilimitada fonte de novos produtos.

Dous fitos importantes podemos destacar no avance desta fermosa área

científica, que se produciron arredor dos anos cincuenta. Por unha parte, o descubrimento realizado por Ziegler de que a coñecida síntese de polietileno de baixa cristalinidade e altamente ramificado realizada a altas presións, podía levarse a cabo a temperatura ambiente e a presión atmosférica mediante un catalizador preparado a partir dun alquilo de aluminio e un haluro dun metal de transición. Pero o que resultou máis importante foi que a reacción non só era máis fácil, senón as novas características do polietileno obtido: era un polímero lineal altamente cristalino e dunha gran densidade. G. Natta desenvolvería nos seguintes anos outros catalizadores, hoxe coñecidos como catalizadores Ziegler-Natta, que permiten controla-la estereorregularidade dos polímeros obtidos. Dous anos antes de que lles concederan a ambos o Nobel (1963) polo descubrimento destes importantes catalizadores, escribía Natta un artigo en *Scientific American* co suxestivo e descritivo título “Polímeros construídos de forma precisa” (algo así como polímeros construído ‘á carta’), que daba conta do importante salto cualitativo que se produciría na síntese de polímeros ó poder regula-la súa estereoquímica. Por outra parte, tamén nos anos cincuenta, P. J. Flory, en colaboración con M. L. Huggins, introducía a súa teoría estatística das disolucións de polímeros. Abríase a explicación do comportamento quimicofísico das macromoléculas en disolución. Flory refinaría —nos anos cincuenta e sesenta— a súa teoría na forma que se considera actualmente.

Iso, xunto coas ideas das leis de escalado que incorporou P.-G. de Gennes (procedentes dos fenómenos críticos) nos anos sesenta e setenta, constitúe a base sólida na que se fundamentan as ideas actuais das disolucións de polímeros.

Tocante ós fenómenos críticos, cabe destacar que a súa interpretación foi un campo, en principio, vedado á maioría das teorías desenvolvidas desde principios de século, debido sobre todo á existencia de grandes fluctuacións das magnitudes termodinámicas existentes nos sistemas próximos a un punto crítico. O único que se coñecía ata o derradeiro tercio do século pasado era a existencia de leis de escala: estas leis experimentais predín que, ó se aproximar ó punto crítico, a maior parte das magnitudes fiscoquímicas ou ben se anulan ou ben diverxen mediante unha lei de potencias (exemplo: γ -tensión interfacial- $\propto \epsilon^x$, representando ϵ a distancia ó punto crítico e x un expoñente crítico universal). H. E. Stanley introduciu a primeira explicación das leis de escala encontradas nas rexións críticas baseándose na Teoría do Grupo de Renormalización desenvolvida por K. Wilson. Con isto chegábase a comprender e a calcular de forma cuantitativa propiedades quimicofísicas en sistemas con fluctuacións importantes nas magnitudes termodinámicas.

É evidente que neste curto espazo non podemos cubrir tódolos aspectos da química que desexaríamos. Existe un monte deles que fican no tinheiro. Por exemplo, os métodos de

simulación por ordenador que conformaron un novo e poderoso vértice no triángulo que agora forma coa teoría e os experimentos. Os métodos espectroscópicos (microondas, infravermello, UV-Vis, fluorescencia e fosforescencia, resonancias de spin e nuclear, etc.) que viron o seu nacemento, crecemento e consolidación neste século e deron lugar a unha morea de técnicas analíticas tanto de aplicación xeral como de investigación. As técnicas de difracción (de electróns, raios X, neutróns e luz láser) que viron a aparición de novas e potentes fontes de radiación, aproveitando a radiación da freada (*Bremsstrahlung*) nas instalacións dos aceleradores de partículas (sincrotrón). A química dos compostos inorgánicos, entre os que deberíamos resalta-los compostos organometálicos de tanta utilidade na catálise homoxénea e a síntese de polímeros antes mencionada; a química dos compostos de coordinación; os compostos deficientes de electróns; a química do silicio e os semicondutores, que supuxeron o nacemento da industria electrónica,

quizais a máis representativa deste século pasado; os supercondutores de alta temperatura que nos deixan ante o novo século co reto de entendermos cómo e por qué os electróns (recorde-mos, de spin semienteiro) poden apiñarse formando entidades de spin enteiro e, polo tanto, moverse xuntos de forma coherente (como o poden facer os fotóns) sen resistencia eléctrica. As baterías, células de combustible e a fotoelectroquímica, que constitúen as bases dos novos métodos de produción, conversión e almacenamento de enerxías limpas (enerxías sen combustión); etc.

Quixemos amosar aquí algúns dos aspectos máis relevantes das diversas áreas que tiveron unha grande importancia no desenvolvemento da Química do século XX. Moitos outros, tamén importantes, non viron a luz neste —necesariamente curto— artigo, xa non só por falta de espazo, senón pola necesidade de coñecementos específicos nas diversas áreas implicadas¹.



¹ Agradecementos: quixera agradecer a Saulo Vázquez, M. Carmen Blanco e Enrique Guitián os seus valiosos comentarios e a revisión dalgunhas partes deste artigo, asumindo que a responsabilidade última dos erros que nel se poidan atopar é unicamente do autor.

A BIOQUÍMICA NO FINAL DO MILENIO. UN SÉCULO DE HISTORIA

*Manuel Freire Rama**
Universidade de Santiago
de Compostela

PREÁMBULO

En poucos casos a traxectoria dunha ciencia pode asignarse a un período tan curto coma no caso da Bioquímica: o século XX comprende o período do seu nacemento e tamén o da súa consolidación a un moi elevado nivel.

Estamos, entón, diante da máis nova pero se cadra a máis desenvolvida rama das ciencias da vida. A súa competencia na caracterización das reaccións que experimentan as moléculas que compoñen as células para dar lugar á súa actividade biolóxica e, polo tanto, á de tódolos seres vivos, fai que se constitúa nunha ciencia básica á que hai que recorrer para explica-lo fundamento do crecemento, o desenvolvemento e ata a enfermidade e morte dos organismos. Entroncan nela outras ramas das ciencias da vida, especialmente a Microbioloxía, a Xenética e a Fisioloxía.

Pola transcendencia dos seus obxectivos, enténdese a súa importancia e tamén a razón do seu espectacular desenvolvemento, especialmente nos últimos lustros deste século. A influencia que o coñecemento dos procesos biolóxicos ten na nosa sociedade, ó permitir incidir neles para a produción de alimentos, de fármacos e para remedialas súas patoloxías, proporciona importantes argumentos para xustificar a relevancia dos estudos bioquímicos.

Neste artigo ímonos introducir, coa síntese que isto require, nas vicisitudes desta ciencia ó longo do século XX, que coincide coa súa propia historia. Aínda que foron moitos os implicados —cunha morea de achegas que contribuíron á promoción do desenvolvemento científico da Bioquímica— referirémonos, en prol da síntese antes apuntada, ós personaxes e fitos científicos máis relevantes. O que, de xeito ningún, pode significar un menosprezo dos centenares de científicos e descubrimentos que marcan a historia da Bioquímica.

* Catedrático de Bioquímica e Bioloxía Molecular.

ASORIXES

A Bioquímica ten a súa xénese na adecuación da Química orgánica ós procesos biolóxicos, ó estudio das funcións do organismo vivo. Segundo isto, a Bioquímica aparece como unha ciencia confluyente cos estudos químicos e fisiolóxicos dos seres vivos. O preludio desta xénese lévanos contra mediados da segunda metade do século XIX, tempo no que o coñecemento dos constituintes químicos da materia viva xa acadaban un certo nivel. É a partir deste incipiente coñecemento cando, xa no ocaso do século XIX, se sentarían as bases para consolida-lo nacemento da Bioquímica.

Así, o termo Bioquímica foi introducido por primeira vez en 1903 polo alemán Carl Neuberg (que, como veremos máis adiante, foi o creador dunha formidable escola de investigadores bioquímicos) para designa-las súas achegas, e mailas doutros, no eido da caracterización das estruturas dos compoñentes das células e a súa función dentro delas.

Por todo isto, é importante facer unha breve recapitulación do estadio no que, a finais do século XIX, se atopaba o coñecemento da composición química da materia viva e en estudos que tiveran a súa orixe na análise química dos alimentos, no estudio dos compoñentes do corpo humano, dos microorganismos e nos métodos da síntese química.

O coñecemento da composición química dos seres vivos nace co propio século XIX. Así, cos traballos de Gay Lussac e Thénard, arredor de 1811, nos que se determina a composición elemental do azucre de cana, iníciase o estudio dos hidratos de carbono como compoñentes da materia viva. Case dúas décadas máis tarde, en 1827, os traballos do médico inglés Willian Prout permitiron progresar neste coñecemento ó establecer que os alimentos contiñan, amais de hidratos de carbono, graxas e uns compoñentes que se denominarían, unha década máis tarde (1838), proteínas; así que xa na primeira metade do século XIX, as proteínas considerábanse moléculas primordiais dos seres vivos. Mulder, en 1838, describe as 'proteínas' como 'os primeiros' dos compoñentes do sangue, ovos e queixo.

Os ácidos nucleicos non foron descubertos ata avanzada a segunda metade do século XIX. Miescher illou por primeira vez o ADN en 1869. Quedaba un longo camiño por percorrer ata chegar a establece-las estruturas dos principais compoñentes químicos da materia viva, as proteínas e os ácidos nucleicos, o que non se lograría ata as primeiras décadas do século XX. É, polo tanto, comprensible que a Bioquímica non acadara un desenvolvemento importante ata eses anos.

Sen embargo, a idea de relaciona-la composición da materia viva coa actividade biolóxica xa aparece incipientemente no mesmo século XIX, cando aínda estaban a aflora-los

coñecementos dos tipos moleculares presentes nela. A isto contribuía a propia observación da natureza, que diversos e importantes científicos fixeron cos precarios medios daquela dispoñibles. Así, o estudio de procesos como a combustión, a respiración, a nutrición, constituíron fontes de importante promoción do coñecemento: o ciclo do carbono en animais e plantas, establecido por Justus Von Liebig; a relación entre combustión e respiración, co desprendemento de CO_2 , descuberto por Lavoisier; o proceso de acción dos zumes gástricos, que levou a Berzelius, en 1835, a introducir o termo 'catálise' para designa-lo proceso de degradación dos alimentos.

O estudio da catálise promoveu o desenvolvemento da teoría da acción das enzimas, ó coñecemento das cales contribuirían de xeito determinante os estudos de Emil Fischer en 1852, pioneiros en recoñecer-las catalizadores como proteínas que exercen a súa acción por unha adecuada interacción das enzimas cos substratos que se catalizan: a teoría da chave-pechadura. O termo enzima, para referirse a estes catalizadores biolóxicos, foi máis tarde introducido por Kühne, en 1878.

Outra das achegas que, no século XIX, axudaron a consolidar-las bases sobre as que se fundamentaría o desenvolvemento da Bioquímica e da propia Bioloxía no século XX, foi a teoría da organización celular, que Schwann presentou en 1836: os 'gránulos celulares' como contedores unitarios dos procesos químicos da materia viva. O

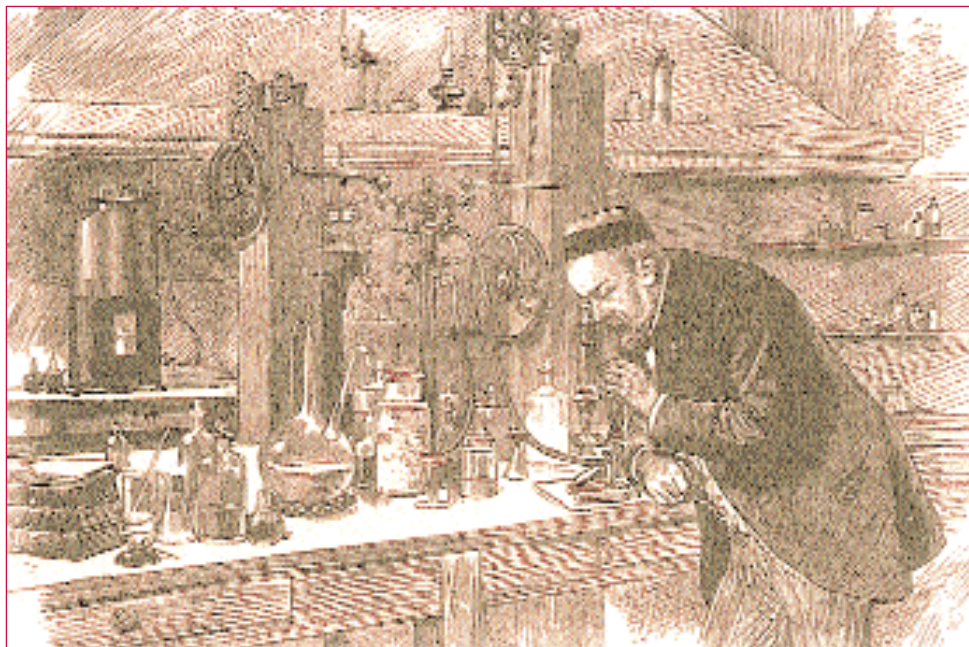
mesmo Schwann, tres anos máis tarde, aplicaría o termo 'forza metabólica' para designa-los procesos nas células: introducíase o termo 'metabolismo' co sentido actual. Con todo isto, o sistema biolóxico sobre o que, de forma extraordinaria, recaería a atención bioquímica naqueles anos foi a fermentación; tal vez pola transcendencia social que tiña —e segue tendo— a preparación de produtos tan importantes para os nosos hábitos nutricionais como son o pan, o viño, o queixo, etc.

Desde finais do século XVI, cando o belga Jan Baptiste Van Helmot, discípulo de Paracelso, descubriu o desprendemento de CO_2 na fermentación da uva e da malta, ata ben entrado o século XX, a fermentación de extractos e zumes biolóxicos ocupou a dedicación de decenas de investigadores, mesmo nos anos —especialmente do século XIX— nos que, a pesar do apreciable avance no coñecemento dos compoñentes químicos dos seres vivos aínda se andaba lonxe de establecer-las súas relacións coa actividade biolóxica.

O estudio do proceso da fermentación do extracto de uva por Pasteur, Schwann e outros, levou a mediados do século XIX a establecer que a fermentación estaba ligada á presenza dos lévedos; os 'fermentos' eran estes microorganismos que se multiplicaban como causa da fermentación. Estas observacións significaban un soporte para a teoría vitalista (a vida como resultado dunha forza vital 'sobrenatural' presente dentro dos organismos) inoperante na primeira metade do

século XIX. Sen embargo, a conclusión á que Liebig e Berzelius chegan no seu estudio —xa entrada a segunda meta-

de do século XIX—, de que a fermentación era un proceso químico, alentaba a rotura do vitalismo.



Pasteur no seu Laboratorio. Gravado de *The Graphic*, 1885.

A investigación da fermentación non só ía romper de vez co modelo vitalista na Bioloxía senón que, no último lustro do século XIX, ía revolucionalo propio estudio desta ciencia; a isto contribuíu o experimento de Eduard Buchner, que conseguiu (1897) reproducir a transformación da glicosa en alcohol utilizando extractos de lévedos. Demostrábase que a ‘vida’ podía saír das células. Podíanse reconstruír *in*

vitro os procesos que as células realizaban *in vivo*, dentro delas.

O extracto de lévedos de Buchner, denominado entón ‘zimasa’, foi obxecto de intensa investigación nos primeiros anos do século XX. Investigación diversificada na caracterización dos compoñentes da zimasa e da propia fermentación, así como da súa función no proceso: nacía a Bioquímica.

A CONSOLIDACIÓN. A PRIMEIRA METADE DO SÉCULO XX

A Bioquímica consolídase como importante ciencia da vida nos primeiros cincuenta anos dos século XX. A resolución de varios retos que na Bioloxía se consideraban importantes, prioritarios, a xuízo das achegas debidas ás investigacións biolóxicas do século XIX: a caracterización das reaccións enzimáticas e das estruturas das proteínas, así como a resolución do proceso da fermentación, foron logros que consolidaron a súa posición.

DA REACCIÓN ENZIMÁTICA ÁS RUTAS METABÓLICAS

Cronoloxicamente, a caracterización da reacción enzimática foi o primeiro dos importantes retos resolto pola investigación bioquímica; foron básicos os traballos pioneiros de Berzelius e Emil Fischer. De maneira que, o que hoxe coñecemos como mecanismos cinéticos —transformación dos substratos por interacción específica coa enzima, a través de complexos enzima-substratos dos que se xeran os produtos das reaccións bioquímicas— e como ecuacións e constantes cinéticas —que permiten a rápida e fácil caracterización das posibilidades catalíticas e regulatorias das enzimas— foron establecidos na primeira década do século XX.

Diversas liñas de traballo, de diferentes grupos, contribuíron a todo isto. A purificación de enzimas, iniciada por Richard Willstätter; a caracterización

do complexo enzima-substrato para a catálise por Henry e Brown; a teoría do estado estacionario e o desenvolvemento das ecuacións cinéticas achegadas por Biggs, Haldane, Menten e Michaelis, entre outros, fixeron que xa en 1913 se chegara a un elevado grao de coñecemento da reacción bioquímica.

As constantes achegas que, a partir destes anos, se fixeron sobre a base do illamento e purificación de moitas enzimas —incluída a cristalización dunha delas por Summer en 1926, a ureasa— permitiron afondar no coñecemento dos procesos metabólicos; estableceuse que estes non eran máis que unha concatenación de reaccións enzimáticas que compartían substratos e produtos, e que os datos obtidos nos laboratorios eran perfectamente extrapolables ás reaccións metabólicas *in vivo*. O paradigma do estudo do metabolismo —non podía ser doutro xeito— constituíuno a investigación da fermentación, que foi a primeira ruta metabólica estudiada. Era todo un desafío á habilidade investigadora o establecer cómo aquel extracto conseguido ó triturar levaduras nun morteiro e suspendido nun medio acuoso, é dicir, a ‘zimasa’ de Buchner, era quen de transforma-la glicosa en etanol. O alemán Carl Neuberg e os seus discípulos Embden, Mayerhof e Parnas levaron a cabo os primeiros traballos de dilucidación das reaccións polas diferentes enzimas contidas na zimasa capaces de transforma-la glicosa en dúas moléculas de etanol e dúas de

anhídrido carbónico. Esta ruta denominouse glicólise.

O completo coñecemento das reaccións bioquímicas desta ruta esencial para tódolos seres vivos non se tivo ata ben entrados os anos corenta. A isto tamén contribuíron bioquímicos das escolas alemanas. Alemaña lideraba daquela a maior parte das diferentes ramas da ciencia, como é sabido. Así, Warburg, Kalchar, Lipman, ós que se uniu Ochoa (foi discípulo de Meyerhof), contribuíron a completa-lo moi importante aspecto enerxético da glicólise, concretada na síntese da molécula enerxética por excelencia: o ATP (descuberto en 1929 por Fiske e Subbarow). Estableceuse, ademais, que a síntese de ATP era a finalidade primordial da glicólise e diferenciouse a eficiencia deste proceso en distintos organismos aerobios e anaerobios. Canda os estudos da glicólise, nas primeiras décadas do século XX, progresaron de xeito notable os estudos doutras facetas do metabolismo das células tales como o metabolismo do glicóxeno, brillantemente descuberto por Carl e Gerty Cori no seu laboratorio de St. Louis; o estudo das transformacións das graxas e dos ácidos graxos, de Knoop, Lypman e Lynen; dos aminoácidos por Embden e Knoop; do ciclo da urea por Krebs e Henseleit; e do ciclo do ácido cítrico, bautizado como ciclo Krebs, que na súa Alemaña de orixe e logo en Inglaterra, lograra establece-la degradación cíclica do acetil-coenzima A, aínda que as súas principais reaccións foran descubertas por Ochoa (xa

nos Estados Unidos) e algunhas por Knoop e Szent-Györgyi.

Xunta o estudio das transformacións metabólicas dos compoñentes celulares menos complexos (azucres, graxa, aminoácidos), ou o que se denominou metabolismo intermediario, unha intensa actividade investigadora foi tamén despregada na primeira metade do século no estudio da fotosíntese. Así os traballos pioneiros de Hill, Warburg, Ochoa, Horecker, Calvin e Arnon, principalmente, chegaron a establece-los mecanismos polos que as células vexetais, nas reaccións localizadas nos seus cloroplastos, eran capaces de, co simple recurso externo da auga, do anhídrido carbónico, de compoñentes minerais e da luz, producir enerxía biolóxica (ATP) para xera-la síntese de azucres, graxas, aminoácidos, etc., é dicir, tódolos nutrientes. A fábrica biotecnolóxica máis formidable e barata. Debemos apuntar que hoxe en día ó home abundaríalle con conserva-la conforme nola deu a natureza, máis que incidir na manipulación de procesos dos que se consegue un rendemento e eficaz aproveitamento co simple coidado e prevención da agresión e a contaminación ambiental.

A ESTRUCTURA DAS PROTEÍNAS

Unha faceta da investigación bioquímica que debemos salienta-la pola súa especial transcendencia, e que se desenvolveu paralelamente ó estudio do metabolismo na primeira metade do século XX, é o estudio estrutural das proteínas. A súa importancia

queda claramente resaltada ó ser estes compoñentes celulares os responsables das diferentes reaccións bioquímicas, por constituírense nas estruturas das propias enzimas.

A complexidade estrutural das proteínas é facilmente deducible por estar formadas por vinte aminoácidos diferentes que, en distinta proporción e orde, se concatenan por centos nas proteínas. A isto hai que engadi-la presenza de decenas de miles de especies moleculares de proteínas diferentes nas células. É fácil acredita-lo mérito que tiveron, a teor dos medios dispoñibles, as achegas sobre a estrutura das proteínas aparecidas nas primeiras décadas do século XX.

O estudio das estruturas das proteínas iniciouse nos primeiros anos do século XX (1905-1920); partindo da análise dos seus hidrolizados —levados a cabo por Haberman, Schützenberg e Fischer— estableceuse a súa composición por aminoácidos. O propio Fischer e mais Hofmeister propuxeron a teoría da concatenación peptídica da estrutura das proteínas (os aminoácidos ligaríanse por enlaces similares ós das peptonas, de aí o seu nome de estrutura peptídica). A consideración das proteínas como macromoléculas, con tamaños superiores á vintena de aminoácidos concatenados, foi introducida por Standinger e Swedberg; a teoría foi moi controvertida naqueles anos, tanto que Standinger recibiu o premio Nobel en 1953, trinta e tres anos máis tarde da súa proposta.

Rematando a primeira metade do século XX, a aplicación das técnicas de difracción de raios X a proteínas cristalizadas propiciaría un espectacular avance no coñecemento da estrutura das proteínas. De acordo coa distancia entre os átomos e grupos de átomos destas moléculas, obtidas por raios X, e apoiándose na construción de modelos moleculares a escala das distancias atómicas, o americano Linus Pauling propuxo os modelos de distribución espacial da cadea de proteínas: as hélices α . A forma que adoptarían as concatenacións de aminoácidos é a dunha hélice, coma unha escaleira de caracol. Este modelo demostrouse, co tempo, xeneralizado á maioría das proteínas, aínda que agora sabemos que estas conformacións en hélice α coexisten con outras menos abundantes, descubertas naqueles anos, correspondentes a interaccións entre cadeas de proteínas de disposición lineal: lámina β (ou β -queratina) e as distribucións espaciais irregulares sen unha figura xeométrica definida.

Os relevantes traballos pioneiros de Pauling sobre as estruturas das proteínas, non só abriron o camiño para a análise estrutural das proteínas, cada vez máis de actualidade, senón que foron referencia clave para a determinación da estrutura do ADN, que máis adiante veremos.

Sen embargo, o coñecemento da distribución espacial dos átomos dunha proteína é só unha parte da cuestión referida á estrutura da molécula. A outra, e moi importante, é o

coñecemento da súa estrutura primaria: o número e a orde en que os aminoácidos se dispoñen na cadea que constitúe a proteína. Coa secuenciación da primeira proteína, a insulina, por Sanger, no ano 1951, consolidárase a laboriosa metodoloxía para coñecer a estrutura primaria das proteínas.

Nas primeiras décadas do século XX, prodúcese unha importante consolidación da Bioquímica; o coñecemento do funcionamento das proteínas, os hidratos de carbono, lípidos, aminoácidos e outras moléculas pequenas dentro das células acadou un importante nivel. A progresión no esclarecemento das estruturas de moitas das proteínas celulares e o descubrimento das estruturas e función dos ácidos nucleicos, que se produciría nos primeiros anos da segunda metade do século XX, propiciarían un espectacular progreso no coñecemento non só do resultado de moitas rutas metabólicas, senón dos detalles dos seus mecanismos moleculares.

O GRAN DESENVOLVEMENTO. A SEGUNDA METADE DO SÉCULO XX

Malia o nivel de coñecemento do metabolismo alcanzado na primeira metade do século XX, era completamente descoñecida a orixe molecular das proteínas, así como a estrutura e a función celular dos ácidos nucleicos.

Desde os experimentos de Mendel, en 1866, nos que se apuntaba unha relación entre determinados

factores xenéticos e os trazos hereditarios dos individuos, ata os traballos de Beadle e Tatum en 1940, que establecían unha directa relación entre unha estrutura xenética básica: un xene, e a produción dunha enzima, pouco se avanzara no coñecemento de estruturas dos ácidos nucleicos e no esclarecemento da súa función celular ou a produción de enzimas.

As observacións de Linus Pauling a finais dos anos corenta sobre a estrutura das globinas dos individuos coa anemia falciforme, que confirmaban unha relación entre mutación xenética e alteracións da secuencia de aminoácidos das proteínas, e o coñecemento de que o ADN —descuberto por Miescher en 1869— estaba constituído por cadeas de nucleótidos, permitiron establecer, entrado o ano 1950, a colinearidade entre secuencia de nucleótidos do ADN e secuencia de aminoácidos das proteínas.

A DOBRE HÉLICE

No ano 1953 presentaríase un resultado que ía propiciar unha espectacular aceleración na investigación bioquímica dos ácidos nucleicos e as proteínas. Nese ano, James D. Watson e Francis Crick publicaron na revista *Nature* as conclusións do seu traballo sobre o modelo estrutural do ADN: a dobre hélice.

Baseándose nos datos de difracción de raios X de cristais de ADN bacteriano obtidos por Wilkins e Franklin, e seguindo unha metodoloxía de

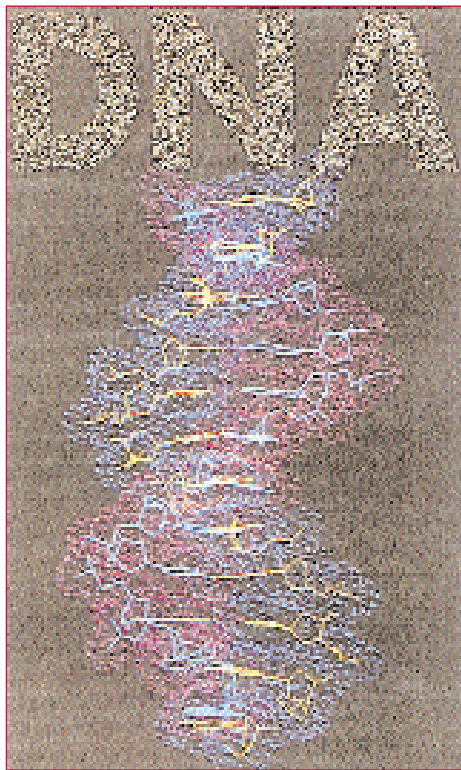


Os doutores James Dewey Watson e Francis Harry Compton Crick pasan xunta un modelo a escala da estrutura do DNA descuberta por eles.

construcción de modelos a escala, tal como fixera Pauling para establece-los modelos estruturais das proteínas, nos laboratorios da Universidade de Cambridge, propuxeron unha estrutura para o ADN consistente nunha dobre cadea enfrontada, en dirección antiparalela, e mantida como unha dobre hélice por emparellamento de bases A-T e G-C mediante enlaces de pontes de hidróxeno.

O modelo permitía explica-la reprodución celular, na cal os caracteres xenéticos, os xenes do ADN, eran transmitidos fielmente pola súa duplicación semiconservativa. Un cromosoma era fielmente copiado, de maneira

que cada un dos cromosomas xerados conservaba unha febra do orixinal, pasando cada copia a cada unha das células nacentes. Esta situación reproducíase tanto na xeración de organismos unicelulares coma nos embrións dos organismos superiores. Precisamente, como se foi coñecendo ó longo dos seguintes anos, un dos éxitos do modelo de Watson e Crick era a súa universalidade, que respondía ás características estruturais do ADN presente en todo tipo de células. Da mesma maneira, os estudos da síntese de ADN, a replicación, iniciados por Arthur Kornberg uns anos máis tarde, viñeron a demostra-la universalidade



Visión coloreada no ordenador dunha cadea de DNA enroscada en dobre hélice.

das reaccións bioquímicas básicas implicadas neste proceso nos diferentes tipos celulares. De novo, como ocurría co metabolismo da glicosa ou outros nutrientes, constatabase a universalidade dos principios básicos de igualdade da estruturación e actividade das moléculas dos seres vivos.

A EXPRESIÓN XÉNICA

Quedaba por resolver, sen embargo, unha importante cuestión: a

relación bioquímica entre o ADN, os xenes e as proteínas. A asignación do papel biolóxico do ARN, xa entrados os anos sesenta, ía esclarece-los mecanismos moleculares desta relación.

Os ácidos ribonucleicos (ARN), descubertos nas primeiras décadas do século XX, non foron caracterizados nos diferentes tipos que hoxe coñecemos: ARN mensaxeiro (ARNm), ARN ribosómico (ARNr) e ARN transferente (ARNt) ata mediados os anos sesenta. O descubrimento en 1956 do ARNm por Volkin e Astrachan, como unha molécula que contiña unha secuencia fiel a unha febra do ADN, marcou o inicio da caracterización da expresión xénica, proceso que foi totalmente determinado en menos dunha década. A expresión xénica, a capacidade dun xene para ordena-la síntese dunha proteína era o resultado da produción dun ARNm por unha das febras do ADN cunha secuencia de nucleótidos que era traducida, a continuación, nunha secuencia concreta de aminoácidos dunha proteína, mediante unha ruta metabólica realizada nos ribosomas, coa participación do ARNt e do ARNr e cun mecanismo esencialmente idéntico en tódolos seres vivos.

É admirable que a dilucidación da concatenación de reaccións bioquímicas, moi complexas, que dan lugar á expresión dun xene, se resolvera en tan curto período de tempo, polo menos nos seus aspectos moleculares máis esenciais. O máis notorio das achegas que permitiron establece-la relación funcional do ADN coa síntese de

proteínas, poderíamos resumilo en tres grandes liñas experimentais: a presentación do mecanismo molecular da expresión dun xene nunha bacteria, o establecemento do código xenético e o descubrimento da ruta metabólica para a síntese das proteínas nos ribosomas.

A descrición da expresión xénica da β -Galactosidasa publicada por Francois Jacob e Jacques Monod, en 1961, na que se delineaba a síntese intermedia dun ARNm e a produción da proteína codificada por el, marcou un fito na demostración das vías metabólicas que conducían á relación do ADN coa síntese dunha proteína.

Canto ó código xenético, a relación das secuencias de nucleótidos do ADN capaces de codificar, de dirixir, a presenza dun aminoácido determinado na secuencia dunha proteína, foi establecido entre 1962 e 1966 nunha carreira vertixinosa e competitiva de experimentación dos grupos de Nirenberg e Ochoa. A experimentación converxeu na conclusión dun código de transmisión xenética, na que se establecía que cada aminoácido dunha proteína resultaba codificado por un triplete universal de nucleótidos, resultado da combinación de tres dos catro nucleótidos diferentes presentes no ADN, coas bases: adenina, citosina, guanina e timina, de todos coñecidas. Os traballos de síntese química de Khorana e de análises xenéticas de Crick contribuíron a corroboralos resultados de Nirenberg e Ochoa.

A ruta metabólica para a síntese de proteínas implica a culminación do proceso da expresión dun xene, no que se produce a tradución da 'mensaxe' implícita na secuencia de nucleótidos dun ARNm nunha secuencia de aminoácidos dunha proteína, pola mediación dos ARNt (transportadores de aminoácidos e 'adaptadores' da secuencia do ARNm á da proteína que vai ser sintetizada) e dos ARNr presentes nos ribosomas, orgánulos que constitúen a 'mesa de traballo' na que se realiza a síntese de proteínas. Varios son os grupos de investigadores que, cos seus traballos, favoreceron o esclarecemento dos mecanismos moleculares desta ruta metabólica, a principios dos setenta. O grupo de Severo Ochoa foi o máis notable deles.

O FINAL DO MILENIO E O FUTURO

Chegado o derradeiro cuarto do século, establecérase a forma na que os ácidos nucleicos se implicaban na actividade celular completando o que poderíamos denominar 'cadro metabólico das células', de forma que se daba resposta, a nivel molecular, á antes denominada forza vital dos seres vivos, incluída a súa capacidade para transmitir e conserva-los seus caracteres xenéticos. Pero o avance do estudio bioquímico tiña por diante a resolución de varias cuestións aínda moi transcendentales. Era coñecida a replicación do cromosoma, pero, ¿que eventos moleculares gobernan a súa regulación e o proceso da división das células, básico

na reprodución e mesmo no mantemento dos organismos?, ¿por que morren e envellecen as células?, ¿cal é a orixe molecular das enfermidades? Moitas preguntas para ser completamente resolvidas na última vintena do milenio. A pesar disto, logrouse afondar en varias delas de xeito notable durante eses anos. Tamén o derradeiro cuarto de século foi especialmente xeneroso na incorporación de novas metodoloxías que foron decisivas para dar un gran pulo á investigación bioquímica. En resumo, poderíamos sinala-la introducción das técnicas inmuno-lóxicas, o uso de anticorpos dirixidos contra as estruturas das diferentes proteínas purificadas das células, que constitúen un excelente instrumento para caracteriza-los mecanismos da súa actividade bioquímica. O método baséase na alta e selectiva especificidade que os anticorpos posúen para recoñece-las proteínas das que derivan. Mencionemos, de pasada, a utilidade dos anticorpos con finalidades terapéuticas no control de infeccións.

Sen embargo, a metodoloxía do ADN recombinante é, sen dúbida, a estrela no referente á achega de forza innovadora á investigación bioquímica. Utilizando enzimas e substratos implicados no metabolismo dos ácidos nucleicos, e incorporando ademais as enzimas de restricción (descubertas por Arber en 1962 e purificadas por Nathaus e Smith unha década máis tarde), así como a transfección e crecemento de plásmidos bacterianos, os grupos de Boyer, Cohen e Berg

desenvolven as técnicas de clonación do ADN nos seus laboratorios nos Estados Unidos a mediados dos anos setenta.

En síntese, a clonación do ADN permite a multiplicación selectiva de parte de cromosomas da célula, especificamente útiles, como os que corresponden ás estruturas dos xenes que posúen a información para a biosíntese dunha determinada proteína. A isto hai que engadir que, paralelamente ó desenvolvemento das técnicas de clonación do ADN, o inglés F. Sanger (que secuenciara por primeira vez unha proteína, a insulina, unha vintena de anos antes) e os americanos Maxam e Gilbert, desenvolveron a metodoloxía para a secuenciación do ADN. Con todo isto propiciouse a rápida selección e secuenciación dun xene e dispúxose entón dun formidable medio para caracterizar non só os xenes, senón as secuencias das proteínas que estes codifican. Temos que advertir que a secuenciación automática dunha proteína completa, aínda hoxe en día, é inaccesible en períodos de tempo inferiores a varios anos. A secuenciación de fragmentos de proteínas, da orde da vintena de aminoácidos, nos secuenciadores automáticos, é posible en poucas horas. Esta posibilidade é suficiente referencia, sen entrar en detalles, para deduci-la súa completa estrutura primaria a partir dos datos de secuenciación do ADN do seu xene.

O uso da metodoloxía do ADN recombinante non só acelerou o coñecemento das estruturas das proteínas

e os xenes, senón que permitiu incidir de forma determinante na expresión xénica, chegando á súa manipulación *in vivo*. A produción de ADN recombinado en vectores (virus ou plásmidos) que poden ser introducidos nas células para inhibir ou activar nelas a expresión dunha proteína concreta ou integrarse ó xenoma celular abriu un abano de posibilidades para perfeccionalo coñecemento das actividades bioquímicas das proteínas. A súa utilidade chegou a posibilita-la 'reparación' de disfuncións en diversas patoloxías, ou á xeración de individuos transxénicos, pola alteración dirixida dun xene en células xerminais. O que nos conduce ó mundo, xa popularizado, da 'terapia xénica', aínda nun incipiente grao de experiencia.

A metodoloxía da reacción en cadea da polimerasa (PCR), introducida por K. Mullis en 1985, e coa que, en esencia, se consegue a rápida multiplicación selectiva de fragmentos de ADN, veu a enriquece-las posibilidades de análise e manipulación do propio ADN.

Coas novas e as clásicas metodoloxías avanzouse significativamente no coñecemento dos procesos bioquímicos que permiten e controlan a división das células, e tamén a súa morte. De maneira que se demostrou que tanto a división das células como a súa morte biolóxica (coñecida como apoptose) son procesos nos que interveñen centenaes de proteínas, moitas delas xa coñecidas, e constitúense en actividades metabólicas localizadas en diferen-

tes partes das células que se coordinan e regulan de acordo con sinais moleculares específicos; é dicir, coma calquera outra ruta metabólica, aínda que a súa complexidade sexa grande.

Por outra parte, os procesos de comunicación celular reveláronse na última década do milenio como rutas metabólicas básicas en todo tipo de células. O concepto clásico de regulación hormonal substituíuse polo de sinalización celular, xa que a diversidade de sinais, de tipos moleculares, que participan na comunicación entre células, incluso dentro dos mesmos tecidos, supera, con moito, a clásica proposta das coñecidas hormonas, afectando a todo tipo de procesos desde o metabolismo das pequenas biomoléculas ata a expresión xénica, pasando pola división e a morte das células.

Así mesmo, a capacidade de avanzar no coñecemento dos mecanismos moleculares da actividade celular levou a moderna Bioquímica a implicarse no estudio dos procesos de diferenciación celular, de especial interese en animais; tamén na caracterización da orixe molecular das enfermidades, de forma que o clásico coñecemento das doenzas ligadas a anomalías xenéticas, co uso das novas tecnoloxías, expandiuse á investigación dos acontecementos que, derivados ou non do envellecemento, conducen a patoloxías como o cancro (a máis notoria), as inmunodeficiencias ou patoloxías neurolóxicas como o Alzheimer, nas que se acadou un importante progreso.

A XEITO DE EPILOGO

Acabamos de ver, nunha sucinta presentación da evolución da Bioquímica no século que concluíu, cómo o esforzo de decenas de xeracións de investigadores de todo o mundo, especialmente da vella Europa e a nova América, permitiu engarzar miles de contribucións na cadea do coñecemento da Bioquímica, que desde os tateos dos primeiros anos desta centuria, alcanza, nos seus tempos postremeiros, unhas cotas que asombrarían os pioneiros das escolas alemanas.

O que semellaban retos dificilmente alcanzables a curto prazo, superáronse notablemente, non só no referido ó esclarecemento das diferentes rutas metabólicas dentro das células, senón na súa regulación e influencia polo contorno celular. Alcanzouse, ademais, un importante nivel no coñecemento da orixe molecular das enfermidades. Este aspecto e mailos progresos na manipulación da expresión xénica —ligada ó ADN recombinante e á metodoloxía del derivada, incluída a amplificación por PCR— permitiron ademais achega-los estudos bioquímicos a aplicacións sanitarias e biotecnolóxicas (producción dirixida de fármacos, de alimentos, etc.) de indubidable e concreto proveito socioeconómico.

Queda moito camiño aínda por andar, pero á vista do actual desenvolvemento da investigación bioquímica, non é aventurado predicir que en

poucos anos se teña un importante e minucioso coñecemento dos aspectos da Bioloxía dos seres vivos arriba apuntados.

ESPAÑA NA HISTORIA DA BIOQUÍMICA

Non é omisión, pola miña parte, a falta de mención de bioquímicos españois participantes no nacemento ou nos anos decisivos de crecemento da Bioquímica, coa excepción de Severo Ochoa. A investigación nesta e nas demais ramas da ciencia en España (sacando o milagre científico de Ramón y Cajal) foi absolutamente precaria nos pasados anos. O noso atraso científico, cimentado nas propias patoloxías sociais do noso país, nos séculos XVIII e XIX (no que non imos entrar), fixo pouco posible o afloramento e consolidación de escolas científicas nas que o traballo formativo sistemático e continuado cristalizara na formación de investigadores. Desgraciadamente, e como consecuencia disto, a situación prolongouse excesivamente no propio século XX.

O caso de Ochoa, coma o do propio Cajal, que el tanto admiraba, son notabilísimas excepcións. Polo que respecta a Ochoa, a súa consolidación como científico produciuse na súa longa estancia nos Estados Unidos de América, desde o ano 1939.

Evidentemente, neste artigo só se fai referencia ós nomes máis significativos, con algunha inevitable omisión, se cadra inxustificada. Pero mesmo así, na



Clase de anatomía de Ramón y Cajal. Santiago Ramón y Cajal foi o milagre científico dos primeiros anos do século XX en España. No ano 1919 concedéuselle o premio Nobel de Medicina e Fisioloxía.

ciencia bioquímica española non aparecen científicos relevantes ata entrados os anos sesenta. O que se pode denominar núcleo orixinario, do que ían derivar as principais escolas de formación de bioquímicos, iníciase arredor do grupo de científicos que en 1963 fundan a Sociedade Española de Bioquímica, cun aglutinador clave que foi Severo Ochoa.

O acto de fundación tivo lugar precisamente en Galicia e concretamente en Santiago de Compostela. Tratábase dun grupo pequeno, unha vintena na que destacaba a presenza de Alberto Sols. Este científico valen-

ciano foi o bioquímico español máis importante. Formado a finais dos anos cincuenta na magnífica escola de Carl Cori nos Estados Unidos, o seu laboratorio do Consello Superior de Investigacións Científicas de Madrid foi a escola de toda unha xeración de bioquímicos, ós que se lles abriron as portas ó mundo da caracterización das reaccións enzimáticas do metabolismo, especialmente de hidratos de carbono, ó que Sols fixo notables achegas.

Nos anos sesenta e setenta consolidáronse outros grupos, tanto no Consello de Investigacións Científicas como na Universidade. Referíndonos



No ano 1959 o bioquímico Severo Ochoa obtivo o premio Nobel de Medicina e Fisioloxía polos seus traballos sobre o código xenético.

ós máis significativos, debemos mencionar-las escolas de Margarita Salas, Eladio Viñuela, Julio Rodríguez Villanueva, Manuel Losada e David Vázquez. Estas escolas de bioquímicos españois tiveron, ademais, a peculiaridade de fomenta-la formación posterior ó doutoramento dos seus discípulos nos máis prominentes laboratorios americanos e europeos. De maneira

que nos anos oitenta o elenco de bioquímicos españois acadou un nivel extraordinario en número e categoría científica. A calidade dos seus traballos, realizados en España e fóra dela, contribuíu apreciablemente ós progresos sinalados na Bioquímica deses anos. A medida de todo isto dáa o feito de que a investigación bioquímica española, en produción científica, se atopa en sexto lugar no nivel internacional.

Por outra parte, a xeración dos oitenta foi o motor das xa importantes e diversas escolas de Bioquímica que cooperaron ó desenvolvemento científico das universidades españolas, fóra do foco central de Madrid.

Nos últimos anos deste milenio, sen embargo, a Bioquímica, e tal vez moitas outras áreas da ciencia en España, atópase nunha encrucillada desde a que se albisca un futuro sombrizo. Resaltaría uns aspectos que, ó meu entender, son determinantes: a organización científica, o financiamento e a participación da iniciativa privada.

Os centros do Consello de Investigacións Científicas (CSIC) e, mormente, as universidades, acaparan a iniciativa investigadora española, co cal nos atopamos cun deseño de organización absolutamente polarizado nos centros públicos. Se ben o CSIC conta cunha organización exclusivamente dedicada á investigación, non ocorre o mesmo coas universidades, onde a organización das actividades investigadoras está desprazada pola dependen-

cia da actividade docente, cuns claros problemas como son o desequilibrio nos graos de dedicación docente-investigadora e a falta dunha clara e específica regulamentación da actividades investigadoras. De maneira que no referente á organización científica, para a nosa desgracia, o elemento humano do problema segue coma nos anos setenta: dependencia absoluta da iniciativa persoal, sen que se teñan desenvolvido as infraestructuras organizativas de apoio e selección da calidade das investigacións. Ó tempo, as desproporcións entre dedicación docente e investigadora agrávanse coa ampliación esaxerada de universidades e titulacións nos anos noventa. A docencia acapara gran parte dos horarios, non se produciu un adecuado e proporcional aumento do persoal que tenda a asemella-la dedicación docente española coa media dos demais países desenvolvidos. A anécdota tirada das memorias de Ochoa ilustra esta situación: comentaba Ochoa que Carl Cori tivo que paraliza-las súas investigacións cando na Facultade de Medicina de Washington tivo que dar durante o ano corenta clases a estudantes de Medici-

na, cando hoxe en día o labor docente dun profesor universitario español anda polos dous centenares de horas anuais.

O financiamento, sen embargo, mellorou sensiblemente tanto no Estado como nos gobernos autonómicos. Isto encerra unha certa contradición porque as precarias condicións de traballo dos investigadores destinatarios non propician un axeitado aproveitamento dos recursos.

Por último, é lamentable a escasísima incidencia da iniciativa privada no financiamento e participación na actividade investigadora. Nin no referente a contratación nin na achega financeira, en xeral, se asoma á metade da media dos países europeos. Partidas orzamentarias dedicadas á actividade investigadora que, no remate deste milenio, escasamente alcanzan o 1 % do PIB (menos da metade da media europea), con participacións privadas que non chegan ó 10 % do investimento público, xustifican a impresión antes apuntada dunha perspectiva desalentadora. Un país sen ciencia ten moi comprometido o seu futuro benestar.



A XENÉTICA NO SÉCULO XX

Ángel Carracedo*

Universidade de Santiago
de Compostela

A Xenética pode ser considerada plenamente unha ciencia deste século. E isto é aínda máis certo se lembramos que o xenial descubrimento de Mendel pasou desapercibido ata que foi redescuberto no ano 1900. A esta ciencia aínda moza chegoulle un só século para producir unha auténtica revolución no reino da Bioloxía e da Medicina. Pero foi nos últimos quince anos cando tal revolución se fixo patente.

Faremos neste capítulo un breve percorrido pola historia da Xenética neste século e remataremos cos espectaculares descubrimentos dos últimos anos que culminaron co desciframento completo do mapa do xenoma humano, o que abre novas perspectivas para o coñecemento e tratamento das enfermidades.

O COMEZO DA XENÉTICA COMO CIENCIA: GREGOR JOHANN MENDEL

A herdanza dos caracteres físicos ten sido obxecto de curiosidade e inte-

rese desde hai ben tempo. Os antigos hebreos, os gregos, os exipcios, os chineses e os eruditos da Alta Idade Media (particularmente a Medicina árabe), describiron moitos fenómenos xenéticos e propuxeron numerosas teorías procurando a súa explicación, a maioría delas erróneas. Foi no século XIX cando a Bioloxía se liberou da súa actitude especulativa e se transformou nunha ciencia verdadeiramente experimental.

A herdanza de caracteres iniciou o seu estudio coa hibridación de plantas, pero resultaba de imposible explicación para os científicos por mor da complexidade dos fenómenos xenéticos nos modelos que se usaban. Eran os botánicos entón os que intentaban entende-la herdanza.

Ó mesmo tempo, os zoólogos estudiaban e debatían con paixón as ideas evolutivas. En 1859, Charles Darwin publicou a súa obra fundamental *Sobre el origen de las especies*, resultado de vintecinco anos de estudio e baseada nunha enorme cantidade de

* Catedrático de Medicina Legal.

datos. A obra de Darwin supuxo unha auténtica revolución que non se limitou ó campo biolóxico pois implicou tamén problemas relixiosos e filosóficos fundamentais.

Segundo a teoría da evolución biolóxica de Darwin, as formas orgánicas agora existentes proceden doutras distintas que existiron no pasado, a través dun proceso de descendencia con modificación. Darwin reuniu unha evidencia proveniente de moi diversas disciplinas de investigación biolóxica a prol do feito evolutivo e logrou que esas disciplinas converxeran no ámbito da explicación nun proceso natural: a selección natural. Co obxecto de impoñer estas dúas revolucionarias concepcións, Darwin introduce unha nova e radical perspectiva: o pensamento poboacional. En contraste coa visión esencialista dominante no seu tempo, a variación individual, lonxe de ser trivial, é para el a pedra angular do proceso evolutivo. Son as diferencias existentes entre os organismos no seo dunha poboación as que, ó se magnificar no espazo e no tempo, constitúen a evolución biolóxica. A teoría da evolución foi case inmediatamente aceptada pola comunidade científica, pero a da selección natural tivo que agardar ata a terceira década do século XX para a súa aceptación xeral.

O esquema de Darwin carecía dunha explicación para a orixe e o mantemento da variación xenética sobre a que opera a selección. Anos despois de *Origen de las Especies*, en 1868, Darwin intenta explica-lo fenó-

meno da herdanza a través da hipótese provisional da panxénese, resultado dun intenso traballo de recompilación e interpretación conceptual dun gran número de observacións e experimentos, que se recollen nun tratado de dous volumes (*The variation of animals under domestication*). Nela postula a existencia de partículas hereditarias ou de reprodución, que chamou xémulas. Contrariamente ás conclusións de *Origen de las Especies*, a súa hipótese da herdanza resultou errónea, como demostrou, entre outros, o seu sobriño Francis Galton. De calquera xeito, o seu traballo estimulou o pensamento xenético.

A enorme controversia sobre as teorías evolucionistas, que se



Figura 1. Gregor Mendel (1822-1884).

prolongou o longo de boa parte do século, encerraba a dificultade engadida do entón descoñecido mecanismo da herdanza dos caracteres. É neste contexto onde se desenvolve a obra de Mendel (figura 1), xustamente considerado pai da Xenética.

Gregor Johann Mendel naceu en Heizendorf (Austria) o 22 de xullo de 1822. Logo de graduarse, ingresou na orde de Santo Agostiño en 1843, e ordenouse sacerdote en 1847 co nome de Gregorio. En 1853 regresou ó mosteiro de Brünn e finalmente foi nomeado profesor de Física e Historia Natural.

En 1854 comezou a súa famosa serie planeada de investigacións verbo da herdanza dos híbridos vexetais, que deu a coñecer ante a Sociedade dos Naturalistas de Brünn no artigo “Versuche über Pflanzenhybriden”, que practicamente pasou inadvertido.

Despois de ser elixido en 1868 abade do mosteiro de Brünn e de toda a orde en Austria, Mendel faleceu nese convento o 6 de xaneiro de 1884.

O éxito de Mendel debeuse, por unha parte, á súa extraordinaria planificación dos experimentos, a súa meticulosidade na aplicación do método científico e os seus coñecementos, pero tamén á elección dunha especie sinxela, moi apta para a súa investigación (*Pisum sativum*) e á selección de caracteres obxectivos e simples. Outra das claves do éxito de Mendel foi a aplicación racional do método cuantitativo. Nos oito anos que duraron as súas

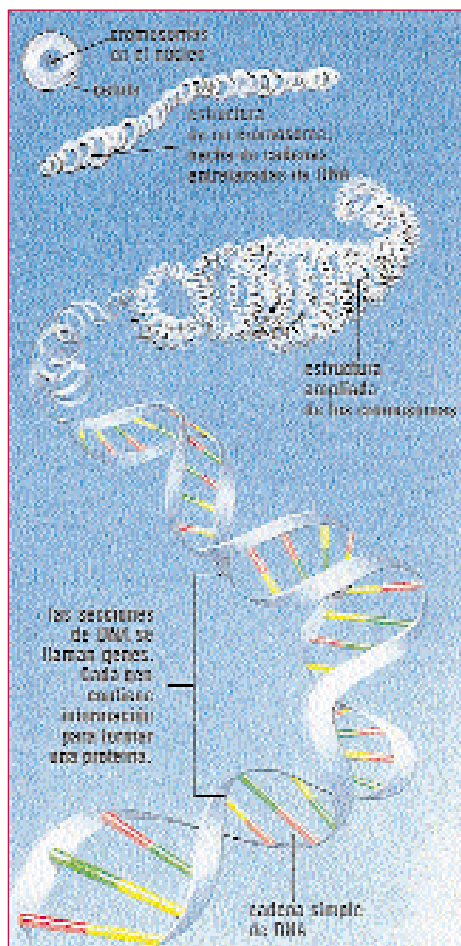
experimentacións realizou uns dez mil cruzamentos.

A análise matemática dos datos obtidos levouno a tres conclusións básicas, hoxe coñecidas como as leis de dominancia, segregación e independencia e que constitúen os piares sobre os que o longo deste século se edificou a Xenética.

Antes do redescubrimento da obra de Mendel, no espectacular desenvolvemento científico de finais do século XIX, outros achados contribuíron ó avance da nova ciencia; cabe cita-lo dos cromosomas e os seus movementos na división celular, descritos por Flemming (1879-1881), a hipótese do seu papel na herdanza (Rabl, 1884), a mitose (Van Beneden, 1884) e a diferenciación das liñas celulares xermlinal e somática (Weismann, 1882).

No ano 1900, experimentando en híbridos vexetais, tres científicos, De Vries, Correns e Tschermak chegaron a un tempo, pero independentemente, a redescubri-lo traballo de Mendel.

Hugo de Vries experimentou con prímulas as leis de Mendel e comprobou a súa veracidade, atribuíulle a Mendel a lei da segregación e demostrou a existencia de mutacións que se herdaban á descendencia. De Vries chamoulles ás mutacións ‘cambios ó chou nos xenes’. Carl Correns comprendeu o alcance dos postulados de Mendel e chamoulles ós principios da herdanza Leis de Mendel e enunciounas como hoxe as coñecemos. Pola súa banda,



Cada cromosoma mide uns 2 cm de longo. Axéitanse nos diminutos núcleos ó envolverse sobre si mesmos. (Tomado de Quest. Edit. Rialp).

Erich von Tschermak logrou que volve-
ra editarse a obra de Mendel nas series
de Ostwald, *Klassiker der exakten
Wissenschaften*.

A XENÉTICA COMO CIENCIA: A TEORÍA DO XENE

Johansen, en 1905, corroborou as
Leis de Mendel e demostrou o compo-
ñente xenético e ambiental da variación
fenotípica; concluíu ademais que o
compoñente ambiental non se herda.
Introduciu outrosí os termos xene,
alelo, fenotipo e xenotipo.

En 1906, Bateson bautizou a nova
ciencia que estudiaba, a herdanza dos
caracteres, como Xenética.

Aínda que a finais da primeira
década do século xa se coñecía bastan-
te dos cromosomas, era moi difícil rela-
cionalos cos xenes. Tamén era difícil
relacionar cos cromosomas os caracte-
res claramente herdables que se coñe-
cían. Karl Landsteiner descubriera o
grupo ABO no ano 1900 (se ben a súa
herdanza non foi demostrada ata algún
tempo despois), Archibald Garrod des-
cubriu en 1909 que a alcaptonuria se
debía ó fallo dunha enzima. ¿Serían os
xenes enzimas?

A solución a todos estes enigmas
proporcionouna Thomas Hunt Mor-
gan, que comezou o seu traballo na
Universidade de Columbia en 1909.
Morgan elixiu como ferramenta de tra-
ballo a mosca do vinagre, *Drosophila
melanogaster*, que tiña como vantaxe a
súa morfoloxía simple e rápida repro-
ducción, xa que cada dez días se pro-
duce unha nova xeración. Xa en 1910,
Morgan puido determina-la herdanza
ligada ó cromosoma X da cor dos ollos
na *Drosophila*. Iso significaba que os
xenes tiñan que estar nos cromosomas.

Seguindo con experimentos en *Drosophila*, o grupo de Morgan demostrou que os xenes estaban contidos nos cromosomas nunha disposición lineal e que polo menos unha serie de caracteres dependentes do cromosoma X se transmitían ligados. Daquela, a lei da independencia de Mendel non se cumpría para algúns caracteres, se ben mesmo nos caracteres ligados empezaron a atoparse excepcións ó mecanismo de ligamento.

En 1913, A. H. Sturtevant escribiu un artigo revolucionario na Xenética e que marcou o seu desenvolvemento neste século "The linear arrangement of six sex-linked factors in *Drosophila*, as shown by their mode of association". Sturtevant puido comprobar que os xenes que se trasmitían xuntos se encontraban no mesmo cromosoma e que os que se comportaban independentemente estaban en cromosomas distintos. Mendel tivera fortuna no seu experimento pois os xenes que estudou estaban en cromosomas distintos ou moi distantes dentro do mesmo cromosoma.

Lentamente Sturtevant e os seus sucesores foron construíndo un mapa de ligamento para a *Drosophila* e axiña moitos dos seus caracteres físicos transmisibles puideron ser localizados de forma precisa.

Sturtevant demostrou tamén en 1925 a ocorrencia de mutacións que pronosticara De Vries. O estudo da mutación foi desenvolvido a fondo por H. J. Muller, quen, en 1927, demostrou

a acción mutaxénica dos raios X, inaugurando así a longa lista de xenetistas laureados polo premio Nobel (recibido en 1946).

OS PROBLEMAS POLÍTICOS DO DESENVOLVEMENTO DA XENÉTICA

A Xenética foi obxecto desde os seus comezos dunha utilización ideolóxica que moitas veces supuxo unha limitación ó seu progreso. Este foi o caso do evolucionismo tan fortemente contestado por extremismos relixiosos durante boa parte deste século, pero tamén os novos coñecementos crearon problemas.

Sir Francis Galton, primo de Darwin e que tiña en común con Mendel nacer o mesmo ano e a súa paixón polas matemáticas, foi o precursor da biometría moderna, o primeiro en desenvolver estudos con xemelgos pero tamén o fundador da eugenésia.

Galton, coma a maioría dos científicos victorianos, era inmensamente rico e interesouse na herdanza das calidades, especialmente na calidade de xenio (un exemplo para el eran as familias de xuíces). En 1908 creou a Eugenics Education Society. En 1911 finou sen descendencia e deixoulle toda a súa fortuna ó Laboratory for National Eugenics da Universidade de Londres. En 1920, este laboratorio dividiuse en dous, o laboratorio Galton da Universidade de Londres, que desde entón se dedicou á investigación xenética, e a Sociedade de Euxenesia, que

tiña a misión, perseguida durante moitos anos, de mellora-la raza humana.

Simultaneamente, Lombroso enunciaba a súa teoría, non refutada ata moitos anos despois, sobre o determinismo físico da criminalidade, a par que un movemento eugenésico cruzou o mundo culminando cos horrores da Alemaña nazi.

Do extremo determinismo físico e xenético pasouse ó extremo determinismo cultural. A Stalin non lle agradaba a idea de que algo, aínda que só fose a cor dos ollos da mosca do vinagre, puidese estar determinado pola Bioloxía. Marx insistira en que cambiando o ambiente era posible cambialo todo. Por forza o mendelismo e o morganismo ¡tiñan que ser un complot capitalista!

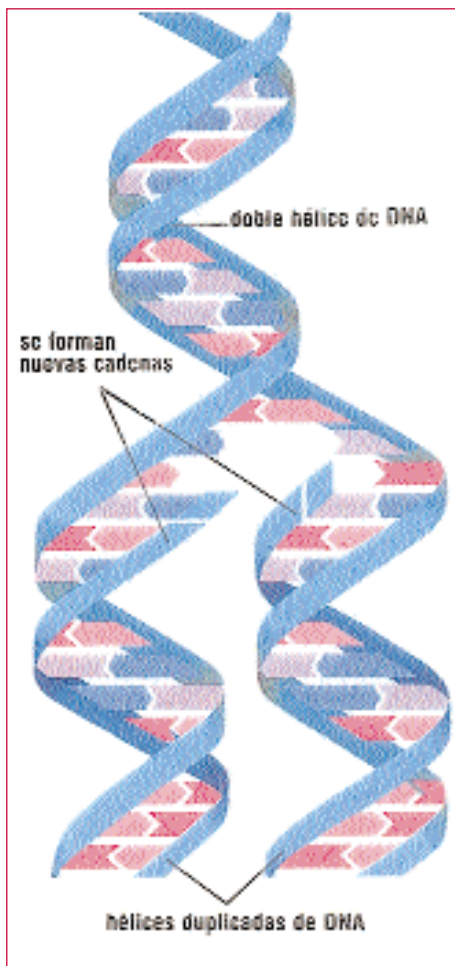
O ministro de agricultura de Stalin, Trofim Denisovitch Lysenko, comezou unha campaña contra xenes e cromosomas. Varios xenetistas foron arrestados, entre eles Vasilov, un dos mellores, quen foi condenado en 1940 por sabotaxe contra a agricultura polas súas ideas sobre a xenética e morreu nun campo de prisioneiros en 1943.

A XENÉTICA MOLECULAR

Un momento decisivo na evolución da Xenética veu da man da Bioquímica e levou ó coñecemento molecular do xene.

Quizais este momento se iniciou contra 1940, cando Beadle decidiu

buscar un material de experimentación máis axeitado cá *Drosophila* e elixiu o xénero *Neurospora* que é un sistema biolóxico máis simple aínda cá *Drosophila* e cun tempo de reprodución máis reducido. En 1941, mediante a



Desdoblamento dunha cadea (Tomado de *Quest*. Edit. Rialp).

inducción de mutacións, Beadle e Tatum demostraron que a función dos xenes era a de controla-la produción de determinadas enzimas, e estableceron o aforismo de “un xene-unha enzima”, polo que se determinaba en gran medida a función real dos xenes.

Despois dos fungos foron as bacterias as escollidas como material de investigación. En 1944, Avery, McLeod e McCarthy, traballando con dúas estirpes de pneumococo (que como os guisantes de Mendel eran lisos ou rugosos), demostraron que o material xenético non era unha proteína senón os ácidos nucleicos. Quedaba por probar se isto, ademais de nas bacterias, ocorría no resto dos organismos vivos.

Precisáronse case dez anos para que Hershey e Chase (1952) demostraran que tamén en virus o ácido desoxirribonucleico (ADN) era o axente responsable da herdanza. Coa demostración, pouco tempo despois, de que isto tamén sucedía en animais superiores, todo se concentrou no ADN. Estaba claro que era o único material que se transmitía de feito de xeración en xeración.

Pero ¿como unha substancia tan simple podía copiarse a si mesma, codificar unha información tan enorme e pasa-la información dunha a outra xeración? Había só unha fonte de variación no ADN, as catro bases nitrogenadas: adenina, guanina, timina e citosina. O número de bases variaba de

especie a especie pero había sempre a mesma proporción de A a T e de G a C.

A principios da década dos cincuenta, un biólogo americano, James Watson, foi a Cambridge onde lle encomendaron traballar na bioquímica dos ácidos nucleicos, tema que a el non lle gustaba. Pronto coñeceu a Francis Crick, un físico graduado na Universidade de Londres. Ambos estaban interesados na estrutura das moléculas biolóxicas e acudiron a modelos cristalográficos desenvolvidos por outros investigadores e principalmente por Wilkins. Watson e Crick estudaron o patrón de difracción de raios X da molécula de ADN e publicaron en *Nature*, no ano 1953, unha nota curta de só unha páxina na que se ofrecía un modelo moi simple e claro da estrutura molecular do ADN: unha dobre hélice, algo así como unha escaleira de caracol (figura 2). De repente todo comezaba a encaixar: emparellábanse as adeninas coas timinas e as guaninas



Figura 2. Modelo de Crick e Watson do ADN da dobre hélice.

coas citosinas. A autoduplicación era adiantada no propio artigo de *Nature* (posteriormente Kornberg demostrou *in vitro* a autoduplicación), pero quedaba unha cuestión: ¿como estaba codificada a información xenética no ADN?

Todo o mundo asumía que o ADN cromosómico era coma un libro con letras (as catro bases) que contiña as instrucións para facer unha mosca ou un ser humano. O seguinte reto era descifra-lo código.

Pero en seguida se suceden os descubrimentos. En 1958 Matthew Meselson e Franklin Stahl demostraron que o ADN se replicaba semiconservativamente. O problema de cómo a secuencia do ARN se traduce en secuencia proteica empezaba a resolverse.

Outra volta Watson e Crick, traballando con mutáxenos químicos en ADN de bacteriófagos, observaron que se se inserían unha ou dúas bases (A, T, C, G) no ADN dos fagos, estes non crecían, pero cando si se inserían, tres medraban case normalmente. Suxeriron que o código xenético se lía en grupos de tres letras, de tal modo que se se inserían unha ou dúas toda a mensaxe quedaba distorsionada.

Toda a información xenética, codificada nunha linguaxe simple con palabras de tres letras e un alfabeto de catro letras, albergábase nos cromosomas do núcleo e as proteínas sintetizábanse no resto da célula, pero ¿como se transfería a información aí?

De contado se comprendeu cómo era o fluxo da información xenética (figura 3), o que Watson chamou o dogma central da Bioloxía: o ADN transcríbese a outro ácido nucleico ARN que é o que pasa ó citoplasma para fabrica-las proteínas.

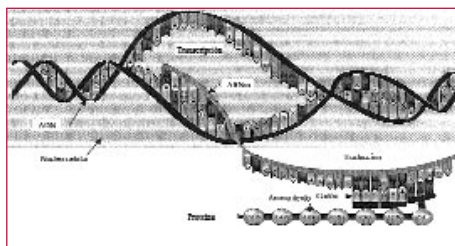


Figura 3. Conversión da información xenética.

Ese mesmo ano, 1958, Arthur Kornberg illa a polimerasa do ADN e un ano despois Severo Ochoa illa a ARN polimerasa, descubrimento fundamental co que se inicia a elucidación do código. En 1961, Sidney Brenner, François Jacob e Meselson descubriron o ARN mensaxeiro e finalmente, en 1966, Marshall Nirenberg e Har Gobind Khorana terminan de desvela-lo código xenético.

Simultaneamente a estes descubrimentos, Seymour Benzer publica en 1955 o seu primeiro traballo sobre a estrutura fina do locus rII no fago T4. En 1961 Jacob e Jacques Monod propoñen o modelo do operón como mecanismo de regulación da expresión xénica en procariotas.

O código xenético era sorprendentemente universal, case o mesmo

desde bacterias a seres humanos. Ademais, como demostraron Charles Yanofsky e o seu equipo en 1964, era colineal: os xenes estaban aliñados un xunta outros, a mensaxe do ADN era lida directamente ó ARN e isto determinaba a orde dos aminoácidos nunha proteína.

Os setenta presencian a chegada das técnicas de manipulación do ADN. En 1970 íllanse as primeiras endonucleasas de restricción, e H. Temin e D. Baltimore descubren a transcriptasa inversa. En 1972 constrúese no laboratorio de Paul Berg o primeiro ADN recombinante *in vitro*. En 1975, Ed Southern descobre o Southern blotting e a tecnoloxía de análise electroforética de fragmentos pequenos de ADN. O ano 1977 foi pródigo: publícanse as técnicas de secuenciación do ADN de Walter Gilbert e de Frederick Sanger e ese mesmo ano varios autores descubren que os xenes eucariotas se encontran interrompidos (intrones) e que o ADN da maior parte dos xenomas é ADN non codificante.

Pero o máis espectacular estaba por chegar cos descubrimentos da década dos oitenta que culminaron co Proxecto Xenoma Humano.

O DESENVOLVEMENTO DAS ÚLTIMAS DÉCADAS O PROXECTO XENOMA HUMANO

Os esforzos económicos e científicos multiplicáronse nas últimas décadas ante a evidencia da revolución que

para a Medicina e a Bioloxía supoñía a xenética molecular.

Sería imposible enumerar tódolos logros científicos destes últimos vinte anos que correron paralelos ós avances tecnolóxicos. Limitarémonos a sinalalos que, na nosa opinión, tiveron maior repercusión.

O primeiro de todos foi un gran descubrimento teórico, realizado en 1985 polo equipo de Alec Jeffreys da Universidade de Leicester. Este grupo, analizando o ADN de secuencias intrónicas (non codificante), descubriu que estaba organizado de forma repetitiva e que esas secuencias repetidas eran extraordinariamente polimórficas, isto é, que o número de repeticións de cada secuencia repetitiva variaba enormemente entre as persoas. Este feito, xunto co descubrimento posterior da variación en secuencias repetitivas pequenas (microsatélites), posibilitou a realización de mapas xenéticos e o descubrimento do locus xénico (é dicir, do lugar do cromosoma) do que dependían numerosas enfermidades e características xenéticas.

Sen embargo, malia estes descubrimentos, a análise da variación xenética e a análise de ADN en xeral seguía sendo lenta e tediosa e baseábase nos métodos descritos por Southern empregando sondas marcadas con isótopos radioactivos.

Os científicos buscaban entón un método para replicar anacos de ADN millóns de veces, de modo que a súa análise se simplificase. As polimerasas

de ADN podían facer ese papel, pero o problema era que unha etapa intermedia para a replicación do ADN consiste en separa-las dúas febras do ADN (que é unha cadea dobre) e isto había que facelo con calor, de modo que as polimerasas animais se desnaturalizaban. Un investigador da compañía Cetus, Kary Mullis, tivo unha idea xenial: ¿como solucionaban o problema da replicación de ADN as bacterias que vivían en augas termais a elevadísimas temperaturas? En 1986, el mailo seu equipo conseguiron illar unha polimerasa termoestable derivada da bacteria *Thermus aquaticus* e conseguiron automatiza-la técnica de reacción en cadea da polimerasa (PCR).

A PCR supuxo unha gran revolución tecnolóxica en tódolos campos da Xenética. Paralelamente, os avances tecnolóxicos foron considerables, destacando a aplicación á secuenciación de ADN da tecnoloxía de fluorocromos (que permitiu substituí-lo uso de isótopos), o descubrimento da electroforese capilar e a robótica. Todo iso permitiu finalmente a fabricación de secuenciadores automáticos de gran fiabilidade e rapidez con capacidade de secuenciar miles e miles de bases por día.

Os avances tecnolóxicos culminaron co descubrimento recente dos chips de ADN (*DNA microarrays*) que permiten a inmovilización ou a síntese *in situ* de decenas de miles de sondas nunha pequena superficie, o que posibilita estudos de expresión ou de secuencia a grande escala. Isto supón un adianto

tecnolóxico de tal magnitude que afectará a toda a Xenética do novo milenio.

O Proxecto Xenoma Humano naceu da innovación tecnolóxica aínda que finalmente o investimento realizado nel posibilitou o desenvolvemento desta innovación.

En 1984 e 1985, Robert Sinsheimer e Renato Dulbecco expuxeron a súa idea do importante que sería secuenciar todo o Xenoma Humano. Ambos chegaron á mesma conclusión a través de camiños ben distintos e tendo en común, unicamente, a súa proximidade de no tempo e que os dous residían en California.

A finais de 1985 ocorréuselle a mesma idea a Charles Delisi, que traballaba para o Departamento de Enerxía dos Estados Unidos (DOE), se ben se encontraba nunha situación que lle permitiu convertelo nun programa de investigación governamental. En efecto, os laboratorios do DOE estaban en crise, motivada en gran parte porque o seu traballo tiña menos interese ante a caída económica e militar do bloque soviético e era unha oportunidade para relanzalos.

Unha vez emprendido o programa do DOE, a rivalidade entre este e os institutos nacionais de saúde estadounidenses (NIH) conduciu o Proxecto Xenoma ás primeiras páxinas de *Science*, *Nature* e as principais revistas, converténdoo en obxecto dunha controversia aparentemente interminable.

A idea inicial era secuenciarlo xenoma humano, pero iso esixía unha serie de logros previos, como distintos mapas xenéticos, incluíndo os dos organismos dos que mellor se comprendía a súa xenética e era máis accesible ós experimentos cás dos seres humanos.

O Proxecto Xenoma redefiniuse entre 1986 e 1988 para englobar tres obxectivos técnicos: o primeiro, obter un mapa de ligamento (en 1995 xa dispoñíamos de mapas de ligamento de certa densidade); o segundo, obter un mapa físico para facilita-lo exame directo do ADN producindo coleccións ordenadas de fragmentos clonados de ADN, e o terceiro, que era o obxectivo final do proxecto, obter a secuencia completa do ADN humano.

Desde o principio estaba claro que, para acadar estes obxectivos técnicos, o Proxecto Xenoma necesitaba recursos. Se ben o esforzo de financiamento público foi principalmente norteamericano (que o custean desde 1990), tamén foi secundado por algúns países europeos, a propia Unión Europea, Xapón e Canadá.

Ó principio da década dos noventa o progreso era lento, pero antes de 1996 xa se lograra secuenciarlo xenoma de *Saccharomyces cerevisiae* e *Escherichia coli*. A primeira secuencia completa do xenoma dun organismo multicelular, o *Caenorhabditis elegans*, foi completada a finais de 1998.

A data prevista para secuenciarlos arredor de tres mil millóns de bases do

xenoma humano e completa-lo proxecto era o ano 2025 en 1990, que pasou ó 2010 en 1995, pero todo foi máis de prisa do esperado, e non só polos avances tecnolóxicos.

En 1997, a posibilidade aberta pola oficina de patentes americana de permiti-la patente de xenes ou parte de xenes, e o impacto que isto ía ter na industria biomédica e farmacéutica, conduciu a un consorcio privado, a compañía Celera Genomics, a entrar na carreira pola secuencia do xenoma. Este grupo utilizou unha estratexia distinta de análise da do consorcio público, e nunha carreira trepidante chegaron de forma simultánea á conclusión do proxecto.

O 26 de xuño do ano 2000, o presidente dos Estados Unidos, Bill Clinton, o primeiro ministro británico, Tony Blair, o presidente de Celera Genomics, Craig Venter e mailo director do Proxecto Xenoma Humano, Francis Collins, anunciaron a consecución da secuencia completa do xenoma humano e a chegada dunha nova era para a Medicina.

O DESENVOLVEMENTO DAS DISTINTAS ESPECIALIDADES DA XENÉTICA

XENÉTICA DE POBOACIÓNS

Ó longo deste século non só a Xenética clínica se beneficiou dos avances na Xenética; moitas outras disciplinas e aplicacións desta ciencia foron xurdindo ó longo destes anos. Entre

elas cabe sinala-la Xenética de poboacións, a Antropoloxía, a Xenética médica, a Immunoxenética e a Xenética forense. Imos dar conta da súa evolución histórica brevemente.

Os individuos que pertencen a unha mesma especie difiren nunha multitude de características, moitas das cales son hereditarias. A finalidade máis importante da Xenética de poboacións consiste en comprende-la natureza e orixe desas diferencias hereditarias.

Canda o redescubrimento do mendelismo, a principios de século, desenvolveuse a teoría matemática da evolución, baseada na Xenética mendeliana, debida principalmente a R. A. Fisher, J. B. S. Haldane e Sewall Wright. Unha gran cantidade de traballos posteriores baseáronse nos principios establecidos por eses tres eminentes científicos. A Xenética de poboacións experimental, iniciada por S. S. Chetverikov —quen, traballando con *Drosophila* foi o primeiro que identificou grandes fontes de variabilidade xenética— e continuada por Theodosius Dobzhansky e E. B. Ford entre outros, proporcionou observacións básicas realizadas en poboacións humanas e de laboratorio, que permitiron comproba-la validez das teorías evolutivas.

Neste sentido, a Xenética de poboacións permitiu aclarar un conflito que xurdira con Darwin: o da natureza da variación sobre a que se produce a evolución. Mentres que Darwin

puxo énfase na evolución gradual e continua que transforma a variación dentro das poboacións en variación entre poboacións, outros, como Thomas Huxley e, inicialmente, Galton, crían que a evolución procedía de forma rápida e descontinua, polo que a selección usaba primariamente variación descontinua, e non tiña ningún valor evolutivo a variación continua. Co mendelismo, este antagonismo acentuouse ata se converter en conflito entre os mendelianos por un lado, que apoiaban a evolución descontinua, e os biométricos polo outro, que estudiaban cuantitativamente a variación nos caracteres físicos e crían na evolución darwiniana. Os primeiros estaban capitaneados por Bateson, Morgan e Hugo de Vries, mentres que Karl Pearson e W. F. R. Weldon (xunto con Galton, que se uniu a eles ideoloxicamente despois) foron os principais biométricos.

En 1908 formúlase a lei de Hardy-Weinberg que relaciona as frecuencias xénicas coas xenotípicas en poboacións panmícticas e que é a verdadeira pedra angular da Xenética de poboacións. Entre 1918 e 1932, a longa polémica entre biométricos e mendelianos resólvese finalmente: Ronald Fisher, Sewall Wright e J. B. S. Haldane levaron a cabo a síntese do darwinismo, o mendelismo e a biometría e fundan a Teoría da Xenética de Poboacións. Fisher demostrou en 1918 que a variación cuantitativa é unha consecuencia natural da herdanza mendeliana.

A integración da Xenética de poboacións con outros programas de investigación evolutiva, tales como a Bioloxía de poboacións experimental, a sistemática, a Paleontoloxía, a Zooloxía e a Botánica, produciron durante o período de 1937-1950 a Teoría Sintética ou Neodarwinista da evolución. Nela prodúcese a maior integración de disciplinas, nunca antes alcanzada, dunha teoría evolutiva.

O descubrimento dos polimorfismos electroforéticos e a súa aplicación en 1966 por R. Lewontin, J. L. Hubby e H. Harris ó estudio da variación alozímica das poboacións naturais, permitiu obter as primeiras estimacións da variación xenética de infinidade de especies.

Dúas teorías contrapostas intentan explica-lo mantemento dos polimorfismos moleculares nas poboacións e, en xeral, a evolución molecular: a teoría neutralista da evolución molecular e a teoría seleccionista. A primeira mantén que a maior parte da evolución molecular é neutra, é dicir, que a maioría das variantes moleculares son selectivamente equivalentes e non afectan a capacidade reproductiva dos organismos (Kimura 1968, 1983). Desde o punto de vista seleccionista, suponse que a maioría dos polimorfismos están mantidos nas poboacións pola acción da selección natural equilibradora e a evolución molecular sería o froito da fixación de mutantes vantaxosos pola acción da selección positiva (Lewontin, 1974).

Sen embargo, o debate entre seleccionistas e neutralistas durante as últimas décadas non conseguiu esclarecer de forma definitiva o significado evolutivo da variabilidade xenética molecular, se ben é certo que se produciu unha certa aproximación entre as dúas escolas.

Hoxe en día admítase que unha certa parte (seguramente a maioría) dos cambios moleculares son neutros e o seu destino está gobernado nas poboacións naturais pola mutación e a deriva xenética, pero que existen tamén evidencias experimentais da acción da selección natural sobre a variabilidade molecular.

Xa na última década, o descubrimento dos polimorfismos de ADN nuclear e de ADN mitocondrial produciron unha revolución na xenética de poboacións humanas e está permitindo trazar cunha precisión antes inimaxinable modelos de migracións desde os albores da humanidade ata tempos recentes.

O estudio de polimorfismos xenéticos está permitindo clarifica-la historia evolutiva das poboacións humanas. Tódolos datos de polimorfismos xenético-moleculares apoian a hipótese de que a poboación africana constitúe a poboación humana máis antiga ó igual cás análises de ADN mitocondrial (hipótese da Eva africana) que é unha molécula que se herda exclusivamente pola vía materna, moi apropiada para este tipo de análise e tamén para a de restos óseos antigos.

A orixe do home e a posición que ocupa na natureza é un problema que ten recibido a atención de pensadores e científicos durante longo tempo. Os avances en xenética que se sucederon durante a última centuria estannos achegando progresivamente á súa resolución.

A XENÉTICA NA MEDICINA

Aínda que o interese polas enfermidades xenéticas data de antigo, a Xenética médica desenvolveuse desde o punto de vista científico enteiramente no século XX e pódese dicir que comezou con el vinculada á Inmunoematoloxía co descubrimento do grupo ABO por Karl Landsteiner en 1900 e a demostración da súa herdanza mendeliana un tempo despois, e co descubrimento da herdanza da alcaptonuria por Archibald Garrod en 1901.

Se ben a Inmunoematoloxía, e mais unha especialidade derivada dela, a Xenética forense, tiveron un auxe importante ata a primeira metade do século, o seguinte paso importante na Xenética médica propiamente dita produciuse en 1956, cando Tjio e Levan por unha parte e, de forma independente, Ford e Hamerton, demostraron con claridade e por primeira vez que o número de cromosomas no home era de 46 e non de 48 como se crera ata entón. Tres anos despois Lejeune en París e Ford e Jacobs no Reino Unido demostraron que en pacientes co síndrome de Down había alteracións cromosómicas claras e recoñecibles.

A Xenética médica estivo ligada á Citoxenética ata finais deste século, cando o coñecemento do xenoma produciu unha revolución de tal natureza nela que afectou non só a Xenética, senón toda a Medicina.

A cuestión é que a Citoxenética pasou a ter unha importancia cuantitativamente menor no diagnóstico da enfermidade xenética comparado coa análise de diferencias sutís no ADN por técnicas moleculares. O outro gran cambio é que a Xenética se interesou non só pola enfermidade puramente xenética, senón pola enfermidade cun compoñente xenético e outro ambiental, como por exemplo o cancro, que ás veces ten un compoñente hereditario, pero que, sobre todo, é un chorro de acontecementos en xenes cunha análise que ten grande importancia para o seu diagnóstico, prognóstico e mesmo o seu tratamento.

Pero ó mesmo tempo cambiou o espectro da enfermidade e o impacto clínico da doenza xenética incrementouse de contino ó longo deste século, e é previsible que se siga incrementando no vindeiro. Estímase que nos países occidentais a porcentaxe de mortes en idade pediátrica atribuíble a causas xenéticas pasou do 10 % a principios de século a máis do 40 % na actualidade. Entre o 3 % e o 7 % dos acabados de nacer sofren un trastorno xenético; destes, o 0,4 % son cromosomopatías, o 1,1 % enfermidades monoxenéticas e o resto enfermidades multixénicas.

Daquela, o espectro da enfermidade xenética cambiou tamén notablemente e os trastornos cromosómicos pasaron a ser menos importantes cós cambios xenéticos máis sutís (mutacións), que actualmente representan o 80 % dos diagnósticos xenéticos. Esta porcentaxe incrementárase máis como consecuencia do coñecemento do xenoma humano: actualmente coñécense uns oito mil xenes susceptibles de mutacións que orixinen trastornos monoxénicos. Hoxe en día poden analizarse molecularmente máis de mil destas enfermidades pero é de esperar que nesta década case tódolos trastornos xenéticos poidan ser analizados.

A segura introducción de métodos máis rápidos e baratos de *screening* da man dos chips de ADN fará máis rápido e factible o estudio xenético naquelas afeccións nas que os beneficios en termos de prevención sexan importantes.

O avance dos nosos coñecementos sobre os compoñentes moleculares que constitúen a base dos diferentes procesos biolóxicos e a súa aplicación á enfermidade deu lugar á creación do termo Medicina molecular e a Xenética médica estase integrando neste novo concepto. Xa neste momento non hai ningunha especialidade médica que non se vira inundada por este tipo de conceptos, pero sen dúbida a culminación do Proxecto Xenoma Humano e o gran desenvolvemento tecnolóxico marcará un punto de inflexión e terá unha gran repercusión práctica na Medicina na próxima década.

Estes avances afectarán principalmente a análise do compoñente xenético ou de reacción individual da enfermidade (non só a xenética ou complexa senón a enfermidade de causa basicamente non xenética) e afectará o diagnóstico, prognóstico e tratamento da maioría das enfermidades.

Os coñecementos sobre o xenoma que se están adquirindo de forma vertixinosa orixinarán (xa están orixinando) unha demanda asistencial progresiva a medida que se encontren marcadores de utilidade clínica probada. Nos últimos cinco anos, as demandas de análises moleculares están medrando máis dun cen por cento por ano e é de esperar que esta porcentaxe se incremente ou manteña. A información xenética que se xera vai suscitar unha serie de problemas prácticos e tamén éticos ós que hai que ir buscando unha resposta axeitada, tanto desde o punto de vista médico e de planificación sanitaria coma educativo e social.

A nova Medicina que se avexina posuirá un compoñente predictivo de futuras patoloxías no individuo san que requirirá unha forma diferente de acomete-los problemas de saúde, sen a penas similitude na actualidade. Da man da revolución xenética prevense cambios no concepto de enfermidade, e ciencias nacentes como a farmacoxenética, farmacoxenómica e a proteómica terán unha grande importancia nas próximas décadas.

A terapia xénica que xa se iniciou con éxito na década dos noventa para o

tratamento do déficit dunha enzima, a adenosín desaminasa, que produce unha inmunodeficiencia que obriga os nenos que a padecen a viviren illados, está cobrando un enorme interese para o tratamento doutras enfermidades xenéticas, enfermidades infecciosas e o cancro.

Outras disciplinas da Xenética, como a Xenética forense, están hoxe completamente establecidas e gracias á análise da variación no ADN identifícanse individuos, analízanse vestixios de interese criminal ou fanse investigacións biolóxicas da paternidade cunha seguridade cada vez maior.

Pero o cambio vertixinoso de conceptos tamén orixina problemas éticos que haberá que resolver. Por exemplo, se unha análise pode predicir que unha persoa moza vai morrer dunha enfermidade xenética incurable, ¿fará esa persoa a análise?; e ¿cal será a súa actitude se esa mesma análise pode informalo de que lles pasará ou non esa enfermidade ós seus descendentes?, ¿gustaríalle a alguén saber que debido ós seus xenes, o seu traballo nunha industria pode orixinarlle cancro?, ¿gustaríalle a esa persoa que os responsables desa industria ou a súa compañía de seguros coñecesen esa predisposición?, ¿gustaríanos que tódolos individuos estivesemos fichados xeneticamente para perseguir mellor os delitos?, ¿e os criminais reincidentes?, ¿poden os xenes ser patentados?

Estas son algunhas das cuestións que empezamos a formularnos como

consecuencia dos avances tecnolóxicos na xenética humana. Para atender estas cuestións, o propio proxecto xenoma dedica unha parte importante do orzamento a promove-la reflexión sobre estas cuestións, que son cruciais para que a nova xenética se use adecuadamente.

Ademais do impacto na Medicina e como logro máis importante, parece claro que a nova Xenética e a culminación do Proxecto Xenoma Humano vai revela-los detalles moleculares da especie humana, e isto permitiranos marabillarnos da similitude existente entre nosoutros e, ó tempo, celebra-la nosa diversidade.

BIBLIOGRAFÍA

- Berry, R. J., *Neo-Darwinism*, Londres, E. Arnold, 1982.
- Bowler, P. J., *The mendelian revolution: the emergence of the hereditarian concepts in modern science and society*, Londres, Athlone, 1989.
- Dunn, L. C., *A short history of genetics*, Nova York, McGraw-Hill, 1965.
- Mayr, E., *The growth of biological thought. Diversity, evolution and inheritance*, Cambridge, Harvard University Press, MA, 1982.
- Moore, J. A., *Science as a way of knowing. The foundations of modern biology*, Cambridge, Harvard University Press, MA, 1993.

Olby, R. C., *Origins of Mendelism*, Londres, Constable, 1966.

_____, *El camino hacia la doble hélice*, Madrid, Alianza, 1991.

Portugal, F. H., e J. S. Cohen, *A century of DNA*, Cambridge, MIT Press, MA, 1977.

Provine, W. B., *The origins of theoretical population genetics*, Chicago, The University of Chicago Press, 1971.

Stent, G. S., e R. Calendar, *Genetics: An introductory narrative*, San Francisco, Freeman, 2ª edición, 1978.

Stubble, H., *History of genetics*, Cambridge, MIT press, MA, 1972.

Sturtevant, A. H., *A history of genetics*, Nova York, Raper and Row, 1965.

Watson, J. D., *La doble hélice*, Barcelona, Salvat, 1987.



A TECTÓNICA DE PLACAS E O IMPACTO KT. UNHA GRAN REVOLUCIÓN XEOLÓXICA E UNHA GRAN CONTROVERSIA DO SÉCULO XX

Federico Vilas Martín*
Universidade de Vigo

INTRODUCCIÓN

En case tódolos asuntos, a mente humana tende fortemente a xulgar á luz da súa propia experiencia, coñecemento e prexuízos, antes que en función das evidencias presentadas. Deste modo, as ideas novas son xulgadas polas crenzas prevalecentes. Se as ideas son demasiado revolucionarias, é dicir, se se apartan demasiado das teorías reinantes, e se non se poden asimilar ó corpo de coñecementos de moda, non serán aceptables. Cando se fan os descubrimentos antes de tempo, é case seguro que serán ignorados ou rexeitados cunha oposición insuperable, de modo que na maioría dos casos, tanto daría no telos feito.

Beveridge, 1950

Se observamos detidamente a historia da Humanidade, podemos decatarnos de que é moi difícil non resultar afectado polas revolucións políticas ou económicas. Pola contra, a xente común permanece á marxe ou allea ás explicacións científicas ou artísticas, aínda que por veces cheguen a constituír unha auténtica revolución. A historia bríndanos numerosos exemplos; os libros da Biblia (Bentor, 1978) conteñen

frecuentes e moi exactas descrições de acontecementos xeolóxicos: terremotos e os seus conseguíntes movementos de terras (o paso do río Xordán), inundacións (Sodoma e Gomorra), volcanismo (o monte Sinaí), etc. Moitos destes sucesos xeolóxicos deberon de impresionar profundamente as mentes precientíficas da época en que se escribiu a Biblia, por iso foron considerados de orixe supranatural. Só hoxe chega a comprenderse que estes acontecementos xeolóxicos forman parte do escenario apropiado para crea-la atmosfera precisa do relato bíblico e o seu principal sentido.

Máis próximo á nosa época, o reverendo Thomas Burnet, eminente pastor anglicano e capelán privado do rei Guillerme III, entre 1680 e 1690 publicou, primeiro en latín e logo en inglés, os catro libros de *Telluris theoria sacra*, ou *La Teoría sagrada de la Tierra: Conteniendo un Informe del Origen de la Tierra y de todos los Cambios Generales que se han experimentado, o que están por experimentar hasta la consumación de*

* Catedrático de Estratigrafía.

todas las cosas. Burnet contou a historia do noso planeta proclamada pola infalible concordancia entre a palabra de Deus (os Textos Sagrados) e a obra de Deus (os obxectos da natureza). A súa obra, de moi pobre contido empírico, tal como insisten os seus detractores, non podería ser criticada por mesturar ciencia e relixión cando a taxonomía do seu tempo non recoñecía tal división, e mesmo non existía unha palabra para o que agora denominamos ciencia. Hoxe Burnet aparece nos nosos libros de texto como o arquetipo dunha idolatría bíblica que retivo o progreso da ciencia. Esta caracterización persiste na nosa xeración. Fenton e Fenton, na súa popular obra *Xigantes da xeoloxía* (1952, 22) rexeita a teoría de Burnet como “unha serie de ideas excéntricas acerca do desenvolvemento da Terra”.

Do mesmo xeito, e noutros ámbitos sociais, ningún foi consciente no seu momento do que significaba o Cubismo ou o Surrealismo e só hoxe podemos avalialos enmarcados nos problemas da época. No mesmo sentido, pódese dicir que as revolucións científicas actuais pasan inadvertidas, mentres que recoñécemo-la importancia dos descubrimentos que ocorreron hai uns corenta ou cincuenta anos.

¿Cando comezou a última ‘revolución’ das Ciencias da Terra? A crenza dunha Terra ‘estable’ e non ‘móbil’, segundo a cal os continentes permaneceron na mesma posición, foi un punto de vista combatido por Wegener e logo en menor medida por Taylor. Foi preciso que transcorreran uns cincuenta

anos para lograr unha conversión masiva ós puntos de vista mobilistas. Non parece que medio século sexa un período excesivamente longo de indecisión e incerteza, no campo da ciencia son numerosos os exemplos que se poden citar: a teoría heliocéntrica de Copérnico e a persecución de Galileo pola mesma idea moito tempo máis tarde, o longo conflito novecentista entre xeólogos catastrofistas e uniformitaristas, a cuestionada idea da evolución darwiniana xa desde o comezo do século XIX, etc.

A principios do século XX toma forma a teoría sobre a mobilidade dos continentes, como produto da vitalidade do planeta Terra, e é a finais da década dos sesenta cando a revolución da tectónica de placas tomou o asalto a ciencia da Xeoloxía. Constitúe esta a grande e indiscutible revolución da Xeoloxía no eido científico do século. Non obstante, outra nova idea xerminal parece entrar a finais da centuria e vén a esclarece-la forte controversia entre teorías enfrontadas: as influencias extraterrestres tanto na creación de vida como nas interrupcións na evolución biolóxica por extincións masivas de organismos en determinados momentos da historia xeolóxica do planeta. Non hai dúbida de que no campo da evolución tivo lugar un grande avance, a teoría do catastrofismo, é dicir, a non-uniformidade dos procesos ó longo do tempo, tal como postulan outras teorías científicas. Aínda cando a teoría contraria, o uniformitarismo, sobreviviu ata os nosos días, novas probas viñeron a demostrar que a maquinaria do

mundo que describiu James Hutton, padre da Xeoloxía, no seu libro *Theory of the Earth*, publicado en 1785, non sempre funciona en ciclos suaves e harmónicos; os cataclismos modificaron moitas veces a face da Terra ó longo dos tempos (Hallam, 1989).

Por iso, ó tempo que a propia dinámica do planeta Terra o fai evolucionar, a Wegener permitiulle explicala deriva dos continentes ata posicións distintas ás que hoxe ocupan, chegando a ser esta última a idea xerminal da nova tectónica global ou tectónica de placas de Wilson. Actualmente, cobran importancia, dentro dunha gran polémica científica, as hipóteses formuladas por Luis e Walter Álvarez sobre os impactos de corpos celestes ocorridos na Terra, como causantes de escenarios catastróficos que producirían grandes interrupcións da evolución biolóxica a consecuencia de extincións masivas. A 'grande extinción' descrita polos Álvarez non supón a única extinción en masa que coñeceu o noso planeta pero si foi relevante para a nosa especie, xa que daquel cataclismo, os entón pequenos mamíferos, gracias ós pasos evolutivos, terminarían producindo especies como a dos humanos. Os impactos catastróficos eran reais, e así o evidenciaban as mostras lunares e imaxes dos planetas enviadas polas sondas espaciais, polo que o gradualismo estrito debería estar desbotado. A comunidade xeolóxica, absorta no gran descubrimento da tectónica de placas, a penas advertía a evidencia lunar e planetaria de impactos catastróficos, e tódolos antigos prexuízos uniformitarios que-

daron reforzados polo triunfo da nova tectónica global: océanos tan grandes que para cruzalos en avión fan falta horas, medraron a unha taxa de poucos centímetros por ano e fan pensar que a teoría da tectónica de placas é a máis gradual e uniformitaria que se poida imaxinar. O testemuño do cráter Chicxulub, que establece e confirma para uns investigadores a hipótese do impacto por un grande asteroide ou cometa, sucedido hai sesenta e cinco millóns de anos na fronteira entre o Cretáceo e o Terciario, marca un novo punto de vista na controversia uniformismo-catastrofismo.

Son polo tanto dúas as excitantes ideas que no século XX acadan unha merecedora e destacable atención no campo das ciencias da Terra: a primeira, a que se aglutina baixo a denominación "da deriva dos continentes á tectónica de placas", teoría que transformou a nosa ciencia completamente ofrecendo unha nova comprensión da Terra; a segunda, a gran controversia suscitada polo denominado 'impacto KT' que introduce os xeólogos no mundo do postuniformitarismo.

DA DERIVA DOS CONTINENTES Á TECTÓNICA DE PLACAS

...o compoñente máis importante é a suposición de grandes movementos horizontais de deriva que moveron os bloques continentais no curso do tempo xeolóxico e presumiblemente continúen aínda.

A. Wegener, 1915

OS PRECURSORES

Con posterioridade a Darwin, analizouse a distribución de animais e plantas con relación ós seus fósiles. Huxley propoñía unha orixe saltacional das especies. De Vries entendía que as especies cambiaban por mutacións e así explicaba as leis de Gregor Mendel. Extinguidos os réptiles xigantes, os mamíferos evolucionaron en función de cambios climáticos; o home, un primate que ó pasar da selva á sabana camiñaba erguido. A evolución dos marsupiais en Australia e os edentados en América do Sur chamou a atención polas súas diferencias con Eurasia, África e América do Norte. Comezaron a compararse os rexistros fósiles de cada continente. Edward Forbes xa propoñía en 1846 «pontes entre continentes» para explica-las relacións entre organismos distantes. Entre os monos sen cola de África encontrábase o elo perdido que dera orixe ó home.

As relacións entre as especies non eran claras de todo. Os xeólogos que abrazaran de contado o evolucionismo de Darwin crían a Edward Suess, que en 1904 postulaba que a Terra evolucionara contraéndose, orixinando así as montañas pregadas. Para F. Taylor (1910) as montañas orixináranse polo movemento dos continentes, pero como consecuencia de forzas de marea provocadas polo suposto desprendemento da Lúa durante o Cretáceo. Só algúns pregamentos se explicaban por movementos horizontais locais.

O punto de partida da hipótese de Taylor non foi a observación da coincidencia do contorno dos continentes que bordean o Atlántico, tal como claramente xa apuntara Schneider en 1858, senón a disposición das cadeas montañosas do Terciario de Eurasia. Sen dúbida, Taylor coñecía polo miúdo o traballo de Edward Suess, *The face of the Earth*, sobre os supostos movementos de contracción sufridos polo arrefriamento da Terra. A idea dun 'gran desprazamento' da codia terrestre xorde en Taylor como primeira hipótese, coherente e elaborada, do que hoxe denominamos deriva continental. Taylor non lle prestou demasiada atención ó mecanismo do desprazamento continental na súa monografía de 1910, razón pola cal a súa obra non acadou o eco que cabería esperarse na comunidade xeolóxica.

Foi Alfred Wegener quen encarou o problema da aparente mobilidade dalgunhas especies: non se requiría de grandes migracións de animais nin pontes hoxe desaparecidas; jos que se moveran foran os continentes!

Son diversas as primeiras formulacións que apuntan a posible migración dos continentes (Hallam, 1976). Moitas céntranse na opinión xeneralizada, na metade do século XIX, sobre a complementariedade das liñas de costa dos continentes do Atlántico sur. Tamén se especulou sobre a formación do océano Atlántico, como consecuencia da depresión deixada pola Atlántida, un misterioso continente supostamente desaparecido.

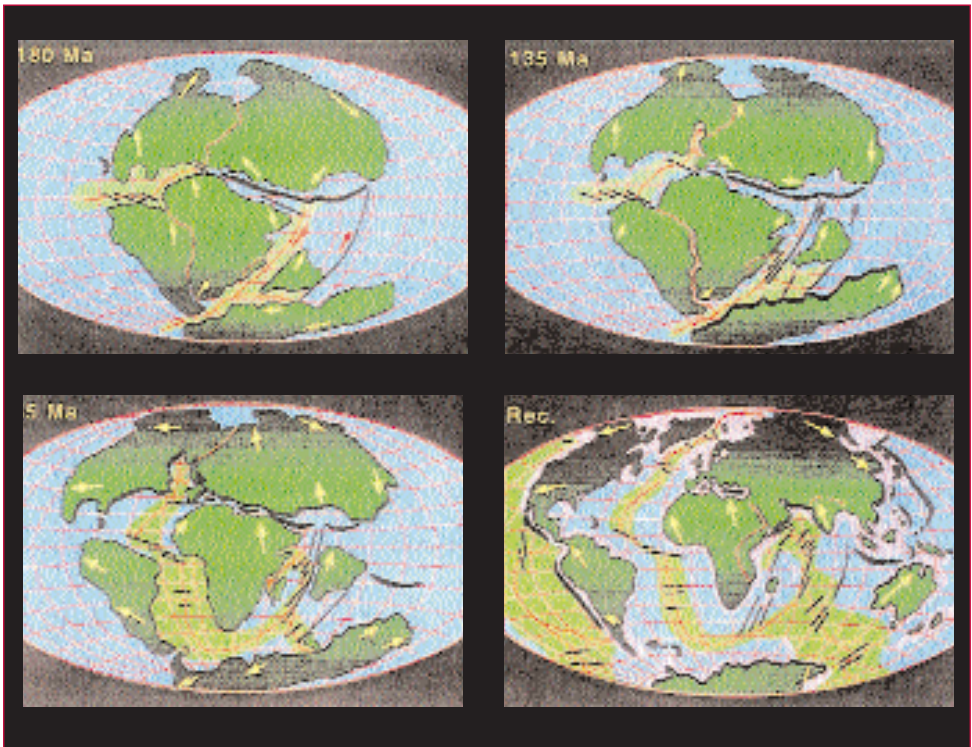


Figura 1. A evolución de terras e mares:

Hai 180 millóns de anos, a primitiva masa terrestre chamada Panxea empezou a desmembrarse. Primeiro, os continentes dividíronse ó longo das liñas dos océanos Índico e Atlántico setentrional. América do Norte separouse de África e o mesmo ocorreu coa India respecto á Antártida. Os vastos continentes de Laurasia, ó N., e Gondwana, ó S., quedaron case completamente separados polo chamado mar de Tetis. A Terra tiña tres grandes masas terrestres, ademais da India, que xa se empezara a mover cara ó N.

Hai 135 millóns de anos, despois de máis de 45 millóns de deriva dos continentes, estes aínda non adquiriran a forma que hoxe nos é familiar. As dúas grandes fracturas orixinais, o Atlántico Norte e o océano Índico, continuaron abríndose. O Atlántico Norte tiña entón unha anchura duns 1000 km. Unha serie de fracturas estendéronse ata o Mar do Labrador, separando as terras de Gronlandia de América do Norte. Entrementes, a India continuaba avanzando cara á costa meridional de Asia, aínda distante uns 3200 Km.

Hai 65 millóns de anos, os continentes empezaron a toma-la súa actual configuración. América do Sur separouse por fin de África, mentres que en Gondwana só Australia e a Antártida empezaran a moverse por separado. Unha prolongación da macrofractura do Atlántico Norte producirá outra gran fractura en Laurasia: Gronlandia separarase de Europa, e tamén o continente norteamericano do euroasiático. (A área coloreada con verde claro amosa a magnitude dos movementos da codia).

A DERIVA DOS CONTINENTES

A imaxe convencional da estrutura e evolución da Terra que se tiña a principios de século veu a ser substituída pola revolucionaria hipótese wegeneriana da deriva continental.

Segundo o seu propio relato, Wegener tivo a definitiva sospeita de que os continentes se moveran lateralmente cando advertiu a notable coincidencia entre os contornos continentais a ámbalas beiras do Atlántico. Sucedería algo así como lles ocorre ás capas de xeo cando rompen e se desprazan, di Lange Koch que chegou a pensar Wegener, un dos compañeiros da expedición a Gronlandia. A busca de evidencias foi tan fructífera e corroboraban de tal xeito a súa idea inicial que expuxo a súa hipótese no seu libro *Die Entstehung der Kontinente* (1915). En 1920, 1922 e 1929 publicáronse edicións revisadas. A de 1922 atraeu a máxima atención e foi traducida ó inglés en 1924 baixo o título *The origin of continents and oceans*. Nesa edición aparece por primeira vez, correctamente traducido, o termo *continental displacement* (desprazamento continental), que posteriormente se transformou en *continental drift* (deriva continental). Wegener postulou a presenza dun enorme supercontinente denominado Panxea (fig.1), que significa 'Todo Terra' e que se fracturou hai 180 millóns de anos, primeiro no hemisferio sur e logo no norte; Europa e Norteamérica terían permanecido unidos ata o Cuaternario (1 millón de anos). Pero o mesmo que o argumento máis consistente foi o da

similitude entre rochas e cintos oroxénicos existentes entre os dous lados do Atlántico, tamén o foron os argumentos paleontolóxicos e paleoclimáticos.

Desafortunadamente, o mecanismo que propuxo foi a diferente atracción da gravidade entre o Ecuador e os polos, e unha deriva contra o oeste produto das atraccións da Lúa e o Sol. Para explicar este movemento propoñía un fondo mariño viscoso sobre o que os continentes se abrían paso no seu desprazamento. Os xeofísicos corrixírono no sentido de que o fondo do mar é ríxido.

Aínda que Wegener morreu sendo un descoñecido en 1930, durante unha expedición a Gronlandia, a posterior acumulación de argumentos foille dando a razón. Arthur Holmes (1929) explicou a deriva dos continentes por correntes convectivas no manto, de forma que a codia continental e mariña se moven xuntas sobre esta porción plástica do manto. Tampouco a Holmes lle creron demasiado. Veining Meinesz reconece nas fosas oceánicas o lugar onde as correntes convectivas se afunden. O wegenerista Du Toit (1927) estudia comparativamente os fragmentos do supercontinente austral Gondwana separado de Laurasia polo Mar de Tetis. K. Runcorn (1962) e E. Irving (1964) corroboran o movemento dos polos mediante estudos paleomagnéticos, e as incongruencias xurdidas entre os datos obtidos soluciónanse cando se supoñen os continentes ensamblados. Paralelamente, investigadores como M. Ewing e B. Heezen (1962) recoñecen

que as dorsais mesoceánicas percorren todo o planeta.

A principios dos anos sesenta, Harry Hess (1962) e Robert Dietz (1961) reformulan a Wegener e Holmes na *Historia das cuncas oceánicas* e a *Teoría do espallamento do fondo oceánico* respectivamente. Hess, un recoñecido xeólogo da Universidade de Princeton, foi un dos impulsores do Proxecto Mohole, o encargado da perforación oceánica para a exploración da capa do manto terrestre. A súa gran contribución foi a integración dun certo número de feitos dispares: a aparente xuventude do fondo oceánico, o peculiar sistema que ofrecen as illas en forma de arco que circundan o océano Pacífico e o seu elevado número de volcáns, sismos, grandes fosas, etc. Propuxo que o fondo mariño se creou nas grandes dorsais medio-oceánicas, e logo esparéxese ata consumirse nas fosas e introducirse no manto terrestre. O seu modelo foi relacionado co da deriva dos continentes e suxírese que estes foron transportados ó longo do proceso polo efecto das correntes de convección que se xeran dentro do manto. Explicábase así a orixe das montañas e terremotos por forzas de tensión e de compresión. Agora si, a suma dos novos datos abría as portas á 'Revolución Wegeneriana'. Vine (1969) e Vine e Matthews (1963) explicaron o carácter simétrico das franxas magnéticas dos basaltos, contiguas ás dorsais mesoceánicas, como produto das inversións periódicas do campo magnético. Excitante hipótese esta última, que supón ter algo así

como unha 'gravadora natural' do campo magnético, que permitiu determina-la velocidade do transporte oceánico.

TECTÓNICA DE PLACAS: UNHA TEORÍA UNIFICADORA

Tan recentemente como en 1965, o xeofísico canadense Tuzo Wilson especula sobre a natureza das grandes fracturas na codia oceánica, que denomina fallas de transformación, e propón que todo o noso planeta se move en placas, creándose materia nas dorsais e consumíndose nas fosas oceánicas. A superficie terrestre estaría así dividida en diversas grandes placas ríxidas. Estas ideas expostas nos traballos de Wilson, constitúen o xerme da inicialmente denominada como 'nova tectónica global' por B. Isacks, J. Oliver e R. Sykes en 1968, para agrupa-los conceptos de 'deriva continental', 'esparexemento do fondo oceánico' e 'fallas de transformación', hoxe coñecida como Teoría da tectónica de placas.

Posteriormente, Morgan (1968) divide a superficie terrestre en vinte placas que poden ter límites de tres tipos: diverxentes, onde nace codia oceánica; converxentes, onde a codia oceánica se destrúe; e transformantes, onde non se crea nin se destrúe codia. Adoptouse a suposición de que as placas varían a súa espesura, acadando ata os 250 quilómetros naquelas compostas por manto superior e codia continental, mentres que aquelas outras do manto superior e codia oceánica chegan ata os 100 quilómetros e constitúen o que se denomina litosfera.

A litosfera repousa sobre a astenosfera, capa plástica na que o movemento resultante dalgún tipo de sistema de transferencia de calor dentro dela causa o desprazamento das placas.

Esta nova visión da superficie terrestre estimulou a recompilación de datos sobre zonas de fractura e anomalías magnéticas en todo o globo. O modelo agora obtido polo francés Le Pichon (1968) foi aínda máis simple có de Morgan: só seis placas maiores, denominadas Americana, Euroasiática, Africana, India, Pacífica e Antártida.

A maior parte dos xeólogos aceptan a teoría da tectónica de placas como a única que pode unificar e explicar numerosos fenómenos xeolóxicos. En consecuencia, moitos dos procesos xeolóxicos son vistos agora desde esta perspectiva. Aínda máis, debido a que tódolos denominados planetas terrestres tiveron unha orixe similar, pregúntase se esta teoría é única para a Terra ou pola contra opera do mesmo xeito nos outros planetas terrestres.

OS LÍMITES DE PLACAS

As placas teñen un movemento relativo dunha respecto a outra de xeito que os seus límites poden ser caracterizados como: *a)* diverxentes, *b)* converxentes, e *c)* transformantes. A interacción de placas e os seus límites forman a maior parte da orixe da actividade sísmica e volcánica da Terra así como da orixe dos sistemas de montañas.

a) As placas son diverxentes (fig. 2) cando se separan e se forma unha nova litosfera oceánica. Os límites diverxentes son lugares onde a codia se expande, se adelgaza e se fractura na medida en que o magma, derivado da fusión parcial do manto, alcanza a superficie. As sucesivas inxeccións de magma, ó arrefriarse, dan lugar á nova codia oceánica á vez que rexistran a intensidade e a orientación do campo magnético terrestre. A pesar de que este tipo de límites está moi ligado á formación das cristas oceánicas tal como a Dorsal Medio-Oceánica, tamén ocorren durante os estadios iniciais da fractura continental: o magma ascende por baixo do continente, a codia inicialmente elévase, expándese e adelgaza. Os vales do leste de África constitúen un magnífico exemplo deste estadio de ruptura continental. A continuidade do proceso conduce á separación en dous bloques continentais, tal como sucede no Mar Vermello separando a Península de Arabia de África e no Golfo de California que separa a Baixa California de México. Na medida en que estes mares estreitos recentemente creados continúan ampliándose, eventualmente poden chegar a ser unha extensa cunca oceánica tal como a Atlántica, que separa as Américas de Europa e África por miles de quilómetros. A Dorsal Medio-Oceánica constitúe o límite entre esas dúas placas diverxentes; mentres a Americana se despraza cara ó oeste, a Euroasiática e Africana móvese en dereitura ó leste.

b) As placas converxentes supoñen a colisión entre elas e, polo tanto, o lugar de destrución e reciclaxe da vella litosfera que progresivamente se forma nos límites das placas diverxentes. Doutra forma teríamos unha Terra en expansión. No límite converxente, unha das placas descende por debaixo da outra por subducción. As zonas de

subducción constitúen algo así como un plano inclinado no que se localizan os focos sísmicos, coñecido como plano de Benioff. A maior parte destes planos inclínanse cara a abaixo a partir das fosas oceánicas xeradas nos arcos illas ou continentes adxacentes, marcando o límite de escorregamento entre placas converxentes. Na medida en que a

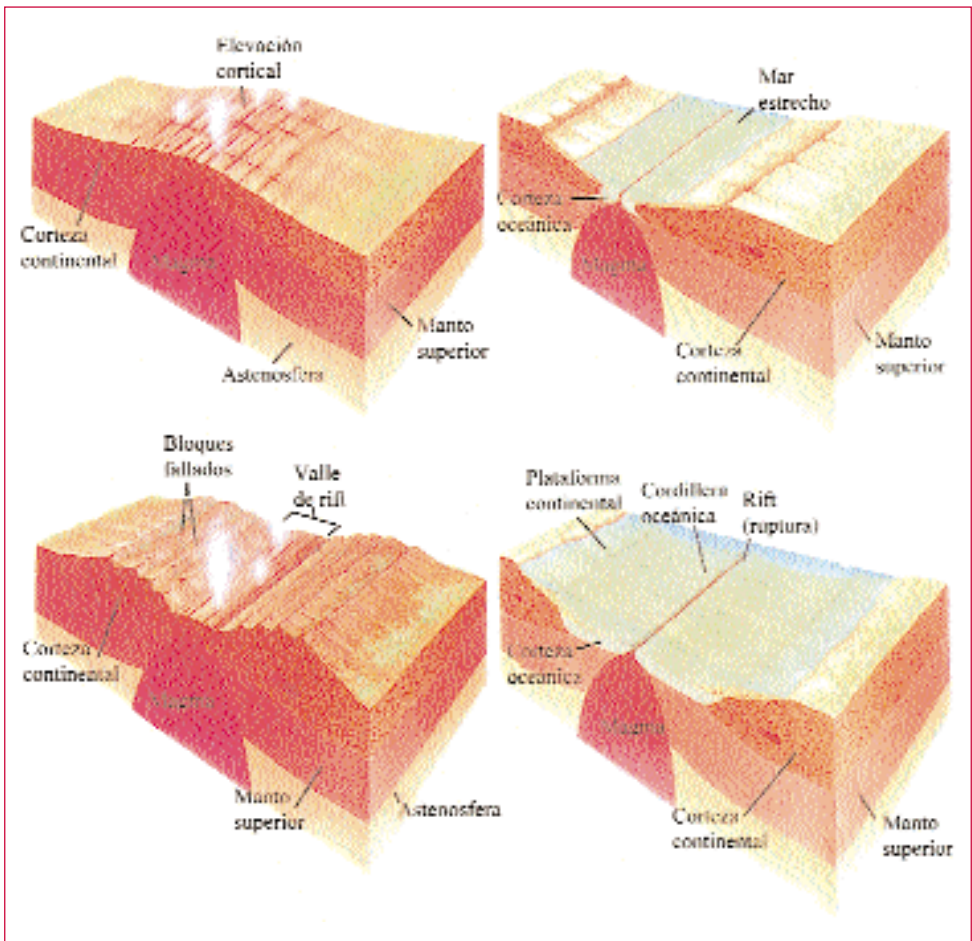


Figura 2. Evolución dun límite diverxente de placas. (Modificado de Monroe e Wicander, 1992).

placa subducente se introduce na astenosfera, quece e eventualmente incorpórase ó manto. Sen embargo, a subducción non ocorre cando ámbalas placas converxentes son continentais xa que a codia continental non ten a densidade necesaria para ser subducida dentro do manto.

Os límites converxentes caracterízanse por deformación, vulcanismo, formación oroxénica, sismicidade e importantes depósitos minerais. A partir das ideas de Tuzo Wilson chégase a recoñecer tres tipos de límites de placas converxentes: oceánica-oceánica, oceánica-continental e continental-continental.

Cando dúas placas oceánicas converxen, unha delas é subducida por debaixo da outra ó longo do límite de placa oceánica-oceánica (fig.3). A placa subducente dóbrase contra abaixo cun ángulo entre 5° e 10° para formar unha depresión oceánica seguida dun complexo, en forma de cuña, de sedimentos mariños pregados e fallados e litosfera

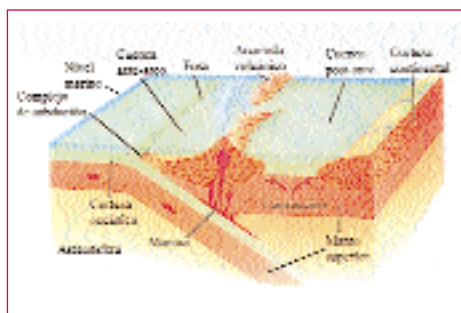


Figura 3. Evolución dun límite diverxente de placas. (Modificado de Monroe e Wicander, 1992).

oceánica arrincada da placa descendente. Na medida en que a placa descendente se introduce na astenosfera, afúndese parcialmente xerando un magma menos denso cás rochas adxacentes, polo que ascende á superficie formando unha cadea curvada (como resultado da intersección dun plano cunha esfera) de volcáns, que se denominan arcos-illa. A ámbolos lados destes arcos-illas xéranse dúas cuncas: a cunca ante-arco tende a somerizarse por recheo de sedimentos procedentes da erosión dos volcáns, mentres que na cunca tras-arco pode producirse un adelgazamento da súa codia litosférica, como consecuencia dun alto grao de subducción, ata o punto que chega a iniciarse unha expansión se o magma chega a rompe-la delgada codia, iniciándose unha nova codia oceánica. Un bo exemplo constitúe o Mar de Xapón entre o continente Asiático e as illas de Xapón.

Cando se trata da converxencia dunha placa oceánica e outra continental, a primeira, debido á súa maior densidade, é subducida por debaixo da continental ó longo do límite de placa oceánica-continental (fig. 4). A placa oceánica descendente dá lugar a unha fosa, seguida dun complexo de subducción consistente en capas de rochas falladas en forma de cuña, que marcan o límite externo da cunca ante-arco. Na medida en que a placa oceánica descende dentro da astenosfera, fúndese e xérase magma. Este magma ascende entre a corteza continental, irrompe na superficie orixinando volcáns, tamén

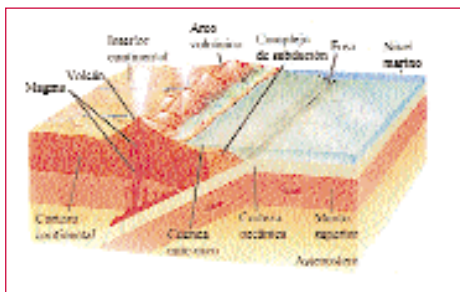


Figura 4. Límite entre placas oceánica-continental. (Modificado de Monroe e Wicander, 1992).

chamados arcos volcánicos, ou intrúese na marxe continental como plutóns, particularmente batolitos. Un excelente exemplo deste tipo constitúeo a costa do Pacífico de América do Sur, onde a placa Nazca está sendo continuamente subducida por Sudamérica: a fosa de Chile-Perú é o lugar de subducción e a Cordilleira dos Andes é a resultante cadea volcánica.

Finalmente, cando dúas placas converxen a través dun límite de placa continental con outra continental (fig. 5), unha placa pode esvarar sobre a outra, pero nunca subducida debido á súa baixa e igual densidade e grande espesura. Inicialmente, eses continen-

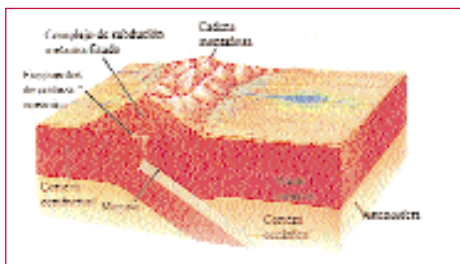


Figura 5. Límite entre placa continental-continental. (Modificado de Monroe e Wicander, 1992).

tes encontrábanse separados por codia oceánica ata que foi subducida por un dos continentes, que presentará as características dun límite de placa oceánica-continental. Se a codia oceánica é totalmente consumida, os dous continentes colisionan formando unha nova cordilleira de montañas. A cordilleira do Himalaia é o resultado da colisión entre a India e Asia que comezou aproximadamente hai corenta ou cincuenta millóns de anos e aínda continúa. A súa grande altura resulta da grosa acumulación de litosfera continental e a elevación producida como consecuencia do forzado e parcial escorregamento da placa india baixo a placa asiática durante a colisión.

c) Os movementos horizontais entre placas teñen lugar ó longo de fallas de transformación, onde as placas esvaran lateralmente de forma case paralela á dirección do movemento da placa. Non se destrúe nin se crea litosfera ó longo do límite transformante. As de transformación son unha clase particular de fallas que ‘transforman’ ou cambian un tipo de movemento entre placas noutro tipo diferente. A maioría das fallas de transformación conectan dous segmentos de dorsal oceánica, pero tamén poden conectar dorsais con fosas e fosas con fosas (fig. 6). Unha das fallas de transformación mellor coñecidas é a de San Andrés en California, que separa a placa do Pacífico da de Norteamérica.

A teoría da tectónica de placas, froito da hipótese da deriva continental, mostrouse capaz de integrar

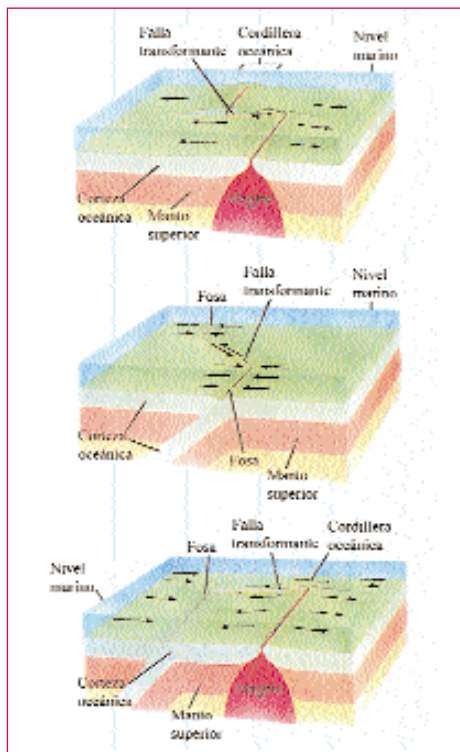


Figura 6. Movimientos horizontales entre placas por fallas transformantes. (Modificado de Monroe e Wicander, 1992).

diversos fenómenos xeolóxicos e contribuíu a obter unha imaxe máis coherente e intelixible da evolución da Terra. O maior obstáculo para aceptala foi a carencia dun mecanismo que explicase o movemento continental. Cando se soubo que os continentes e os fondos oceánicos se moven xuntos e non separados e que se forma codia nas dorsais por ascenso de magma, a maior parte dos xeólogos aceptaron a existencia dalgún tipo de sistema convectivo

de calor como proceso responsable para o movemento das placas, pero aínda quedan algúns interrogantes sen resolver, tales como ¿cal é o tipo de sistema convectivo de calor?, ¿son as placas participantes activas ou simplemente pasivas pasaxeiras? Ó remate do século aínda non se desenvolveu unha teoría comprensiva sobre o mecanismo conductor das placas. Non obstante, a teoría da tectónica de placas constitúe o maior avance das ciencias da Terra des de que, a principios do século XIX, a aceptación dos paradigmas do uniformitarismo e a correlación estratigráfica de fósiles lle outorgou á Xeoloxía o rango dunha verdadeira ciencia. Por ser Alfred Wegener o científico que realmente iniciou ese camiño, merece o recoñecemento debido a un dos innovadores máis importantes do século.

O IMPACTO KT

Pero era demasiado tarde. En aquel momento la roca se estremeció y tembló bajo sus pies. El gran ruido retumbante, más fuerte que antes, vibró en el suelo y reverberó en las montañas. Después, con la precipitación de un cauterio, llegó un gran destello rojo. Mucho más allá de las montañas orientales saltó hacia el cielo y salpicó de carmín las nubes que lo encapotaban. En aquel valle de sombra y luz fría y cadavérica, parecía algo insoportablemente violento y furioso. Picos de piedra y colinas como cuchillos mellados estallaban en un negro llamativo contra las llamas que se elevaban en Golgoroth. Después llegó el gran estallido de un trueno.

J. R. R. Tolkien, *El señor de los anillos*

INTRODUCCIÓN

Se a vida evolucionase en continentes que por momentos estaban unidos e por veces illados, tal como expuxo Wegener, e por iso dentro dun proceso de cambios graduais e uniformes, xorde a inmediata pregunta de cómo sucederon as bruscas interrupcións na evolución biolóxica e, sen lugar a dúbidas, tamén cómo e cando se creou a vida.

En 1954 foron recoñecidos os estromatolitos como as primeiras formas viventes (arrecifes de algas supostamente semellantes ás actuais bacterias, e algas verdeazuladas fosilizadas) do Precámbrico do Gunflint Chert, Ontario, Canadá. Posteriormente, acháronse outros tipos de fósiles primixenios: filamentos ramificados semellantes a fungos, algas unicelulares, arranxos tetraédricos de células semellantes a esporas ou células espiñentas (Schopf, 1979); pero a pregunta era cómo xurdiran estas formas de vida que hoxe coñecemos polos fósiles.

Xa en 1929, J. B. S. Haldane propuxo un 'caldo quente e diluído' (H_2O , CO_2 e NH_3) que nunha atmosfera reductora (sen osíxeno) permitise que os raios ultravioletas proporcionaran a enerxía necesaria para a vida. En 1952, Harold Urey retomou as ideas de Oparin e Haldane, e a través de chispas eléctricas en mesturas de hidróxeno, metano, amoníaco e auga obtivo aldehidos, ácidos orgánicos e aminoácidos. Esta teoría da 'sopa quente' está aproximadamente vixente con relación

á particular historia de arrefriamento e diferenciación xeoquímica do noso planeta respecto doutros. O individuo primixenio non só debeu reproducirse senón que, ademais, dependeu de fontes de alimentación, un eficiente mecanismo químico interno e de certa capacidade para ambientarse aínda en condicións de crises ambientais (Soffen, 1982). As 500.000 especies subseguintes, que posuían a mesma composición bioquímica (carbono, hidróxeno, osíxeno, nitróxeno, CHON), códigos xenéticos e ata a asímetría nas moléculas de aminoácidos, confirmaban unha única orixe para a vida que hoxe coñecemos. A definición de 'vida' pode tomarse como a capacidade de reproducirse, ou a capacidade de evolucionar por selección natural. Os biólogos S. Body e M. Harrington indicaron en 1979 que os aminoácidos dominantes con asímetría cara á esquerda son selectivamente absorvidos polas arxilas bentónicas. E pensouse que na capacidade das arxilas de transmitir cargas eléctricas se produciu a enerxía que tería orixinado o 'individuo primixenio'.

Estas teorías foron usadas para avalia-la posibilidade de vida en Marte durante a misión espacial do Viking (1976-1979). O solo de Marte foi analizado mediante tres experimentos: pirólise (absorción ou redución de óxidos de C^{14} en presenza ou ausencia de luz), intercambio radiactivo (alimentación de probables microbios cunha 'sopa bioquímica' marcada radioactivamente) e intercambio gasoso

(humedecemento do solo marciano con vapor de auga, con 'sopa' nutritiva). Só os dous primeiros experimentos deron débiles respostas, que foron explicadas por fenómenos de oxidación dun composto tipo peróxido ou superóxido de ferro. De tódalas maneiras, especúlase que os polos de Marte poden preservar mellor as moléculas orgánicas cá regolita (solo oxidado) da que trouxo mostras a nave espacial Viking (Soffen, 1982).

O LÍMITE CRETÁCEO-TERCIARIO

O límite Cretáceo-Terciario sinala unha das grandes discontinuidades da historia da Terra, e por iso se emprega como liña divisoria que separa eras fundamentais na evolución da vida: o Mesozoico e o Cenozoico.

Tódalas teorías que trataron de explica-la orixe da vida desde o rexistro xeolóxico consideraron o sistema terrestre como pechado. Hoxe en día coñécese que a extinción dos dinosauros e outros organismos hai sesenta e cinco millóns de anos se debeu ó impacto dun corpo celeste (asteroide ou cometa) que orixinou unha nube de po que cubriu significativamente a atmosfera. O amortecemento da luz orixinou un drástico arrefriamento do clima durante un tempo abondo como para altera-las cadeas tróficas dos organismos máis especializados; e os dinosauros extinguíronse.

A proposta foi formulada por Luis e Walter Álvarez (pai e fillo), da Universidade de California, Berkeley.

Físico e xeólogo recoñeceron en Gubbio (Italia) unha capa de arxila de só un centímetro significativamente rica en iridio, un elemento particularmente característico dos meteoritos do tipo 'chondrites' (Álvarez *et al.*, 1980). Esta capa de arxila está situada exactamente no límite do tránsito do Cretáceo ó Terciario, polo que se denominou como límite KT. Esta anomalía de iridio non se encontraba noutros niveis estratigráficos, o que descartaba a posibilidade dalgunha causa terrestre común, como o vulcanismo. Por outra parte, o iridio é un dos seis elementos do grupo do platino, que están concentrados no núcleo terrestre e está ausente da superficie. Todos eles poden ser liberados na Terra por un impacto de asteroides e cometas. A anomalía KT presenta eses elementos nas mesmas proporcións ca nos meteoritos. Deste modo aparece un claro sinal que asocia a anomalía de iridio a un obxecto extraterrestre e non a unha erupción volcánica —como tamén se postulara— onde as proporcións entre elementos do platino son distintas.

Malia as numerosas dúbidas, máis ben paleontolóxicas ca estratigráficas, que existían inicialmente, a anomalía de iridio en KT convenceu de que pagaba a pena buscar un cráter de impacto xigante daquela época. A primeira pregunta evidente era ónde tivo lugar o impacto: ¿continente ou océano? As primeiras indagacións, baseadas en criterios xeoquímicos, apuntaban o océano, se ben semellaba imposible que un cráter estimado en

150 a 200 quilómetros de diámetro non fora detectado polos barcos oceanográficos. A este respecto, a teoría da tectónica de placas proporcionaba un bo argumento xa que unha quinta parte da codia oceánica que existía na época do límite Cretáceo-Terciario sufriu subducción desde entón; se o cráter buscado se atopaba nesa codia, estaría totalmente destruído. Outras pistas contradictorias apuntaban un impacto continental, fóra do alcance da codia oceánica. Ó longo da década de 1980, na medida en que se ían descubrindo cada vez máis evidencias que apoiaban a idea do impacto para a extinción producida no KT, recoñeceu-se en diferentes afloramentos rochosos e nos fondos mariños próximos á península de Yucatán a evidencia dun gran tsunami, unicamente explicables por un grande impacto. Este produciuse no continente pero o suficientemente preto do océano como para que se xerara un tsunami. A estrutura circular de anomalías gravitatorias en Yucatán suxería a existencia dun cráter, hoxe enterrado e invisible desde a superficie, na área de Chicxulub. Inicialmente confundido cun volcán polos xeólogos da petrolera PEMEX de México, o cráter Chicxulub era meirande ca calquera cráter de impacto coñecido na Terra.

O grupo de Berkeley dos Álvarez presentou unha descrición moi convincente de cómo tivera lugar a grande extinción. Tituláranos humoristicamente “Darkness at noon”, título dunha coñecida obra de A. Koestler que en España se traduciu por *El cero y el*

infinito, e que literalmente significa ‘escuridade ó mediodía’. Suxerían que, se un meteorito de dez quilómetros de diámetro batese contra a Terra hai sesenta e cinco millóns de anos, enormes cantidades de restos de rochas pulverizadas pola explosión e o impacto se inxectarían na estratosfera e axiña se distribuirían por todo o globo, diminuíndo a luz que normalmente chega á superficie da Terra.

Na conseguinte escuridade, a fotosíntese interromperíase e a ruptura da cadea de alimentos produciría unhas pautas de extinción que son observables nos datos paleontolóxicos. A capa de arxila en que se encontrara a anomalía de iridio de Italia tiña que ser —supoñían— o po que nos anos seguintes ó impacto se fora depositando gradualmente sobre a superficie da Terra. Deste modo naceu unha das máis sorprendentes hipóteses da ciencia moderna. O equipo Álvarez publicou o seu primeiro informe na revista *Science*, o 6 de xuño de 1980, baixo o título “Extraterrestrial cause for the Cretaceous-Tertiary extinction” (“Causa extraterrestre para a extinción do Cretáceo -Terciario”).

A ‘Grande Extinción’ que ocorreu hai sesenta e cinco millóns de anos debido a unha catástrofe cósmica e as súas implicacións na teoría da evolución foi obxecto de numerosas críticas xurdidas desde diversos ámbitos científicos. A Conferencia de Snowbird celebrada en Utha (EUA), en 1981, que se titulou “Impactos de corpos grandes e evolución terrestre: implicacións

xeolóxicas, climatolóxicas e biolóxicas”, puxo de relevo a intensa investigación que se realizaba, tanto sobre aspectos derivados de factores astronómicos, como a chuvia de cometas que periodicamente visitan a Terra, ata escenarios dun posible ‘inverno nuclear’, etc.

Son numerosas as preguntas que a ciencia pode facerse ante un feito de tal magnitude e tanta transcendencia. Unha delas é considerar se logo dunha guerra nuclear a especie coñecida como *Homo sapiens* se vería condenada á extinción; a resposta é si. ¿Sería posible que o impacto de finais do Cretáceo destruíse de xeito similar o medio natural, condenando os superviventes á extinción incluso durante un período de tempo despois do Holocausto? En xullo de 1994 os grandes telescopios apuntaron a Xúpiter para observa-lo impacto do cometa Shoemaker-Levy 9, que fora captado por ese planeta. Cando o cometa se afundiou na atmosfera de Xúpiter, grandes penachos de material despedido polo choque eleváronse por riba do planeta e despois, como consecuencia da enorme gravidade de Xúpiter, esboroáronse sobre a súa superficie xerando intensas emisións de calor que puideron verse como radiación infravermella desde os telescopios da Terra. A natureza estaba ofrecendo, a unha distancia segura, un experimento que era a proba de que os grandes impactos non son só algo que puido suceder no pasado.

Os Álvarez analizaron catro ‘mecanismos causantes de morte’,

provocados polo impacto KT, que poderían ter contribuído á extinción. En primeiro lugar estaba a escuridade global de tres a seis meses de duración que detivo a fotosíntese. Un segundo mecanismo era o efecto invernadoiro, é dicir, a introducción na atmosfera dunha enorme cantidade de vapor, consecuencia do impacto no océano, que actuou como unha pantalla na Terra apresando a calor; en poucos meses as temperaturas globais sufrirían un significativo incremento, o suficiente para causa-la morte a moitos animais. Un terceiro mecanismo podería ter producido efectos catastróficos debido a un fenómeno inverso, un arrefriamento global: mentres persistiu o período de escuridade, as temperaturas globais puideron baixar 18°, e durante un tempo suficiente como para acabar coa maior parte dos animais incapaces de hibernar. Un cuarto mecanismo de morte baseábase na posibilidade de chuvias ácidas mortais en todo o mundo, derivado do impacto e a conseguinte transformación do nitróxeno atmosférico en óxidos de nitróxeno.

As conflictivas interpretacións dos acontecementos que levaron á desaparición dos dinosauros e causaron a extinción masiva do Cretáceo-Terciario, poida que non se logre coñecerlas por agora, pero é evidente que unha ‘revolución’ varreu o mundo contra finais do Cretáceo e trouxo un mundo novo. Un mundo que entraba no período Terciario sen dinosauros e outras especies de organismos.

Axiña se recoñeceron máis evidencias deste impacto Cretáceo-Terciario (anomalías xeoquímicas e evidencias físicas nos cristais de cuarzo) ó tempo que se encontraban pistas de impactos similares doutras idades (extincións do Titoniano, Hauteriviano, Cenomaniano e Eoceno Tardío; Torbett, 1989). Non é doado atopar evidencias de impactos no rexistro xeolóxico. Un grande impacto como o acontecemento do límite do KT, o suficientemente grande como para causar unha extinción en masa, pode localizarse no rexistro xeolóxico, porque os fósiles son distintos por encima e por debaixo do nivel de impacto. Buscar impactos máis pequenos que non deixen efectos sobre os seres vivos é moi difícil, e probablemente os seus depósitos só se achen casualmente. Non obstante, a lista de evidencias de impactos é cada vez máis numerosa; algúns están asociados a extincións en masa e outros poida que non teñan máis que efectos biolóxicos locais. No rexistro estratigráfico, a constatación de impactos vai desde idades moi antigas (leitos de esférulas e exectos de idade precámbrica) ata outras máis recentes (exectos procedentes do Plioceno), ou ata na actualidade se dan fenómenos similares aínda que menores, como o ocorrido o 30 de xuño de 1908 en Tunguska, Siberia.

O detallado rexistro fósil dos últimos 570 millóns de anos desde o final do Precámbrico proporciona a evidencia de cinco grandes extincións en masa e doutras cinco máis pequenas. O

límite KT é a máis recente das cinco grandes extincións e proporcionou moita máis información cás máis.

As influencias de impactos celestes no rexistro xeolóxico resultaron sumamente importantes xa que cambiaron varias veces o rumbo da evolución biolóxica (Hallam, 1984). Do estudo da sucesión de cráteres producidos polo impacto de meteoritos esbozouse unha secuencia de eventos cunha periodicidade de vinteito millóns de anos. ¿A que se debe esta periodicidade? Hai varias hipóteses astronómicas en relación cos eventos de extincións provocadas polos impactos de cometas; unha atribuída á presenza dunha pequena estrela, compañeira do Sol, Némesis, que orbitara derredor del cada vinteiseis millóns de anos. A. Muller (1985) razoou que posto que a maior parte das estrelas se presentan emparelladas, unha orbitando arredor da outra, o Sol podería ter unha compañeira aínda non descuberta, probablemente unha estrela anana dun a dez con relación á masa do Sol. Ó principio pensou que, cada vinteiseis millóns de anos, a estrela compañeira podería estar preto do Sol, o suficiente como para altera-las órbitas dos asteroides da rexión comprendida entre Xúpiter e Marte. Biet Hut, experto en dinámica orbital, suxeriu en 1983 a idea de que a estrela compañeira do Sol afectase a nube de refugallos interestelares situados alén de Plutón e que se supón son os que dan orixe ós cometas. Unha última hipótese propón a idea dun planeta X, aínda por descubrir, que na súa

viaxe orbital arredor do Sol puido producir perturbacións causantes das chuvas periódicas de cometas destructores (Torbett e Smoluchoski, 1984). Desde puntos de vista distintos, as tres chegan a conclusións similares. Incluso os astrónomos norteamericanos M. Rampino, R. Schwart e P. James, propoñentes da primeira hipótese, chegan a deducir unha ciclicidade de chuvas de cometas pola repercusión que o Sol, ó cruza-lo plano da nosa galaxia, exerce sobre a nube de cometas de Oort que está próxima ó dito plano. As extincións periódicas poderían así ser explicadas, calculándose períodos de tempo duns trinta e tres millóns de anos.

Parece sorprendente a asimetría entre a revolución da tectónica de placas e o cambio do punto de vista que requiría a hipótese do impacto KT: mentres que a tectónica de placas foi uniformitaria en concepto, pero cambiou de forma espectacular a visión tradicional da Xeoloxía, a aceptación da hipótese dos impactos, aínda que catastróficos en concepto, están a ter un efecto máis gradual.

O novo enfoque do interese nas extincións, inspirado en boa parte pola hipótese dos Álvarez, está a producir unha transformación non só no pensamento sobre a natureza da evolución, senón tamén no do uniformitarismo incondicional. O punto de vista tradicional darwinista inclúe esa competencia entre as especies como un impulso na historia da vida, con cambios no medio físico como un asunto de impor-

tancia secundaria. No novo punto de vista, a evolución parece ter un compoñente substancialmente oportunista. Podía haber longos períodos nos cales a vida evolucionaba gradualmente debido á competencia entre as especies, pero eran interrompidos por episodios de extremos cambios ambientais que alteraban o curso da historia da vida. A loita primaria é a que se leva a cabo co clima, a xeoloxía e tal vez contra asaltos ou agresións extraterrestres. Os perdedores extínguense adoito en grandes vagas de morte. Os superviventes ocupan os hábitats que quedaron baleiros e desenvólvense con medios que non tiveron ó seu alcance antes da extinción masiva. En conxunto, unhas cousas e outras, trátase dun período de morte e creación. As extincións non só alteran o reloxo do cambio evolutivo, senón que controlan a vida en direccións completamente novas. É posible que os paleontólogos, axudados polos Álvarez e os astrofísicos, acaben por descubrir que a historia da vida está conformada nos seus camiños decisivos por forzas celestes.

A hipótese do impacto KT dos Álvarez foi máis aló do que eles imaxinaron. O impulso que recibiu o estudio dos asteroides levou a recoñecer aqueles ricos en gases volátiles (chondrites carbonáticos; Chapman, 1982). E actualmente especúlase se cometas ou asteroides puideran axudar na orixe da vida transportando moléculas complexas cara á Terra. Deste modo, a vida non sería autóctona senón que podería ter sido transportada desde

un corpo celeste cunha diferenciación xeoquímica semellante á nosa. As atmosferas dos nosos veciños, Venus e Marte, indicannos hoxe a probable evolución do noso planeta (prexudiciais ambas para o noso *modus vivendi*), unha de gasificación (efecto invernadoiro) e outra contraria, de degasificación da nosa atmosfera.

COROLARIO

A ciencia xeolóxica neste século, a pesar dos prexuízos conservadores e as modas intelectuais, permítenos destacar en primeiro lugar unha nova visión sobre o funcionamento da Terra, que se inicia coa deriva continental e culmina coa tectónica de placas, e, segundo, unha ruptura no eterno enfrontamento entre gradualistas e catastrofistas, á vez que reformula a nosa posición actual no planeta. A recente aceptación da hipótese do impacto KT, ademais da nova perspectiva que ofrece ó conducirnos incluso alén do sistema solar, leva tamén a un gran número de reflexións de evidente actualidade:

1. A nosa orixe está vinculada a unha evolución xeolóxica, química e biolóxica, particularmente sementada de accidentes e catástrofes dun planeta menor que viaxa arredor dunha estrela menor nunha de tantas galaxias do universo.

2. A nosa fin tamén pode depender dos mesmos mecanismos azarosos: ó analiza-lo trágico destino dos grandes dinosauros, o fenómeno que fixo

posible a evolución dos mamíferos e, en consecuencia, a nosa propia evolución, desde o *Homo sapiens* hai 500.000 anos, ata o desenvolvemento dunha esencialísima característica como é a conciencia, fai que nos formulemos preguntas verbo do noso pasado e do noso futuro. Só os seres humanos se interrogan sobre as súas orixes e se preocupan polo futuro. Esta autoconciencia é a fonte da relixión e a xustiza, das artes e das ciencias, é a nosa propia humanidade. Na opinión da maior parte dos científicos, Gould (1984) dixo: “La conciencia es un caprichoso accidente de la evolución, un producto de un linaje peculiar que desarrolló la mayor parte de los componentes de la inteligencia para otros procesos evolutivos”.

3. De tódalas especies existentes, ou que existiron no pasado, só nós conseguimos chegar a dispoñer de poder abondo para provoca-la nosa propia extinción e a conciencia suficiente para decatármonos de que estamos condenados a sufri-lo noso propio medo. Podemos mira-lo futuro e contempla-la nosa morte, como especie, en circunstancias non moi distintas daquelas que se precipitaron sobre os poboadores do período Cretáceo. A única diferenza é que os dinosauros deberían culpar da súa extinción a elementos procedentes das estrelas, mentres que nós non poderíamos culpar a ninguén máis ca a nós mesmos.

Luis Álvarez deuse conta do paralelismo existente entre a hipotética catástrofe que condenou os dinosauros

e unha guerra nuclear, comparación que nos fai dubidar das esperanzas de que se poida sobrevivir a semellante circunstancia: o mundo quedaría novamente sumido na escuridade de ferruxe durante semanas e reduciríase a luz necesaria para o desenvolvemento das plantas. Ó mesmo tempo, produciría unha onda de frío implacable por tódalas partes. O resultado podería se-la desaparición da especie humana.

4. Afortunadamente, a ciencia permítenos, coñecendo estas circunstancias, poder prever, mitigar e ata alterar los ciclos bioxeoquímicos: é posible que nunca cheguemos a saber con certeza qué lles ocorreu ós dinosauros, pero o certo é que sabemos bastante como para preguntarnos se iso mesmo podería ocorrer nos a nós. Se o que lles afectou foi unha catástrofe repentina, pensemos nunha guerra nuclear e sentiremos calafríos. Se a súa desaparición se produciu gradualmente, debido a unha acumulación de causas que alteraron o medio ambiente, non temos máis remedio que pensar nos efectos do exceso de poboación, a deforestación, os venenos químicos e a polución cada vez maior sobre a habitabilidade da Terra. Mesmo se dun modo ou outro se logra evita-la guerra nuclear, o mundo segue enfrontado á inmediata perspectiva de extincións que podería rivalizar, e incluso superar, a que tivo lugar a finais do Cretáceo.

5. Ende mal, o desenvolvemento non foi coherente co coñecemento e estes ciclos bioxeoquímicos están sendo alterados prexudicialmente

pola nosa propia actividade. Dous investigadores, Paul Ehrlich e Daniel Simberloff, preveñen de que a poboación humana está medrando de modo tan explosivo e está modificando o medio natural de xeito tan drástico que outras especies están perecendo a un ritmo alarmante, tanto é así, que podería acada-las proporcións dunha extinción masiva nos próximos douscentos anos. “Por primeira vez en la historia geológica —dixo Ehrlich— un episodio de gran importancia será puesto en acción por el exceso de capacidad de una especie, el Homo sapiens”.

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, L. W., W. Álvarez, F. Asaro, e H. V. Michel, “Extraterrestrial cause for the Cretaceous-Tertiary extinction”, *Science*, 208, 1980, 1095-1108.
- Bentor, Y. K., “Geological Events in the Bible”, *Terra Nova*, 1, 326-338.
- Beveridge, W. I. B., *The art of scientific investigations*, Londres, Heinemann, 1950.
- Burnet, T., *Telluris Theoria Sacra*, Londres, 1680-1689.
- Chapman, C. R., “Asteroids”, en J. K. Beatty, B. O’Leary, e A. Chaikin, *The new Solar System*, Cambridge, Mass., Cambridge Univ. Press e Sky Publ. Co., 1982, 97-104.
- Dietz, R., “Continent and ocean basin evolution by spreading of the sea

- floor", *Nature*, Londres, 190, 1961, 854-7.
- Du Toit, A. L., *A geological comparison of South America with South Africa*. Carnegie Inst. Wash. Publ. 381, 1927, 1-157.
- Fenton, C. L., e M. A. Fenton, *Giants of Geology*, Garden City, N. Y.: Doubleday, 1952.
- Gould, S. J., "Making These Bones Live", *New York Times*, 9 de dezembro, 1979.
- Hallam, A., *De la Deriva de los Continentes a la Tectónica de Placas*, Barcelona, Ed. Labor, 1976.
- "The causes of Mass Extinctions", *Nature*, 308, 1984.
- Great Geological Controversies*, Oxford University Press, 2ª edición, 1989.
- Heezen, B., "The sea floor", en S. K. Runcorn (ed.), *Continental drift*, Nova York, Academic Press, 1962.
- Hess, H., *History of ocean basins*, en: A. E. J. Engel et al. (ed.), *Petrologic studies*, Boulder, Colorado, Geological Society of America, 1962.
- Holmes, A., *Radioactivity and earth movements*, Glasgow, Trans. Geol. Soc. 18, 1929, 559-606.
- Hsü, K. J., *La Gran Extinción: catástrofe cósmica, dinosaurios y la teoría de la evolución*, Barcelona, Antoni Bosch, editor, 1986.
- Hutton, J., *Theory of the Earth with proofs and illustrations*, 2 vols., Edimburgo, 1975.
- Irving, S., *Paleomagnetism and its application to geological and geophysical problems*, Nova York, J. Willey, 1964.
- Le Pichon, X., "Sea floor spreading and continental drift", *J. Geophys. Res.* 73, 1968, 3661-97.
- Monroe, J. S., e R. Wicander, *Physical Geology*, West Publ. Co., 1992.
- Morgan, W., "Rises, trenches, great faults and crustal blocks", *J. Geophys. Res.* 73, 1968, 1959-82.
- Muller, R. A., "An adventure in Science", *New York Times*, 24 de marzo, 1985.
- Runcorn, S. K., "Paleomagnetic evidence for continental drift and its geophysical cause", en S. K. Runcorn (ed.), *Continental drift*, Nova York, Academic Press, 1962.
- Schopf, J. W., "La evolución de las células primitivas", en: *Evolución*, Serie Investigación y Ciencia, Barcelona, Ed. Labor S. A., 1979, 51-67.
- Soffen, G. A., "Life on Mars?", en: Beatty, J. K., B. O'Leary, e A. Chaikin. *The new Solar System*, Cambridge, Cambridge Univ. Press e Sky Publ. Co., Mass., 1982, 93-96.
- Suess, E., *The face of the Earth* (5 vols.), Oxford, Clarendon Press, 1904-9.

- Taylor, F. B., *Bearing of the tertiary mountain belt on the origin of the Earth's plan*, Bull. Geol. Soc. Amer., 21, 1910, 179-226.
- Torbett, M. V., e R. Smoluchowski, "Orbital Stability of the unseen Solar Companion Linked to Periodic Extinction Events", *Nature*, 311, 1984.
- Torbett, M. V., "Solar system and galactic influences on the stability of the Earth", *Global and Planetary Change*, 75, 1-2, 333, 1989.
- Vilas, F., "Las cuatro revoluciones científicas al Génesis", Lección Maxistral de Apertura de curso, Universidade de Vigo, 1996.
- Vine, F., "Spreading of the sea floor: new evidence", *Science* 154, 1966, 1045-15.
- Vine, F., e D. H. Matthews, "Magnetic anomalies over oceanic ridges", *Nature*, 199, 1963, 479.
- Wegener, A., *Die Entstehung der Kontinent*, Petermanns Mitteilungen, 1925, 185-95, 253-6, 305-9.
- *The origin of continents and oceans*. Translated from the 4th revised German edition of 1929 by J. Biram, with an introduction by B.C. King, Londres, Methuen, 1966.
- Wilson, T., "A new class of faults and their bearing on continental drift", *Nature*, 207, 1965, 343-7.



A MEDICINA NO SÉCULO XX

*Fernando Domínguez Puente**
Universidade de Santiago
de Compostela

INTRODUCCIÓN

A percepción xeral de que a Medicina avanzou ó longo do século XX xustifícase suficientemente analizando a evolución de diversos indicadores sanitarios, algún dos cales se recolle na táboa I. En España, a mortalidade de nais e fillos tralo parto viuse substancialmente reducida ó longo do século. A mortalidade é menor tanto en número absoluto (aínda cando a poboación total aumentou), coma de forma relativa. Así, no ano 1980 só falecen catorce de mil nenos nados vivos; esa cifra é trece veces superior en 1900 (táboa I). É obvio que esta drástica diminución da mortalidade non é gratuíta e obedece a unha mellor asistencia médica. Son varias as razóns que xustifican esta mellora sanitaria; só mencionarei dúas: o desenvolvemento da medicina racional ou científica e o da saúde pública e dos servizos asistenciais públicos.

TÁBOA I
Mortalidade de nais e fillos tralo parto

	1900	1980
Nais	3.000	181
Fillos	125.000	6.676
Fillos mortos (por mil nados vivos)	186	14
Poboación Total (millóns)	18	37

A Medicina é unha rama das ciencias positivas. Con esta proposición, deliberadamente, exclúo outras prácticas 'médicas' chamadas alternativas, naturais, etc., que, na miña opinión, dan logros imposibles de avaliar pola ausencia dun corpo rigoroso de datos experimentais que permita as súas análises.

O propio concepto de enfermidade mudou e, progresivamente, foise desprendendo de connotacions máxicas ou metafísicas, aínda que é notoria a persistencia de curandeiros ou de

* Catedrático de Fisioloxía.

profesionais sanitarios con estudos universitarios que ofrecen remedios alleos á medicina racional. Non pretendo facer valoración ningunha (pois a súa argumentación excede o ámbito desta publicación) das prácticas médicas alternativas, senón xustificar por qué non se volve facer mención delas ó longo do artigo. Tampouco me vou referir a medicinas tradicionais distintas da occidental.

Limitareime, pois, a trata-lo desenvolvemento da Medicina racional da que debemos resaltar, polo menos, tres grandes facetas. En primeiro lugar, os enormes avances científicos que permitiron comprende-la orixe e as manifestacións clínicas de bo número de enfermidades. En segundo lugar, o desenvolvemento de novos métodos diagnósticos non invasivos, moitos dos cales supuxeron grandes revolucións tecnolóxicas que permiten diagnósticos máis precisos e precoces. O abano é enorme e iníciase a principios de século cos raios X (a primeira radiografía tomouna Röntgen da man da súa muller en 1895), o electrocardiograma desenvolvido por Einthoven ou o modesto esfingomanómetro que permite medirla presión arterial ideado en 1896 polo médico italiano Riva-Rocci e perfeccionado polo ruso Nicolai Korotkoff en 1905. Ó longo do século fóronse incorporando o microscopio electrónico ou, máis recentemente, a endoscopia, a tomografía axial computarizada (TAC), a tomografía de emisión de positrons (PET) que permite diagnosticar metástases mínimas ou analiza-lo cerebro en

pleno funcionamento, a resonancia magnética nuclear, láseres, ultrasóns e un longo etcétera que revolucionou a capacidade diagnóstica do médico. En terceiro lugar, as ferramentas terapéuticas perfeccionadas ó longo do século XX, que dotaron o médico dun arsenal enorme e, nalgúns casos, excepcionalmente eficaz para combater-la enfermidade.

Non vou desenvolver algúns temas que por dereito propio deberan figurar aquí como son a Xenética ou a Neurociencia, por ser tratados máis extensamente noutros artigos desta monografía. A Cirurxía escíndese da Medicina e trátase nun capítulo independente.

A MEDICINA PÚBLICA

No século XIX a percepción de que a pobreza ou a explotación laboral infantil afecta negativamente a saúde fai que a sociedade tome conciencia da importancia da prevención e así a saúde pública vólvese obxecto da política, da administración e da xustiza. O desenvolvemento que a Medicina preventiva acadou hoxe nas sociedades occidentais é enorme; é difícil atopar algunha faceta da vida humana que non se vexa afectada por consideracións sanitarias. A prevención de enfermidades inflúe radicalmente na nosa forma de vida: desde a dieta, pasando polo exercicio ata numerosas regulacións que afectan a calidade da auga ou a salubridade dos edificios públicos. A

preocupación polo medio natural, en boa medida, ten a súa orixe nunha inquietude pola repercusión que a súa alteración, a contaminación, ten sobre a saúde da poboación.

Tradicionalmente a Medicina privada atendeu as necesidades médicas das clases acomodadas, mentres que as institucións sanitarias públicas eran entidades caritativas. O establecemento dun sistema estatal asistencial sufragado con impostos modificou enormemente o escenario da asistencia médica, que deixou de ser maioritariamente privada para se converter hoxe en fundamentalmente pública. A universalidade da asistencia médica pública non é só un dereito senón unha realidade práctica da que se beneficia toda a poboación. Os pacientes, á marxe das súas condicións económicas, recorren á asistencia médica pública, especialmente nos casos que revisten maior gravidade, pola garantía de calidade asistencial que lle ofrece. Nunca a poboación gozou de mellor saúde e dunha maior esperanza de vida; sen embargo, paradoxalmente, o grao de insatisfacción e de críticas ós servizos de asistencia públicos (á parte da cor política do goberno que os administre) que mostra o cidadán é grande. Analiza-las razóns deste descontento supera as intencións deste artigo pero é conveniente constatar que a súa existencia garante que a saúde pública seguirá sendo motivo central do debate público en anos vindeiros. Como consecuencia disto, o gasto público en sanidade vai seguir medrando e un dos

desafíos máis importantes que afectan á asistencia pública é sorprendentemente de orixe económica e non médica: a contención do gasto sanitario. Hai trinta anos era impensable que a moderación do gasto médico se convertese no principal desafío da saúde pública nos países europeos; sen embargo, hoxe é así. En consecuencia, o médico perdeu protagonismo en beneficio dos xestores públicos.

Paralelamente, asistimos a un afastamento cada vez maior entre a asistencia sanitaria ou, mellor aínda, os dereitos sanitarios básicos dos habitantes dos países pobres e a dos países desenvolvidos —incluso nestes últimos, non tódolos sectores sociais teñen *de facto* os mesmos niveis de saúde—. A saúde dos países máis pobres é un problema de Occidente, non só por razóns éticas, senón tamén polo feito de que estes países se converten en depósitos de axentes infecciosos que acaban atacando indiscriminadamente a toda a humanidade (o caso da SIDA é emblemático). Todo isto indícanos que a saúde pública non deba ter fronteiras nacionais. Así, durante este século asistimos ó nacemento de organismos internacionais que se ocupan da saúde pública en todo o mundo, como a OMS (Organización Mundial da Saúde, fundada en 1948) que conseguiu a erradicación da varíola en todo o planeta en 1977.

Pódese afirmar que a mellora da saúde pública nos países pobres pasa por repeti-los pasos que Occidente previamente ten dado; daquela, haberá

que erradica-la explotación infantil, a miseria ou as taxas de natalidade incontroladas, entre outros moitos aspectos, para acadar-las niveis de saúde que actualmente gozan os países occidentais.

O papel central que os grandes hospitais desempeñan na atención sanitaria é un dos aspectos máis significativos do noso sistema sanitario e do dos países da nosa contorna. Sirva como exemplo o incremento do número de camas hospitalarias por mil habitantes. No Reino Unido dobrouse desde 1860 ata 1940, isto é, en oitenta anos; desde 1940 ata 1980 volveuse duplicar, esta vez en só corenta anos. As innovacións tecnolóxicas son asombrosas, como mencionamos antes. Canda isto, o desenvolvemento de quirófanos ben equipados, con condicións hixiénicas excepcionais, transformou o hospital nun centro que acolle tódalas clases sociais e deixou de ser unha institución destinada ós pobres. Outro aspecto non menos relevante do hospital é que se converteu no centro de atención das urxencias médicas, de tal forma que o cidadán, cando sente o menor síntoma, non dubida en acudir a el.

O perfeccionamento de laboratorios e servicios de apoio fixo que non só se incrementara a tecnoloxía médica, senón tamén o persoal altamente especializado que a manexa. Non é de sorprender, polo tanto, que os custos hospitalarios se disparasen e que a gran maioría das persoas ou institucións que tradicionalmente eran propietarias de

hospitais ou sanatorios acabasen non podendo resisti-la escalada dos custos; só coa integración dos hospitais no Sistema Nacional de Saúde se lles puido facer fronte. Por outra parte, estes custos ameazan o propio Sistema.

Algúns críticos afirman que os hospitais modernos contribuíron pouco á Medicina non sendo para incrementa-los custos. Arguméntase que foron as medidas de saúde pública do século XIX as que diminuíron realmente a mortalidade. Aínda que excesivamente radicais, estas afirmacións deben servírnos para cuestiona-lo porvir dos hospitais na súa forma actual: ¿serán considerados no futuro como dinosauros da medicina?; ¿debemos substituí-los macrocentros que estamos construíndo por outros máis reducidos e variados?; ¿cargouse de máis o papel asistencial do hospital?, son interrogantes que, en beneficio das futuras xeracións, deberemos saber resolver.

A EVOLUCIÓN DAS ENFERMIDADES

Desde os inicios do século XX xerouse unha enorme cantidade de coñecementos sobre os axentes externos —químicos, físicos e biolóxicos— que aflíxen o noso organismo. Paralelamente, foi necesario entender cómo os axentes externos actúan sobre o noso corpo, identifica-lo obxecto da súa acción e comprende-las consecuencias orgánicas desta.

O tipo de enfermidades e as consecuencias que teñen sobre a saúde

variaron co avance do século. Algunhas das causas desta variación son as seguintes. Por unha parte, o desenvolvemento da Medicina permitiu atallar ou polo menos paliar as consecuencias morbosas dunha enfermidade como a tuberculose, que pasou de ser unha causa principal de mortalidade a principios de século a unha patoloxía perfectamente controlada hoxe en día —nalgún caso elimínase a enfermidade porque se elimina o axente causal—; por outra, a permanente evolución dos axentes biolóxicos causa a

variabilidade da enfermidade e da súa presentación clínica.

Na táboa II podemos ver a evolución experimentada polas causas de mortalidade infantil no Reino Unido durante o pasado século. Por unha parte, a mortalidade debida a patoloxías de orixe non xenética diminuíu sensiblemente. En gran medida este descenso é achacable a un mellor control das doenzas infecciosas. Por outra parte, a mortalidade debida a enfermidades cun compoñente xenético, especialmente o grupo de multifactoriais, medrou de continuo durante a centuria.

TÁBOA II
Porcentaxe de mortes infantís

	Anos			
	1914	1954	1966	1976
Patoloxías				
Non xenéticas	83	62	58	50
Xenéticas simples	2	12	8	9
Xenéticas multifactoriais	14	25	31	38

Para entender adecuadamente esta táboa cómpre unha aclaración do que consideramos enfermidades xenéticas multifactoriais (figura 1). Unha enfermidade pode ter unha orixe fundamentalmente ambiental (unha gripe, por exemplo, que ten como factor desencadeante un virus que é un axente exterior ó organismo) ou esencialmente xenético (un xene é un constituínte do organismo que pode verse afectado) como no caso da hemofilia. O xene afectado transmítese de pais a

fillos, e a enfermidade non necesita dun axente externo para desencadearse nos fillos. Sen embargo estes casos son extremos xa que na maioría das patoloxías a enfermidade ten un dobre compoñente, ambiental e xenético; o cancro, por exemplo, iníciase porque un axente externo canceríxeno interacciona cun xene que controla a proliferación celular.

A maior parte das patoloxías presentan este dobre compoñente, sen

Ambiental	Xenética Multifactorial	Xenética Simple
Gripe Sarampelo Enfermidade infecciosa	Diabete Cancro E. autoinmunes	Fibrose Quística Hemofilia

Figura 1. Continuum das enfermidades.

embargo demostra-la súa orixe non é doado. Francis Crick, o coñecido biólogo molecular, que, xunto con Watson, esclareceu a estrutura tridimensional do ADN, afirma que a orixe dunha enfermidade non se establece ata que se aclara a escala molecular. A historia familiar fainos sospeita-la existencia dun compoñente xenético nunha enfermidade. Rastrexa-la participación e, posteriormente, identificar un xene responsable dunha enfermidade multifactorial non é fácil e non foi posible ata a chegada das técnicas de Xenética molecular. A xenética humana percorreu un longo camiño desde que, a principios de século, Garrod propón a orixe xenética dalgunhas enfermidades metabólicas, pasando por Linus Pauling que describe a primeira enfermidade en termos moleculares, a anemia falciforme; hoxe en día xa están descritas máis de tres mil cincocentas patoloxías xénicas. O desenvolvemento da Citoxenética, a rama da Xenética que estudia as lesións cromosómicas, produciuse paralelamente neste século. Para esta-

blece-lo número exacto de cromosomas humanos houbo que esperar a 1956, cando o científico de Java, doutor Joe Hin Tjio, que traballaba en Zaragoza (España), en colaboración co seu mestre, o profesor sueco Johan Levan, estableceu o número en corenta e seis.

O FUNCIONAMENTO NORMAL DO ORGANISMO

Unha enfermidade é unha alteración do funcionamento normal dun órgano. Non é posible entender nin a orixe nin o curso da enfermidade sen coñecer previamente o funcionamento normal do organismo. Por iso revisarémo-los avances fundamentais que durante este século afectaron a comprensión do funcionamento do corpo.

O coñecemento de cómo funciona o noso organismo avanzou de forma prodixiosa no século XX. A finais do século XIX, a Fisioloxía, a ciencia que estudia a función orgánica, empezou a ter entidade de seu e a organizarse como tal, e xa produciu científicos de

enorme talle como Claude Bernard (o seu pensamento segue estando de actualidade). Sen embargo, conceptos tan básicos como os de vitamina, hormona, neurotransmisor, anticorpo, etc., foron acuñados durante o pasado século. Repasaremos brevemente algúns capítulos destacados.

A INMUNOLOXÍA E A LOITA CONTRA A INFECCIÓN

A introducción da vacina e a caracterización de microorganismos responsables de varias enfermidades infecciosas foi un logro alcanzado no século XIX. Emporiso, a ciencia médica carecía nos albores do século XX de ferramentas terapéuticas, agás as preventivas, na loita contra as enfermidades infecciosas. Máis aínda, ata finais dese século non foi posible entende-los principios do funcionamento do sistema inmune.

Paul Ehrlich, científico alemán, pode considerarse o iniciador da quimioterapia, isto é, a utilización de produtos químicos para o tratamento de enfermidades. Foi el quen introduciu o Salvarsan, unha preparación sintética que contén arsénico e que se utilizou satisfactoriamente no tratamento da sífilis. Ata a aparición dos antibióticos, o Salvarsan foi o método de tratamento por excelencia desta enfermidade. As consecuencias sociais do dito achado serían comparables ás que hoxe teríamos se se encontrase un remedio inmediato para a curación da SIDA. En 1932,

vintedous anos máis tarde, o discípulo de Ehrlich, Gerhard Domagk, daquela director do laboratorio de investigación da casa Bayer, descobre o efecto curativo dun colorante vermello nas infeccións causadas por estreptococos. Pouco despois, en 1939, recibe polo seu achado o premio Nobel que o réxime nazi lle impide recoller. Científicos do Instituto Pasteur de París descubren que o principio activo presente no colorante é a sulfanilamida, e establecen así un novo fito na curación das enfermidades infecciosas. Esta droga presentaba efectos secundarios que levaron a comunidade científica a buscar novos derivados dela, fundamentalmente na familia das sulfonamidas da que lograron illar uns cincuenta produtos clinicamente útiles.

Sen embargo, os antibióticos axiña desprazaron a quimioterapia no tratamento das enfermidades infecciosas. A diferenza entre antibióticos e quimioterápicos é que os primeiros son produtos naturais, ou máis recentemente semisintéticos, mentres que os últimos son sintéticos. A historia do descubrimento dos antibióticos por Sir Alexander Fleming é ben coñecida e reflicte esa mestura de azar e xenio subxacente detrás de gran número de avances científicos. A antibiose, a morte dun organismo polos produtos doutro distinto, xa se coñecía no século XIX. Sen embargo, só Fleming se decatou da importancia que a antibiose podía ter no tratamento das enfermidades infecciosas. Traballando con estafilococos puido comproba-lo efecto bactericida



Paul Ehrlich descubriu en 1910 o Salvarsán, que resultou eficaz no tratamento da sífilis con quimioterapia.

do fungo *Penicillium* —que deu nome á penicilina—. A pesar da súa crenza en que a penicilina era un potente antibactericida sen efectos secundarios, pasaron dez anos ata que a hipótese de Fleming fose comprobada. O científico australiano Howard Florey logrou interesa-lo bioquímico Ernest Chain de Oxford, quen finalmente obtivo preparados bastante puros de penicilina que demostraron a súa enorme potencia bactericida. A industria farmacéutica británica, quizais polo estoupido da Segunda Guerra Mundial que se produce neses momentos, cometeu un dos maiores erros históricos cando desbotou a produción industrial e comercial



A repercusión social do descubrimento de Ehrlich non se fixo esperar. Cartel de R. Casas que anuncia un sanatorio para sífilíticos.

da penicilina. Posteriormente foi a industria americana a que apostou por ela e en 1944 utilizábase xa nos campos de batalla. En 1945, Fleming, Florey e Chain recibiron o premio Nobel.

A penicilina atacaba os mesmos microbios cás sulfonamidas e moitos outros, pero sen efectos secundarios. Este grande éxito levou á busca de novos antibióticos en todo o mundo. O primeiro logro foi a estreptomicina que se demostrou eficaz na loita contra unha enfermidade mítica, ata o momento intratable, a tise ou tuberculose. Aínda que pouco despois puido comprobarse que o bacilo de Kock se adapta rapidamente e acaba sendo resistente. Afortunadamente, acháronse outras drogas eficaces no tratamento da tuberculose que manteñen a raia esta enfermidade que, ata hai ben pouco, se consideraba practicamente erradicada e que, sen embargo, coñeceu un rebrote significativo en datas recentes.

Hoxe en día, a pesar do grande arsenal terapéutico e a enorme experiencia no uso dos antibióticos, o continuo crecemento de bacterias resistentes a estes é causa de gran preocupación e esixe o seu uso racional.

Atopar axentes antivirais resultou unha tarefa extraordinariamente difícil a pesar duns inicios enormemente esperanzadores. Os mellores resultados obtivéronse co uso de vacinas que Edward Jenner introduciu na práctica médica a finais do século XVIII. O desenvolvemento dos coñecementos

básicos permitiu o cultivo de virus no laboratorio e o seu posterior estudio mediante novas técnicas que ían progresando simultaneamente, como por exemplo o microscopio electrónico. A información así obtida permitiu a finais dos cincuenta e nos sesenta a produción de novas vacinas máis efectivas, e enfermidades que antes azoutaban a Humanidade, como a varíola, a poliomielite, o sarampelo ou a rubéola están hoxe erradicadas ou, polo menos, controladas. Un exemplo disto último é a gripe que, a pesar da súa enorme variabilidade que dificulta o desenvolvemento dunha vacina que logre erradicala, fai, sen embargo, improbable que se produzan pandemias como a que varreu o mundo en 1918-1919 e que causou a morte de máis de quince millóns de persoas.

Ultimamente e, en parte, debido ás enormes repercusións sociais que tivo a SIDA, iniciouse unha nova busca de drogas sintéticas que poidan interferir co ciclo vital do virus, inhibindo algún proceso, preferiblemente específico do virus. Certamente esta busca acadou importantes éxitos parciais grazas ó avance logrado cos novos tratamentos, como se reflicte no mellor pronóstico dos pacientes afectados.

As bases do funcionamento do sistema inmune foron un crebacabezas durante boa parte do século. Contrariamente ó que sucede noutras ramas das ciencias médicas, os avances teóricos desenvolvéronse antes de que se puideran obter achados experimentais que os confirmaran. Así, a teoría da

selección clonal proposta por Macfarlane Burnet na década dos cincuenta necesitou máis de vinte anos para ser corroborada experimentalmente.

Os experimentos de Karl Landsteiner a principios de século demostraron a enorme capacidade que o noso organismo ten para xerar miles de millóns de anticorpos distintos e a súa grande especificidade (son quen de rexeitar tecidos idénticos se proceden de doadores diferentes). Ata ben entrada a década dos setenta non se puido demostrar o mecanismo polo que o sistema inmune dá xerado tantos miles de millóns de anticorpos diferentes, por outra parte, necesarios para enfrontarse ó mundo dos microorganismos que é tremendamente variable. Está fóra do contexto desta revisión explica-los mecanismos da xeración somática da diversidade de anticorpos por recombinación xénica, pero o seu descubrimento foi un dos maiores fitos da Fisioloxía deste século XX, como o testemuña a concesión en solitario do premio Nobel ó seu descubridor, o científico xaponés Susumu Tonegawa.

Outro achado de grande importancia na inmunoloxía médica foi a identificación dos xenes que participan no rexeitamento dos tecidos, coñecidos no rato como complexo principal de histocompatibilidade e no home como antíxenos leucocitarios humanos (HLA). Tres científicos foron os principais responsables destes descubrimentos que tanto facilitaron a rutina do transplante de órganos nos hospitais: Baruj Benacerraf, nado en Venezuela, o

norteamericano George Snell e o francés Jean Dausset. Sen embargo, ata a introducción da droga inmunosupresora ciclosporina, o transplante non tivo o florecemento que hoxe coñecemos.

É corrente na ciencia que algúns experimentos tendentes a aclarar procesos básicos acaben dando lugar a aplicacións prácticas de índole industrial de gran relevancia. Un exemplo do dito é o desenvolvemento dos anticorpos monoclonais polo científico arxentino, de nacionalidade británica, Cesar Milstein, e o investigador alemán, prematuramente desaparecido, George Köhler, que, tratando de aclarar-los mecanismos que xeran a diversidade de anticorpos, desenvolveron unha ferramenta de uso universal tanto nos laboratorios de investigación como clínicos de todo o mundo. A importancia dos anticorpos monoclonais reflíctese na concesión a ambos do premio Nobel.

OS MENSAXEIROS QUÍMICOS E A FARMACOLOXÍA

A primeira vez que se puido demostrar fidedignamente a transmisión química do impulso nervioso foi gracias ó experimento *soñado* polo científico alemán Otto Loewi. El describe así cómo lle xurdiu a idea de realiza-lo experimento:

Na noite do sábado de resurrección de 1921, espertei e escribín unhas poucas notas nun anaco pequeno de papel. Entón volvíñ quedar durmido. Ocurréuseme ás seis da mañá que durante a

noite escribira algo moi importante pero non dei descifrado os garabatos que fixera. Ese domingo foi o día máis terrible de toda a miña vida científica. Durante a noite, sen embargo, acordei outra vez e lembrei o que era. Erguinme ó momento, fun ó laboratorio, fixen o experimento co corazón da ra e... ás cinco en punto a transmisión química do impulso nervioso ficaba demostrada concluintemente.

O experimento soñado por Loewi consistía en estimula-lo nervio vago nunha ra, o que reduce a frecuencia cardíaca, e poñer en contacto o corazón dunha segunda ra co líquido que bañaba o corazón estimulado. Así, o segundo corazón, ó que non se lle estimulara o nervio vago, diminúe a súa frecuencia ó se poñer en contacto co mensaxeiro químico presente no líquido que bañaba o primeiro corazón e que se liberou por estimulación do nervio vago do primeiro animal.

Hoxe son moitos os neurotransmisores caracterizados. Ademais, e este foi un campo especialmente fructífero da Farmacoloxía, desenvolvéronse fármacos que poden ser agonistas ou antagonistas dos ditos neurotransmisores. Estes novos fármacos supuxeron unha grande axuda no tratamento de múltiples doenzas que afectan a distintos campos pero, quizais, en ningún tivo unha repercusión social maior ca no tratamento dalgún dos trastornos da conducta, polo valor emblemático que estas doenzas acadaron dada a crenza tradicional de que as enfermidades mentais teñen un compoñente inmaterial, inaccesible ó médico e, polo tanto, resistente ó tratamento farmacolóxico.

Afortunadamente o psiquiatra moderno conta cun abano de fármacos que poden, se non curar de vez, polo menos paliar en parte os devastadores efectos que algúns trastornos mentais exercen sobre os pacientes.

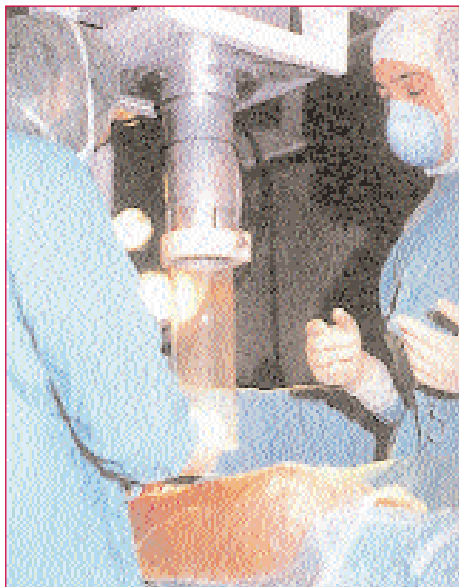
Un dos grandes retos da Farmacoloxía actual é atopar un remedio eficaz que impida ou, ó menos, free o desenvolvemento dos procesos neurodexenerativos. Estes, nas súas manifestacións máis severas, invalidan os pacientes para desenvolveren unha vida normal. Son procesos que afectan especialmente a poboación de maior idade e teñen cada vez máis incidencia na poboación debido ó progresivo envellecemento da nosa sociedade.

Os accidentes cardiovasculares son unha das causas máis frecuentes de morte na nosa sociedade. A introdución de fármacos que diminúen o risco tromboembólico ou que destrúan o trombo unha vez formado, como os activadores do plasminóxeno, permitiron reduci-la mortalidade dos pacientes afectados dun infarto de miocardio. Sen embargo, logo de se producir a lesión, debido á natureza do músculo cardíaco, esta é irreversible. A bioenxeñería estase perfeccionando coa esperanza de obter —a partir de células embrionarias cultivadas no laboratorio— células que poidan substituí-lo tecido lesionado. A idea que fundamenta este tipo de investigacións é tratar de reproducir no laboratorio as condicións que se producen durante o desenvolvemento embrionario e que permiten que un número reducido de

células dea lugar a órganos funcionais diferenciados. O coñecemento das bases fisiolóxicas que regulan o desenvolvemento embrionario aínda é hoxe moi escaso, pero as esperanzas terapéuticas que esperta son enormes. Así, en teoría, a escaseza de órganos necesarios para os transplantes pasaría á historia. Sen dúbida esta singradura, de especial importancia no século XXI, está sementada de grandes dificultades científicas e tamén de grandes sombras éticas que requiren outros avances da ética médica.

A introducción de novos hábitos de vida que reducen ou evitan a exposición a axentes canceríxenos, como pode se-lo abandono do tabaco, o cambio no tipo de dieta, etc., fai que a aparición de casos de cancro tenda a diminuír a pesar do incremento progresivo da esperanza de vida. O cancro, un complexo grupo de enfermidades, beneficiouse en gran forma da introducción de novos tratamentos, cirúrxicos e adxuvantes como a quimio e a radioterapia; unido isto a innovadores métodos de exploración que permiten un diagnóstico cada vez máis precoz do tumor, fai que o pronóstico dos pacientes mellorara nalgúns casos espectacularmente.

O avance da radioterapia debeuse en gran medida á produción de aparellos capaces de producir altas enerxías —da orde de millóns de electrón voltios—. Estes instrumentos poden subministrar doses elevadas de forma versátil, dependendo da extensión e localización do órgano afectado. Dada



Técnica de radioterapia intraoperatoria con acelerador lineal de electróns e fotóns de alta enerxía.

a súa utilidade terapéutica, aparellos como aceleradores lineais ou o cobalto-60 convertéronse en tratamentos comúns de cancros profundos.

A quimioterapia no tratamento do cancro avanzou considerablemente, e son xa varios os tipos de cancros que se poden curar con drogas. A utilización destas de forma combinada potencia o seu efecto e obtéñense así tratamentos máis radicais. Lamentablemente, todos estes tratamentos afectan non só a células cancerosas senón tamén a células normais que se dividen activamente, como as precursoras das células sanguíneas que se localizan na medula ósea. As transfusións e, máis recentemente, o transplante de medula ósea son medidas paliativas que tratan

de repara-lo efecto indesexable da quimioterapia sobre as células sas do organismo.

Existen moitos tratamentos experimentais deseñados para abordar diversos aspectos da patoloxía tumoral. Así, impedi-la anixionxénese, o desenvolvemento de novos vasos, necesarios para o crecemento do tumor, é un campo prometedor. A utilización de fármacos que tornan máis radiosensibles os tumores, a hipertermia, etc., son posibilidades terapéuticas que se exploran activamente. A introducción de xenes foráneos nas células tumorais capaces de dete-lo seu crecemento é unha das esperanzas da terapia xénica. Ten sucedido con frecuencia —e, quizais, o cancro non sexa unha excepción— que a mellora e o perfeccionamento dos medios terapéuticos existentes logran resultados mellores e máis consistentes que moitas terapias prometedoras nas que se invisten inxentes cantidades de recursos e que ó cabo non resultan máis que cantos de sereas. É difícil pensar que exista mellor alternativa terapéutica cá cirurxía no tratamento de moitos cancros e que esta vaia verse desprazada a curto ou medio prazo por outros tratamentos alternativos.

A ENDOCRINOLOXÍA, UNHA CIENCIA DO SÉCULO XX

A Endocrinoloxía desenvólvese no século XX. A introducción do termo hormona —do grego *ormao*, ‘esperta-la

actividade’—prodúcese na primeira década do século polo fisiólogo británico Starling que, estudando os mecanismos de secreción pancreática, encontrou que eran estimulados por un mensaxeiro químico producido durante a dixestión ó que lle chamou secretina.

En 1921, Frederick G. Banting e Charles H. Best, na Universidade de Toronto, illaron extractos de páncreas de cans que, inxectados en cans diabéticos lograba mantelos vivos. A este extracto chamáronlle insulina. En xaneiro de 1922 inxectaron por vez primeira un ser humano con insulina. Era un neno diabético en moi mal estado ó que a inxección de insulina lle reduciu os niveis de glicosa. Un ano máis tarde, o bioquímico James B. Collip purificou suficientemente os extractos pancreáticos diminuindo así os efectos indesexables da súa administración. O mesmo ano concedéuselle o premio Nobel a Banting e a Macleod; no seu laboratorio fixéranse os experimentos. A Comisión Nobel ignorou a Best, o alumno asistente de Banting. Este último, furioso polo rexeitamento de Best, compartiu a dotación económica do premio con el. Macleod fixo o mesmo con Collip. A gran demanda creada pola insulina tivo que esperar a que a produción industrial desta alcanzase os mercados. Cando iso foi posible logrouse que os rapaces diabéticos puidesen levar unha vida normal e supera-lo destino tráxico que lles esperaría de non ter esta hormona.

O descubrimento das hormonas sexuais femininas e do control hormonal do ciclo ovárico tivo unha enorme repercusión social xa que permitiu introduci-los anticonceptivos orais. As hormonas tiroideas e o papel do iodo, necesario para a súa biosíntese, afectan a políticas gobernamentais especialmente en territorios endémicos como Galicia e ten moita importancia na loita contra o cretinismo. Programas de prevención nos que se abordan a detección precoz, no neno que acaba de nacer, de metabolopatías conxénitas e hipotiroidismo permitiron loitar eficazmente contra o atraso mental.

Un dos avances máis espectaculares da Endocrinoloxía produciuse na década dos sesenta: o descubrimento de que as persoas diabéticas xeran anticorpos dirixidos contra a insulina. Este feito, no seu día sorprendente, serviu para que Solomon A. Berson e a súa colaboradora, premiada máis tarde co Nobel, Rosalyn Yalow, desenvolveran unha técnica que permitía determinar con extraordinaria sensibilidade e especificidade os niveis circulantes dunha hormona. Esta técnica que se coñece como *radioinmunoensaio*, permitiulle ó endocrinólogo clínico coñecer-los niveis circulantes das hormonas con precisión e poder establecer diagnósticos baseados en datos fiables.

Un logro de gran repercusión teórica foi o illamento e a caracterización das hormonas hipotalámicas; supuxo un verdadeiro reto experimental xa que se necesitaron hipotálamos de cen-

tos de miles de animais para ter suficiente material de partida para secuenciar estas hormonas. Dous científicos, de forma independente aínda que ambos desenvolveron o seu labor nos Estados Unidos traballaron neste proxecto: un de orixe polaca, o profesor Andrew Schally, que illou as hormonas de medio millón de hipotálamos de porco. O outro científico, Roger Guillemin, de orixe francesa, traballou con hipotálamos de ovella. Para decatarse do enorme esforzo que este traballo supuxo basta mencionalo feito de que obte-lo miligramo inicial da primeira hormona hipotalámica illada, o TRH, foi máis caro que traer á Terra un miligramo de po lunar.

As hormonas circulan polo sangue e actúan sobre as células dos órganos que son diana das súas accións. Un descubrimento extraordinario realizou o doutor Earl Sutherland que descubriu que a hormona, no seu caso a adrenalina, actúa sobre a célula incrementando os niveis dunha molécula que funciona como mensaxeiro dentro da célula. Polo tanto, se a hormona é o primeiro mensaxeiro, a molécula intracelular inducida pola hormona coñécese como segundo mensaxeiro. Sutherland caracterizou o AMPc, o segundo mensaxeiro por excelencia. Hoxe en día o estudio dos mensaxeiros intracelulares é un campo activísimo, enormemente fructífero, imbricado coa xenética molecular, e vai ser un dos terreos que achegue máis beneficios á práctica médica.

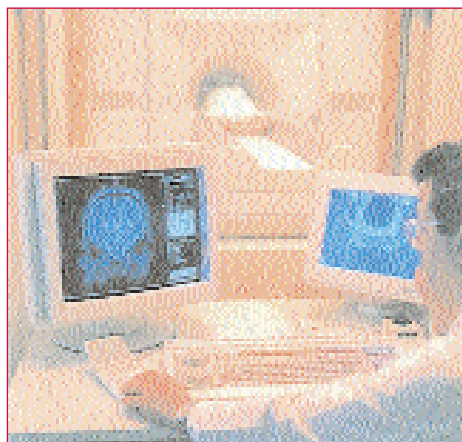
AS VITAMINAS

A falta de vitaminas maniféstase en sociedades que por diversas razóns están sometidas a dietas pobres, pouco variadas. Probablemente entre os investigadores clínicos españois, un dos máis relevantes fora o médico asturiano Gaspar Casal que no século XVIII describiu por vez primeira unha enfermidade carencial, a pelagra, causada por unha dieta deficiente nunha vitamina. Son moi variadas as manifestacións clínicas que causa unha alimentación carente nalgunha vitamina e así, enfermidades como o escorbuto, o beriberi, a anemia perniciosa ou o raquitismo se orixinan pola carencia de distintas vitaminas. Cando se enriquecen dietas pobres con suplementos vitamínicos, as manifestacións clínicas desaparecen como o demostrou o médico holandés Eijkman cando o destinaron a Xava para atender unha epidemia de beriberi que asolaba as prisións daquela illa. Un exemplo rechamante foi tamén o tratamento da anemia perniciosa, unha enfermidade que a principios de século era fatal, e que gracias ós traballos dos médicos estadounidenses George Minot e William Murphy puido curarse cando lles deron fígado cru de boi ós pacientes afectados. Igual de intragable é, probablemente, a inxestión de aceite de fígado de bacallao, un complemento frecuente na alimentación dos nenos ata datas relativamente frecuentes dado o seu rico contido vitamínico.

A natureza química das vitaminas non foi descuberta ata ben entrado o século XX. O médico húngaro Albert Szent-Györgyi, en 1928, non sen unha certa dose de fortuna, puido illa-la vitamina C da glándula suprarrenal. Hoxe en día as vitaminas sintetízanse en grandes plantas industriais e a xente fai un consumo masivo delas sen se decatarse de que o seu uso esaxerado non é inocuo; especialmente o exceso de vitaminas liposolubles pode ser daniño.

A ALTA TECNOLOXÍA E A SÚA APLICACIÓN MÉDICA

A introducción dos raios X por Wilhem Röntgen foi o comezo dun século no que a Medicina e, especialmente, o diagnóstico médico, se revolucionou coa introducción de aparellos tecnoloxicamente moi sofisticados. Os raios X, así como as radiacións radioactivas, axiña demostraron o seu valor terapéutico, aínda que tamén se recoñeceron os seus efectos daniños na inducción de tumores. Iniciáronse pronto experimentos para introducir substancias opacas ós raios X que permitiran revelar órganos ou outras formacións tanto normais coma anormais. En 1905 Friedrich Voelcker, de Heidelberg, desenvolveu a pielografía retrógrada, a introducción dunha substancia radioopaca na pelve renal a través dun uréter para estudiala permeabilidade das vías urinarias. En 1921, Jean Sicard, mediante a introducción dunha solución iodada, puido estudiala conduto raquídeo e, máis tarde, a árbore



Estudio do cerebro por resonancia magnética.

bronquial. En 1927, o portugués Antonio Moniz, en Lisboa, puido inxectar contraste e identificar así as arterias cerebrais. Ata 1962 non foi posible estudia-las arterias coronarias. Hoxe en día o cateterismo cardíaco —introducción dun pequeno tubo nun vaso periférico que chega ata o corazón— é unha especialidade médica plenamente desenvolvida e que contribúe de forma decisiva ó diagnóstico e tratamento do enfermo cardíaco. O procedemento iniciouse dunha forma espectacular en 1929 cando o médico alemán Werner Forssmann, utilizándose el mesmo como coello de indias, abriu unha vea do seu brazo, inseriu a punta dun catéter de aproximadamente 3,2 mm de diámetro e 76 cm de lonxitude, e empurrouno cara a arriba pola vea do brazo, ó longo das veas intratorácicas, dentro do adro do seu corazón.

O diagnóstico baseado en raios X sufriu un avance espectacular en 1972 coa introducción da Tomografía Axial Computarizada (TAC) por G. N. Hounsfield. A base do sistema é integrar as imaxes obtidas por raios X para obter unha imaxe dunha sección completa dunha rexión do corpo humano. O desenvolvemento matemático que fixo este proceso posible foi responsabilidade de Allan M. Cormack que recibiu canda Hounsfield o Nobel en 1979.

A utilización médica do son permitiu o desenvolvemento de dúas técnicas de diagnóstico non invasivo que xeneralizaron o seu uso dada a súa grande utilidade práctica. Por unha parte, a ecografía que se usa en diversas especialidades médicas, desde a obstetricia á cardioloxía, e que permite captar imaxes de forma moito máis inocua ca mediante o uso de radiacións. En efecto, a ecografía é o procedemento de obtención de imaxes fetais máis estendido, xa que mesmo nun período tan sensible á acción mutaxénica de axentes externos como o desenvolvemento fetal, este método parece non ter efectos secundarios destacables.

A resonancia magnética permítenos obter, coma o TAC, imaxes de seccións do organismo mediante a utilización de ondas de radio.

O PET déixanos medi-lo positróns emitidos polo decaemento dun trazador radioactivo que se lle administra ó paciente. Este método é moi sensible e preciso e fixo posible o estu-

dio do cerebro *in vivo*. Así, nun suxeito normal que desenvolve unha tarefa, o PET pode permitir identifica-las áreas ou zonas cerebrais que se activan ó realízala. O PET contribuíu en gran medida ó avance actual da neurociencia cognitiva que estudia o papel do cerebro no desenvolvemento de tarefas superiores propias do home, como emocións ou consciencia. Outro aspecto moi relevante do PET é a súa sensibilidade para a detección de metástase. No paciente cun tumor, o tratamento poscirúrxico, en gran medida, vai depender da presenza de metástase. O PET é hoxe en día o método de diagnóstico máis sensible dunha metástase.

A utilización do láser na práctica médica esténdese cada vez máis; non só proporciona ondas de alta enerxía, senón que tamén pode focalizar, concentra-las ondas en puntos microscópicos. O tecido así alcanzado é destruído por calor ou por reaccións fotoquímicas, sen deixar cicatrices e cun sangrado mínimo. A conxunción destes factores converte o láser no bisturí óptico por excelencia en intervencións que requiren do cirurxián cortes de gran precisión, como sucede na cirurxía oftálmica.

A INVESTIGACIÓN EA DOCENCIA DA MEDICINA

Quixera dedicarlle este derradeiro apartado, mesmo que fose brevemente, á docencia e á investigación como axentes do desenvolvemento da Medicina no século XX.

Dous foron tradicionalmente os grandes modelos sobre os que se baseou o ensino médico. O primeiro, o modelo francés, nace coa Revolución Francesa. Este, por oposición ó ensino libresco tradicional, destaca o método práctico. O seu lema *peu lire, beaucoup voir, beaucoup faire* é claramente indicativo. Considerábase nel a observación a carón da cama do enfermo e na sala de autopsias como o centro do ensino. Acorde con isto, este sistema introduce a lección clínica, analizando casos de pacientes concretos e o internado en servicios hospitalarios como principais ferramentas docentes (José María López Piñero, *Breve historia de la medicina*, Madrid, Alianza Editorial, 2000).

O outro gran modelo é o alemán. Asumido o modelo francés, desenvólveo un paso máis introducindo a medicina do laboratorio. Xa no século XIX, Wilhelm von Humboldt desenvolve este concepto en dous principios: 1) adscribi-la formación dos médicos a facultades de Medicina en universidades públicas, que debían ser para o Estado unha responsabilidade económica e administrativa de primeira orde, e 2) manter estreitamente asociadas a investigación e mailo ensino tanto na selección do profesorado coma na práctica docente. O resultado desta reforma foi a aparición dun profesional do ensino e a investigación médicos, dedicado a eles en exclusividade tras varios anos de dedicación á investigación que faculta para a docencia. Por outra parte, o importante gasto público destinado ás universidades

fixo posible unha organización baseada nun instituto para cada disciplina básica e unha *Klinik* (hospital universitario de carácter monográfico) para cada materia clínica. Institutos e clínicas ofreceron os medios adecuados para o desenvolvemento da investigación e da nova concepción da docencia (José María López Piñero, *op.cit.*).

O modelo alemán foi a base sobre a que colleu corpo o norteamericano, que acadou a preeminencia mundial durante este século. Flexner, un entusiasta do modelo alemán, reformou o ensino médico nos Estados Unidos promovendo a investigación médica como condición *sine qua non* para poder desenvolver-la docencia. O primeiro en adopta-lo modelo alemán foi o hospital Johns Hopkins, ó que en seguida seguiron as universidades de Pensilvania, Chicago, Harvard e Michigan. A innovación docente estendeuse rapidamente polos Estados Unidos e en poucos anos xa chegara a vinte universidades. En 1948 fúndanse os Institutos Nacionais da Saúde, o que significa un robustecemento definitivo da investigación médica americana. Como indicativo do éxito do sistema baste sinala-la gran cantidade de investigadores americanos ou estranxeiros

que, traballando en universidades americanas, recibiron o premio Nobel de Medicina.

En España non existe un modelo definido de ensino médico debido á escaseza crónica dos recursos necesarios. A Universidade careceu de dotacións suficientes para facerse cargo dos hospitais e, dalgunha forma, sempre necesitou apoiarse noutras institucións do Estado para o mantemento económico dos hospitais necesarios para a docencia. A situación actual non é unha excepción xa que o hospital universitario, aínda que así chamado, é financiado enteiramente a través da sanidade pública sen que a Universidade contribúa economicamente ó seu mantemento. Polo tanto, é o carácter asistencial e non o docente-investigador o que marca o carácter dos nosos hospitais universitarios. É obvio que mentres esta tendencia non se inverte —o que certamente non é previsible a curto prazo— a investigación clínica española arrastrará un grave lastre. Neste aspecto, a Universidade española non puido incorporar-los avances que supuxo a escola alemana do século pasado e esa é en gran medida unha das razóns do atraso que nos afecta neste campo.



A CIRURXÍA NO SÉCULO XX

*Miguel Caínzos Fernández**
Universidade de Santiago
de Compostela

O século XX pode considerarse, sen ningunha dúbida, como o do gran desenvolvemento da Cirurxía, ata o punto de que durante o derradeiro cuarto do século, a Cirurxía foi reputada por moitos o 'motor' da Medicina moderna.

Sen embargo, nun contexto de obxectividade é necesario considera-lo século XX como unha consecuencia lóxica da gran revolución que a ciencia en xeral e a Medicina en particular viviron ó longo do XIX. A Cirurxía non foi allea a esta gran mudanza científica e da práctica médica que sacudiu aquela centuria. Neste sentido, autores como López Piñeiro (1) opinan que hoxano estamos sendo vítimas dun 'chauvinismo histórico' que privilexia en exceso o máis recente. No terreo da Cirurxía, o cambio do século XIX ó XX foi dun crecemento explosivo para esta rama da Medicina.

Considérase como data de inicio da Cirurxía moderna o ano 1846, cando ten lugar o descubrimento da anestesia por William Morton. Ata daquela, a

cirurxía estaba limitada á reparación de hernias e fracturas, a realización de amputacións e a resolución de procesos inflamatorios superficiais. A primeira intervención con anestesia xeral realízaa o cirurxián americano John Warren, mentres Morton aplicaba a anestesia na Ether Dome do Massachusetts General Hospital de Boston.

O ano 1867 supón outra data histórica para o desenvolvemento da cirurxía, xa que a proposta do cirurxián británico Lister de operar baixo os principios da asepsia e antiseptia supuxo outrosí unha revolución extraordinaria. Ata aquela data as infeccións postoperatorias supuñan unha enorme limitación ó avance da cirurxía. A partir de aquí, as infeccións constitúen un problema da Cirurxía, pero pódense controlar e diminuír. Isto permitiu acceder a practicamente tódalas partes do organismo humano, e, consecuentemente, que a Cirurxía se desenvolvea case sen ningún tipo de limitacións.

Neste sentido, pode ser de interese analiza-los procedementos

* Catedrático de Cirurxía.

cirúrxicos máis habituais e comprobá-la grande importancia que tivo o século XX para o seu desenvolvemento. Observaremos nesta análise o feito de que moitas veces a Cirurxía vai beneficiarse de xeito extraordinario de diversos descubrimentos acaecidos noutras ramas da Medicina, especialmente durante a primeira metade do século. Refírome a feitos tan importantes como o achado dos antibióticos ou o coñecemento dos grupos sanguíneos coa conseguinte realización das transfusións.

APENDICITE AGUDA E APENDICECTOMÍA

A primeira intervención para realízala exérese do apéndice realizouse durante a segunda metade do século XIX. Robert L. Tait practicou a primeira apendicectomía no Reino Unido no ano 1880. É interesante destacar que, xa avanzado o século XX, en 1940, a mortalidade por apendicite aguda chegaba aínda ó vinte por cento, sobre todo en pacientes de idade avanzada e que presentaban una peritonite difusa. Coa aparición dos antibióticos e o inicio da súa utilización na cirurxía, conseguíuse reducir notoriamente a mortalidade por apendicectomía, sendo no momento actual inferior ó dous por cento.

ÚLCERA PÉPTICA GASTRODUODENAL

Os últimos vinte anos do século XIX supuxeron un grande avance para a Cirurxía da patoloxía gástrica, tanto benigna coma maligna. Así, Eugène

Doyen, no ano 1892 en París, foi o cirurxián que iniciou a cirurxía da úlcera péptica crónica ó realizar unha conexión do estómago ó intestino delgado ou gastro-enterostomía. Esta técnica xa fora descrita en 1881, sen embargo constituía unha maneira moi elemental de tratar de resolver-lo problema ulceroso e de feito, a maioría das veces, desenvolvíanse novas úlceras despois da intervención cirúrxica.

A técnica cirúrxica que se considerou como a ideal naqueles anos para tratar esta patoloxía era a realización dunha gastrectomía parcial, é dicir, a resección da parte distal do estómago, co obxectivo de elimina-las células productoras de ácido clorhídrico (CLH), que é o responsable do desenvolvemento das úlceras pépticas. Theodor Billroth foi o primeiro cirurxián que a levou a cabo, a principios do ano 1881 na cidade de Viena, para tratar un enfermo que presentaba un cancro gástrico. Realizou unha conexión entre o estómago e o duodeno ou Billroth I. En novembro do mesmo ano, Rydiger, utilizou a mesma técnica para o tratamento dunha úlcera péptica gástrica.

Catro anos máis tarde, Billroth deseña un novo tipo de gastrectomía, a denominada Billroth II, que consiste na unión entre o estómago e o intestino delgado proximal ou xexuno, unha vez reseca a parte do estómago enfermo, case sempre por un tumor maligno. A finais do século XIX, no ano 1897, Carl Schlatter realiza en Zúric unha gastrectomía total nun paciente aqueixado

por un cancro de estómago, unindo o esófago ó intestino delgado.

Dentro xa do século XX, a cirurxía da úlcera péptica mantense nas mesmas coordenadas que nos últimos anos do XIX, pero nos cincuenta e sesenta iníciase a chamada 'cirurxía funcional', que consiste en actuar sobre o nervio vago, responsable da secreción da acetilcolina e, en último lugar, do CLH. Desenvolvéronse diversos tipos de vaguectomía: a troncular, a selectiva e a supraselectiva, dependendo da conservación ou non das ramas anterior e posterior do nervio vago e das fibras nerviosas que inervan a parte inferior do estómago.

En 1894, Henry P. Pean, un cirurxián que conseguiu un gran prestixio na Cirurxía gástrica, publicou os resultados do tratamento da perforación dunha úlcera péptica duodenal, pero xa dous anos antes, Ludwig Heusner realizara en Barmen a primeira intervención para resolver a perforación dunha úlcera péptica que loxicamente desenvolvera unha peritonite. Durante o século XX, o enfoque deste problema mantívose dentro das mesmas coordenadas: acceso á cavidade abdominal a través dunha laparotomía media, peche da perforación gástrica ou duodenal e limpeza exhaustiva da cavidade abdominal para evita-las consecuencias da peritonite.

Durante os derradeiros vinte anos do século XX, a cirurxía da úlcera péptica quedou reducida practicamente ós casos de complicacións como son a

perforación, a hemorraxia e a obstrución. A cirurxía electiva desta patoloxía reduciuse de maneira significativa como consecuencia da utilización de medicamentos moi activos na redución da produción do CLH e, máis recentemente, dos antagonistas da histamina (anti H2) como cimetidina ou ranitidina. Aínda posteriormente, un novo tipo de medicamentos como o Omeprazol, que afectan selectivamente a bomba de hidroxenións na célula parietal gástrica, diminuíndo así a produción de CLH, empregáronse con éxito no tratamento da enfermidade ulcerosa gástrica e duodenal.

Por outra parte, na década de 1990, a gran novidade na patoloxía ulcerosa veu dada polo descubrimento da importancia da bacteria *Helicobacter pylori* na etioloxía da enfermidade. Isto está permitindo tratar satisfactoriamente con antibióticos aqueles enfermos co estómago colonizado por este microorganismo.

Canto á cirurxía da neoplasia ou cancro gástrico, durante os últimos anos do século XX produciuse un incremento das gastrectomías totais e a realización paralela dunha linfadenectomía ou 'toilette linfática' agresiva.

CÁLCULOS BILIARES E COLECISTECTOMÍA

A colecistectomía fíxose por primeira vez na cidade de Berlín no ano 1882, por Carl J. A. Langenbuch. Nos Estados Unidos de América realizou a primeira o cirurxián Justus van Ohage

BOCIO ETIROIDECTOMÍA

No hai dúbida de que os pioneiros da cirurxía tiroidea, a finais do século XIX, foron os cirurxiáns Jacques Reverdin e Theodor Kocher. Este último desenvolveu a súa carreira como cirurxián na súa cidade, Berna, e chegou a conseguilo premio Nobel no ano 1909.

Kocher viviu nun medio onde o bocio (agrandamento da glándula tiroidea con compresión traqueal e asfixia) era endémico, así que desenvolveu un grande interese no tratamento cirúrxico desta entidade nosolóxica, ata o punto de que este cirurxián suízo fixo máis de seiscentas tiroidectomías totais.

Unha vez máis, Theodor Kocher, en Viena, tamén impulsou a cirurxía tiroidea, practicando tanto tiroidectomías totais coma parciais, deixando nestas un pequeno fragmento da tiroide. Estas últimas son as que se realizan no momento actual para trata-los casos de bocio, xa que se se fai unha tiroidectomía total, extirpando toda a glándula tiroidea, prodúcese cretinismo, é dicir, pacientes obesos e con atraso mental, sendo necesaria a administración de hormona tiroidea (T4) para contrarrestar a falta de formación desta pola tiroide. O cirurxián americano William Halsted foi o primeiro en decatarse deste problema derivado da propia técnica cirúrxica se esta era moi agresiva. Por iso desde entón, sempre que se intervén un bocio, déixase unha peque-

na cantidade de tecido tiroideo para que poida produci-la hormona tiroidea.

CANCRO DE MAMA E MASTECTOMÍA

En Europa e concretamente no Reino Unido, foi o cirurxián Charles H. Moore na cidade de Londres quen puxo de relevo a mediados do século XIX as vantaxes da mastectomía radical nas pacientes con cancro de mama.

Sen embargo, foi nos Estados Unidos de América onde o gran cirurxián William Halsted introduciu a mastectomía radical con exérese da mama e os músculos pectoral maior e menor, a finais do século XIX.

Xa no século XX, o cirurxián Patey demostrou que a mastectomía radical modificada, sen elimina-los músculos pectorais e extirpando exclusivamente a glándula mamaria e os ganglios da axila do mesmo lado, era suficiente desde un punto de vista oncolóxico para tratar cirurxicamente os tumores da mama.

O diagnóstico máis precoz destes tumores e, polo tanto, o seu menor tamaño, permitiu durante os últimos anos do século XX realizar unha cirurxía cada vez menos agresiva co obxectivo de conserva-la mama naqueles casos que é posible. Desenvolveuse así a técnica da cuadrantectomía e da tumorectomía, consistente en extirpar exclusivamente o tumor rodeado dunha zona de tecido san da mama,

unido a unha linfadenectomía axilar se se considera necesario.

Paralelamente, o significativo progreso da radioterapia e da quimioterapia como terapias adxuvantes asociadas á cirurxía permitiu a realización de exéreses mamarias cada vez máis pequenas.

A terapia con anti-estróxenos (Tamoxifeno) despois da cirurxía contribuíu de maneira notoria a evita-la recidiva dos tumores da glándula mamaria.

Así pois, vemos na análise destes procedementos cirúrxicos moi comúns, cómo a Cirurxía evolucionou notablemente ó longo do século XX, pero como unha continuación lóxica dos primeiros pasos dados polos cirurxiáns da segunda metade do século XX e, paralelamente, reducindo a súa agresividade naqueles casos nos que a aparición dunha medicación adecuada permite limitar con seguridade a acción do cirurxián.

ASPECTOS MÁIS IMPORTANTES DA CIRURXÍA DO SÉCULO XX

Diversos feitos históricos e de carácter científico acaecidos ó longo do século XX influíron notablemente sobre o desenvolvemento da Cirurxía. Así, cómpre ter en conta a chegada da Primeira Guerra Mundial entre os anos 1914 e 1918, o descubrimento dos antibióticos a principios dos corenta, a Segunda Guerra Mundial (1939-1945)

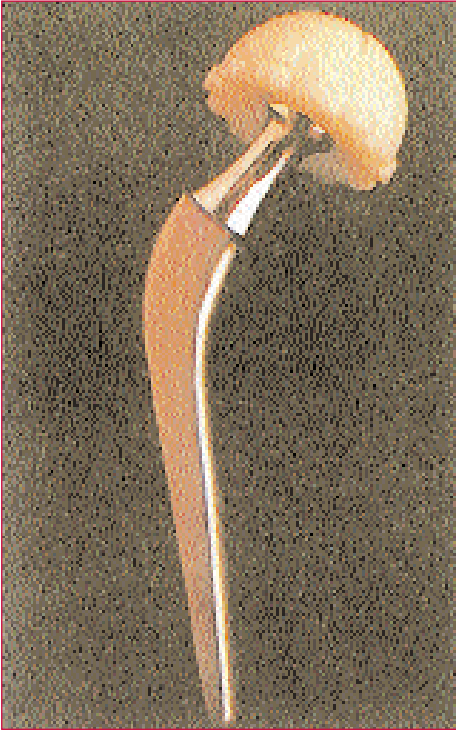
ou o descubrimento dos grupos sanguíneos.

Desde un punto de vista cirúrxico, os últimos corenta anos do século XX poden considerarse como espectaculares para o desenvolvemento da Cirurxía. Referímonos ó inicio dos transplantes de órganos nas décadas dos cincuenta ós setenta, ó desenvolvemento da profilaxe antibiótica e da nutrición artificial nos anos setenta, ó grande avance das suturas mecánicas durante os setenta e oitenta, á aparición da Cirurxía laparoscópica durante a década dos noventa e á iniciación da Cirurxía robótica a finais dos anos noventa.

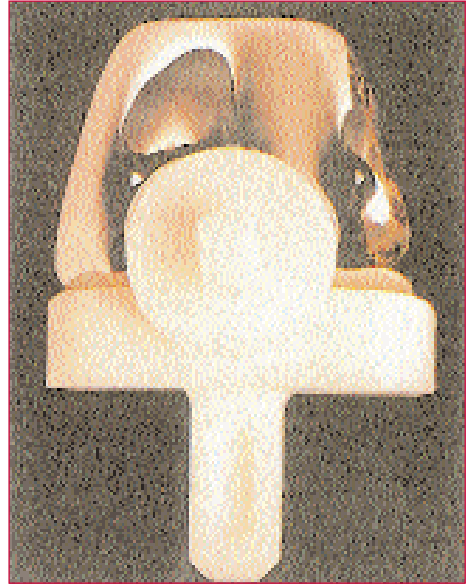
Pode dicirse sen medo a esaxerar, que a Primeira Guerra Mundial revolucionou as técnicas cirúrxicas utilizadas ata entón e, por outra parte, introduciu o tratamento de lesións non tratadas ata ese momento.

Quizais un dos avances máis notables foi o que se produciu no tratamento das feridas coa implantación dun desbridamento precoz cunha escisión dos tecidos gravemente contusionados, así como a extirpación dos corpos estranhos presentes dentro dela. Todo isto permitiu a sutura primitiva das feridas contusas e contaminadas. Esta sutura primaria non só se utilizou nas feridas dos tecidos brandos, senón tamén nas articulares, nas fracturas abertas e nas lesións abertas pleuropulmonares e craneocerebrais.

Durante a guerra, chegouse á conclusión de que o tratamento máis eficaz



no tratamento do *shock* grave causado por feridas de guerra, era o restablecemento do volume sanguíneo mediante a transfusión de sangue. Outro avance importante foi o coñecemento da importancia da toxemia na fisiopatoloxía do *shock*. Esta achega tivo gran valor no terreo terapéutico, xa que os cirurxiáns aprenderon que era necesario realizar urxentemente a intervención cirúrxica nos pacientes en *shock* para eliminar canto antes o foco de sepse que estaba levando o enfermo ó *shock* e, posteriormente, de non se remonta-la situación, á morte.



Á esquerda, unha prótese de cadeira feita de aceiro inoxidable e plástico. Arriba, unha prótese de xeonllo feita cos mesmos materiais.

O tratamento cirúrxico das fracturas da cadeira, as fracturas con perda de substancia do maxilar inferior, as feridas do abdome e sobre todo a cirurxía do pulmón, experimentaron unha verdadeira revolución durante os anos da Primeira Guerra Mundial. Os cirurxiáns familiarizáronse co pneumotórax, coa abordaxe do pulmón por toracotomía ampla, etc. Avanzouse notablemente no tratamento cirúrxico da hernia diafragmática ou dos aneurismas arteriovenosos. Outras moitas técnicas cirúrxicas desenvolvéronse durante este período histórico, ata o punto de que o famoso cirurxián

francés Forgue chegou a dicir que “Nestes catro anos fixemos máis progresos ca en corenta de práctica cirúrxica en tempo de paz”.

O vienés Karl Landsteiner, cate-drático de Anatomía patolóxica, desco-bre e tipifica no ano 1930 os grupos sanguíneos (A, B e 0) no Rockefeller Institute for Medical Research de Nova York. Este descubrimento influíu de xeito importante na Cirurxía, xa que a partir de entón se puideron establece-las compatibilidades e incompatibili-dades entre os diferentes grupos e, xa que logo, realiza-las transfusións san-guíneas con seguridade.

A Guerra Civil española (1936-39) deu lugar, entre outros avances, a un notable desenvolvemento na repara-ción cirúrxica das lesións nerviosas.

Durante a Segunda Guerra Mun-dial, un dos avances máis importantes foi a mellora das técnicas de transfu-sión de sangue, coa a introducción dun aparello para a toma e administración do sangue mediante un método pecha-do co cal o sangue non entraba en con-tacto co aire. Tamén durante os anos da guerra, o traumatólogo español José Trueta desenvolve e pon de moda o seu método —o ‘método español’— para o tratamento das fracturas.

Outro descubrimento esencial para a Cirurxía foi o da penicilina no ano 1945, polo escocés Alexander Fleming. Con esta substancia derivada do fungo *Penicillium notatum* levaba traballando desde 1928 en Londres na súa Cátedra de Bacterioloxía. O achado

dos antibióticos permitiu dar un gran paso á Cirurxía ó dispoñer dunha exce-lente ferramenta para trata-las infec-cións que se producían durante o pos-topoperatorio. É interesante comentar, polo pouco coñecido do dato, que Sir Alexander Fleming foi cirurxián, xa que no ano 1906 foi admitido no Royal College of Surgeons of England, aínda que practicamente non exerceu a profe-sión. A penicilina demostrou ser moi eficaz en guerras posteriores e utilizou-se con profusión en feridas de partes brandas e en feridas de partes brandas con fractura.

En 1946, o cirurxián portugués Cid dos Santos realiza a primeira trom-boarteriectomía, procedemento consis-tente en eliminar na mesma interven-ción cirúrxica o coágulo e o ateroma do vaso sanguíneo. As dúas primeiras intervencións realizounas nas arterias femoral e na axilar respectivamente.

O 1950 é un ano importante para o desenvolvemento e a expansión da Cirurxía. Así, o doutor Richard H. Lawker realizou un transplante do ril esquerdo a unha enferma de 49 anos que presentaba unha enfermidade poliquística; Ruth Toker foi o primeiro ser humano sometido a un transplante de ril. Dous meses despois da opera-ción, o funcionamento do ril trans-plantado era completamente normal. Abriuse así unha era nova de enormes expectativas na Medicina e a Cirurxía, que se fixo xa definitiva a partir do transplante que se realizou en Boston entre dous irmáns xemelgos en 1954.

Tamén en 1950, o doutor Dood publica a operación de dous casos de cancro de páncreas nos cales realizou con éxito a extirpación da glándula, e os irmáns Judet colocan unha prótese de cadeira para substituí-la cabeza do fémur. Con esta nova intervención, cámbiase radicalmente o tratamento habitual das enfermidades de dexeneración crónica da articulación da cadeira, que viña sendo a realización dunha artrodese ou inmovilización da articulación.

O ano 1952 é decisivo para o desenvolvemento da Cirurxía, xa que é cando o americano Forest D. Dodrill describe un corazón artificial consistente nun aparello corazón-pulmón que permite deriva-lo sangue evitando o seu paso polo corazón, co cal este órgano pode quedar completamente illado da circulación sanguínea e se facilita así a cirurxía cardíaca. O seu inventor utilízao con éxito por primeira vez nunha operación da válvula esquerda do corazón. A máquina fai a vez do corazón esquerdo e mediante un dispositivo mecánico simula a súa función contráctil. Este aparello e os que o seguiron permitiron realizar intervencións cardíacas que eran impensables ata o momento, impulsando dun modo moi importante a cirurxía cardíaca mediante intervencións cirúrxicas sobre o corazón parado e sen sangue. Este descubrimento permitiu desenvolver-la cirurxía a 'corazón aberto' con circulación extra-corpórea, de forma segura e sistemática a partir do

año 1953; o pionero no uso desta nova tecnoloxía foi o doutor Gibbon.

O 3 de decembro de 1967 en Cidade do Cabo (Sudáfrica), iníciase a historia dos transplantes de corazón ó lle realiza-lo primeiro o doutor Christian Barnard ó paciente Louis Baskanski. Este primeiro enfermo faleceu ós quince días debido a unha pneumonía. Pero, afortunadamente, o doctor Shumway levou a cabo un segundo transplante nos Estados Unidos (Palo Alto, California). Este cirurxián americano continúa traballando nesta dirección pero a un ritmo moi lento debido ós frecuentes rexeitamentos do órgano transplantado e ás infeccións postoperatorias. Hai que esperar ó descubrimento da Ciclosporina A a finais dos anos setenta —como comentaremos posteriormente— para que o transplante de corazón e outros como o de fígado se convertan nunha técnica de rutina.

A finais dos anos cincuenta e principios dos sesenta, os cirurxiáns americanos Moore no Hospital Peter Bent Brigham de Boston e Starzl na North Western University de Chicago, comezaron a realización experimental de transplantes ortotópicos de fígado no can. A partir destes primeiros ensaios chegouse a domina-la técnica e, conseqüentemente, a poder realizala con tódalas garantías cirúrxicas no ser humano. Os dous grupos que impulsaron con gran forza o avance da Cirurxía nesta área foron os doutores Thomas E. Starzl primeiro en Denver e posteriormente en Pittsburgh (EUA) e

Sir Roy Calne desde o King's College da Universidade de Cambridge (RU), en Europa. Hoxe, o transplante de fígado converteuse nunha técnica estándar, ata o punto de que, no momento actual, máis de vinte hospitais españois a practican.

Outros dos avances importantes para a Cirurxía que se produciron durante os anos setenta, non tiveron relación coa técnica cirúrxica, senón coa mellora do estado nutricional do paciente cirúrxico e coa prevención das infeccións postoperatorias.

No ano 1966 o doutor Dudrick, que traballaba no famoso laboratorio do profesor americano Jonathan Rhoads, autor de importantes contribucións científicas sobre o catabolismo postoperatorio dos pacientes cirúrxicos, chamou a atención sobre a necesidade dun balance positivo de nitróxeno nos pacientes sometidos a este tipo de intervencións. Por outra parte, no seu traballo experimental, Dudrick puxo de relevo que o enfermo sometido a cirurxía podía ser nutrido de maneira artificial a través de catéteres colocados en veas centrais. Isto é o que se denominou 'nutrición parenteral total'. En 1969, o mesmo autor publicou o resultado da nutrición artificial no primeiro paciente humano, un neno.

Desde entón, a nutrición artificial é unha parte do armamento terapéutico do cirurxián, e miles e miles de enfermos se beneficiaron da posibilidade de recibir unha nutrición adecuada

tanto antes de seren sometidos á cirurxía coma despois dela. É difícil imaxinar no momento actual a práctica cotiá de certos tipos de cirurxía maior sen a axuda inestimable da nutrición artificial. Durante a década dos noventa, a nutrición artificial seguiu desenvolvéndose e púxose de relevo a supremacía da 'nutrición enteral' que consiste en colocar un catéter na parte alta do tubo dixestivo e a través del facer chegar directamente a nutrición ó intestino. Este método demostrou ser máis fisiolóxico ó coloca-los nutrientes en contacto directo coa mucosa intestinal e, ademais, evítanse algunhas das complicacións relacionadas cos catéteres situados nas veas centrais.

A nutrición artificial contribuíu por si soa e de maneira notoria a diminuí-las complicacións postoperatorias e, dentro delas, as infeccións. Así e todo, a descrición realizada por Kunin e Efrom desde os Estados Unidos de América do novo concepto da profilaxe antibiótica supuxo un grande pulo na loita clásica do cirurxián contra a infección. Os cirurxiáns utilizaran previamente a profilaxe antibiótica pero non conseguiran reduci-las infeccións postoperatorias. O motivo era ben sinxelo: os antibióticos administrábanse despois da operación e cando chegaban ós tecidos do paciente, os microorganismos xa se multiplicaran e era moi difícil evita-lo avance da infección.

O grande acerto de Kunin e Efrom foi administra-lo antibiótico uns minutos antes da intervención cirúrxica, de tal maneira que cando o

cirurxián realizaba a incisión operatoria, os tecidos do paciente tiñan xa niveis de antibiótico suficientes como para destruí-los xermes que contaminasen a ferida operatoria durante o acto cirúrxico. A partir dese momento sentáronse adecuadamente as indicacións da profilaxe antibiótica de acordo cos microorganismos propios de cada área anatómica, utilizando antibióticos eficaces para destruí-la flora microbiana. É obvio que, a pesar desta estratexia, seguen producíndose infeccións despois da cirurxía pero a realidade é que diminuíron de xeito significativo cando comparámo-las taxas actuais coas que tiñamos antes de instaurar a moderna profilaxe antibiótica. En calquera caso, o desenvolvemento das infeccións postoperatorias é un problema clásico da Cirurxía, produciuse desde as primeiras operacións que se realizaron, mantívose ó longo dos séculos XIX e XX e segue sendo o principal problema da Cirurxía moderna nos albores do século XXI.

No ano 1978 a Cirurxía dos transplantes recibe outro grande impulso ó descubrir de maneira fortuíta o doutor Borell, en Suecia, a Ciclosporina A. Esta substancia demostrouse moi activa fronte ó rexeitamento dos órganos implantados por parte do sistema de defensa inmunitario do organismo humano. Pode afirmarse que no terreo do transplante de órganos hai un antes e un despois en relación co descubrimento da Ciclosporina. O doutor Roy Calne, da Universidade de Cambridge no Reino Unido, foi o primeiro en utili-

zala nun transplante de ril, e puido comproba-la súa alta eficacia na redución do rexeitamento. Por outra parte, isto permitía que as infeccións postoperatorias se puideran controlar moito mellor. En 1980, o doutor Shumway empregou esta droga nun transplante cardíaco, e desde entón vén utilizándose decote en calquera tipo de transplante. Durante os últimos anos noventa apareceron outras substancias anti-rexeitamento moi eficaces, como a K-506.

Desde que en 1922 se descubriu a produción da hormona insulina polo páncreas, a Medicina tratou de loitar contra unha das enfermidades máis comúns como é a diábetes que, aínda hoxe, produce unha elevada morbilidade e mortalidade. Unha das modalidades terapéuticas utilizadas durante a última parte do século XX foi o transplante do páncreas co obxectivo de corrixi-los defectos metabólicos da diábetes ó dota-lo paciente cun novo órgano que lle proporciona un tecido pancreático endocrino normal, o cal permite que, unha vez realizado o transplante, o enfermo poida suprimir-lo tratamento esóxeno con insulina, xa que as células-B pancreáticas transplantadas actúan como unha fonte endóxena de insulina. A finais dos anos oitenta, realizáranse máis de mil cincocentos transplantes de páncreas no mundo en arredor de oitenta hospitais. Neste terreo, os últimos avances tratan de valida-la eficacia do transplante de illotes pancreáticos illados. Se esta nova modalidade de transplante pan-

creático se demostra viable, poderíase evita-lo transplante de todo o órgano.

No ano 1987, o cirurxián francés Monet realizou con éxito a primeira colecistectomía ou exérese da vesícula biliar pola vía laparoscópica. Para a gran maioría dos cirurxiáns esta intervención pasou completamente desapercibida, e houbo que esperar uns anos máis para sermos conscientes de que unha técnica se abría camiño na cirurxía do aparello dixestivo.

Realmente, non se trataba só dunha nova técnica cirúrxica, senón dunha verdadeira revolución dentro da técnica cirúrxica: a Cirurxía laparoscópica. Foi unha innovación tecnolóxica que nos obrigou a un novo esforzo de aprendizaxe, a partir de cero outra volta, a rompe-los esquemas e os hábitos establecidos clasicamente durante máis de cen anos e a iniciarnos no manexo do campo operatorio a través de pequenos orificios e tubos que guían os nosos instrumentos e, o máis importante e innovador, a pequena cámara de vídeo que nos vai permitir ve-lo interior do paciente e a área enferma a través dun monitor de televisión.

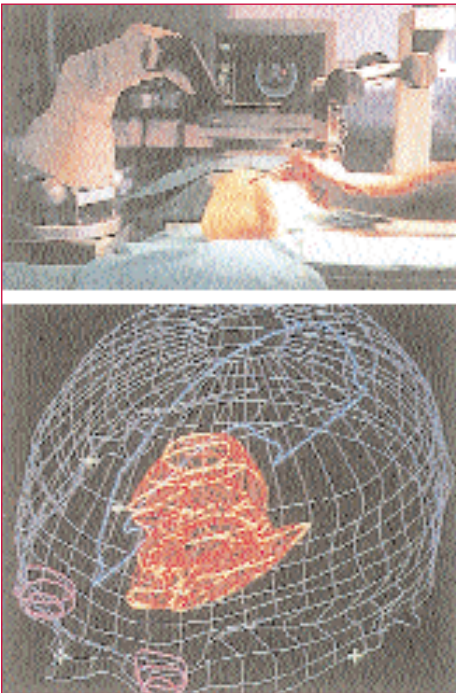
Cando o mundo da Cirurxía foi consciente de que xurdía unha nova era, produciuse inicialmente un rexeitamento importante por unha gran parte dos profesionais con máis anos de experiencia técnica, que se negaban a aceptar que fose posible acceder á cavidade abdominal e a realiza-la exérese de órganos como a vesícula biliar sen abri-lo paciente a través dunha

laparotomía e poder tocar e palpa-las estruturas anatómicas sobre as que se realizaba a intervención cirúrxica. Realmente foi unha época na que resultaba moi interesante asistir ós congresos de Cirurxía e poder escoita-los vehementes detractores desta nova técnica. Curiosamente, moitos deles, que agresivamente poñían de relevo tódolos inconvenientes posibles da nova técnica e tecnoloxía, eran considerados os mellores cirurxiáns do momento nos respectivos países. Ende ben, o convencemento e o tesón dos cirurxiáns máis novos e os de mediana idade permitiu seguir practicando a cirurxía laparoscópica e demostrar así que estabamos diante do futuro da Cirurxía.

O éxito foi tal que foron suficientes menos de cinco anos para que, a mediados dos noventa, en tódolos congresos e revistas máis prestixiosas da Cirurxía, se aceptase que a vía laparoscópica debía considerarse como o *gold standar* en procedementos tales como a colecistectomía para o tratamento da colelitiasis ou cálculos biliares. Pero no quedou aquí o éxito da nova técnica. Ó longo dos dez últimos anos do século XX, púxose de relevo que era ideal para o tratamento das hernias de hiato, nas cales unha porción do estómago ascende e se introduce na cavidade torácica, ou na exérese do bazo cando presenta patoloxía non traumática nin tumoral. En moitos hospitais demostrouse que a técnica era tamén adecuada para a exérese do apéndice cecal en casos de apendicite aguda ou para a herniografía da hernia inguinal especialmente en

casos de hernias recidivadas ou bilaterais. A patoloxía benigna do colon foi outro dos campos nos que a Cirurxía laparoscópica demostrou o seu interese.

Un dos aspectos onde se xeraron maiores dúbidas foi no tratamento dos tumores a través da vía laparoscópica, xa que suscitaba a sospeita de se a realización imprescindible do pneumoperitoneo —introducción de CO₂ na cavi-



Gracias á imaxe en tres dimensións proporcionada polo escáner (abaixo) poden os cirurxiáns situar con toda exactitude o punto da intervención. Gracias ó microordenador, os cirurxiáns poden usa-la imaxe de forma interactiva para guía-lo robot cando están facendo a intervención (arriba).

dade abdominal ata alcanzar unha presión duns 14 mm de Hg— para poder realiza-la intervención cirúrxica, facilitaríaa diseminación distante de células tumorais procedentes do tumor que se pretendía extirpar. Por outra banda, algunhas pequenas estatísticas dos primeiros anos de utilización desta técnica cirúrxica, chamaron a atención sobre o feito importante de que se producían tumores nos lugares da parede abdominal onde se colocaban os trocares a través dos cales se introducen os instrumentos necesarios para realiza-la operación. Sen embargo, esta preocupación foi sendo menor ó longo dos anos e a medida que a experiencia era maior. Así, no 85 Congreso do American College of Surgeons (cirurxiáns) celebrado en outubro do ano 1999 na cidade americana de San Francisco, nunha sesión dedicada á cirurxía laparoscópica na cirurxía do colon e do recto, a doutora Heidi Nelson da Clínica Mayo en Rochester, presentou máis de trescentos casos de cancro de colon operados con éxito con cirurxía laparoscópica e cun seguimento de varios anos, que permitían concluir que era posible utiliza-la nova vía nesta patoloxía tumoral. O doutor James W. Fleshman, de St. Louis, demostrou que tamén era válida na patoloxía tumoral do recto.

¿Por que a Cirurxía laparoscópica se desenvolveu con tal velocidade e éxito a pesar dos seus importantes detractores e as dificultades tecnolóxicas iniciais? A súa evolución foi fulminante porque era evidente que o

traumatismo cirúrxico que se inflixía ó paciente era moito menor có causado pola vía laparotómica clásica para realiza-lo mesmo procedemento. A dor que experimentaba o enfermo despois da intervención reducíase e a súa recuperación era máis rápida, de tal maneira que un paciente ó que se lle realizaba unha colecistectomía pola vía laparoscópica ás vinte e catro horas da operación era dado de alta, cando a estancia hospitalaria habitual en cirurxía aberta era duns sete días. Outro dos aspectos moi favorables a este tipo de cirurxía foi a notoria redución das infeccións postoperatorias debido a que, en vez de realizar unhas laparotomías máis ou menos grandes, se utilizaban mini-incisións dun ou dous centímetros para poder colocalos trocares e, por outra parte, púidose demostrar a través do estudo de diversos parámetros que a cirurxía pola vía laparoscópica practicamente non altera o sistema inmune e de defensa do paciente, co cal, se durante a intervención cirúrxica se produce algunha pequena contaminación bacteriana, o sistema inmunolóxico do enfermo resólvea eficazmente destruindo microorganismos responsables. Por todo isto, hoxe, no ano 2000, o cirurxián que non practica a Cirurxía laparoscópica naqueles casos en que demostrou o seu valor, sabe que perdeu o tren do futuro.

Pero a Cirurxía laparoscópica non quedou só no terreo da cavidade abdominal senón que, debido ó seu alto interese, axiña se estendeu a outros

territorios como é o da cavidade torácica, de tal maneira que a cirurxía toracoscópica experimentou un enorme desenvolvemento constituíndo o patrón de ouro para intervencións tales como a exérese das bullas enfisematosas, o diagnóstico da extensión dos tumores da área mediastínica, etc.

A pesar de todo o dito, a Cirurxía do século XX non se contentou con avances tan espectaculares como os comentados, senón que, levada do gran progreso tecnolóxico, nos derradeiros cinco anos do século empezouse a desenvolver-la denominada 'cirurxía robótica' na cal un ordenador é o que realiza os pasos máis importantes e delicados da operación. Na especialidade de Neurocirurxía xa había uns anos que se estaba a utiliza-lo ordenador para guiar os pasos máis comprometidos do neurocirurxián na denominada 'cirurxía estereotáctica'. As demais especialidades cirúrxicas mantivéronse na marxe desta nova tecnoloxía ata finais do século, e así, no congreso do American College of Surgeons citado antes, puidemos asistir á presentación de instrumentos altamente sofisticados como o *EndoWrist* que, ante o asombro dos cirurxiáns, pode realizar coa máxima precisión os movementos do pulso, cun erro de desprazamento máximo de "un milímetro"... E todo isto dirixido a través dun ordenador.

Isto lévanos ata as portas do século XXI cun novo concepto para os cirurxiáns, o da *Cibercirurxía* que está xa dando lugar a unha nova era para a

Cirurxía. Trátase dun termo moi difícil de definir, pero pódese entender por tal un novo concepto da Cirurxía e un novo conxunto de termos cos cales o cirurxián pode comprender e reimaxina-la arte da Cirurxía na Era da Información. Esta nova era a nivel global para a Humanidade seguiu a Era Industrial e leva desenvolvéndose os últimos trinta anos, concretamente, desde finais dos sesenta ata ben entrados os noventa, como puxo de relevo Francis Fukuyama.

O concepto de *Cibercirurxía* inclúe unha complementariedade entre os clínicos e as máquinas —esencialmente os ordenadores— e a integración das diversas tecnoloxías dixitais dentro do espacio do diagnóstico e o tratamento cirúrxicos. O concepto inclúe tamén o uso habitual de tecnoloxías avanzadas como son a tecnoloxía da interface humana e aparellos como o da realidade virtual, a imaxe tridimensional, etc. Estas tecnoloxías novas e moi avanzadas permiten o desenvolvemento de novos conceptos como o de *tele-medicina* e *tele-cirurxía*.

Segundo Richard Satava, do Departamento de Cirurxía da Yale University School of Medicine, a visión dun quirófano do futuro está baseada no concepto fundamental do desenvolvemento destas novas tecnoloxías dentro dun ambiente no cal tanto a cirurxía coma a radioloxía intervencionista poden ser realizadas mediante a 'imaxe guiada'.

A Cirurxía axudada por ordenador será unha realidade nos anos vindeiros. Estas tecnoloxías ben desenvolvidas xa e utilizadas habitualmente na industria, están estendéndose á área do tratamento cirúrxico a través da colaboración entre enxeñeiros, especialistas en robótica, expertos en ordenadores e cirurxiáns. Estes últimos terán que compartirlas súas necesidades e inquietudes cos especialistas, xa que as aplicacións das técnicas de cirurxía guiada pola imaxe e a robótica inclúen un amplo espectro de especialidades cirúrxicas que van desde a Neurocirurxía á Ortopedia pasando pola Cirurxía xeral.

O uso da cirurxía asistida por ordenador e dos robots proporcionaralle ó cirurxián maior precisión, maior destreza, máis resistencia e máis información. Por iso, sen ningunha dúbida, o cirurxián non poderá estar alieo a esta revolución e terá que realizar un grande esforzo para poñerse á altura das novas tecnoloxías e poder beneficiarse delas. O gran cambio representado pola cirurxía laparoscópica durante os dez últimos anos é practicamente anecdótico se se compara cos que se producirán nas próximas décadas. O cirurxián está ante o momento máis revolucionario da Cirurxía. Conceptos clásicos como o da habilidade manual serán substituídos pola absoluta precisión do ordenador. A man do cirurxián terá que se aliar coa moderna tecnoloxía para non perderlo seu papel protagonista. Nunca tanto valor terá a expresión do talen-

to do cirurxián coma nos próximos anos, xa que pode asegurarse que o mellor cirurxián do futuro será o máis intelixente, non o máis hábil.

BIBLIOGRAFÍA

- Caínzos, M., "Discursos de Investidura de D. Konrad Messmer como Doutor Honoris Causa", Imprenta Universitaria, Universidade de Santiago de Compostela, 1998.
- Calne, R., *Liver Transplantation*, Orlando, Grune & Stratton, Inc. Harcourt Brace Jovanovich Publishers, 2ª edición, 1987.
- Caralps A., e outros, *Trasplante de Organos y Tejidos*, Barcelona, Ediciones Doyma, 1987.
- Diccionario de los Premio Nobel de Medicina, *Noticias Médicas*, 3.745 e 3.746, 97-111, 2000.
- Dudrick, S. J., e outros, "Can intravenous feeding as a sole means of nutrition support growth in the child and restore weight loss in an adult? An affirmative answer", *Ann Surg*, 169: 974, 1969.
- Ellis, H., *Operations that made History*, Londres, Greenwich Medical Media, 1996.
- Fukuyama, F., *La Gran Ruptura*, Barcelona, SQN Ediciones B, 2000.
- Groth, C. G., *Pancreatic Transplantation*, Philadelphia, W. B. Saunders Company, 1988.
- Thorwald, J., *El Triunfo de la Cirugía*, Barcelona, Ediciones Destino, 1960.
- Glasscheib, H. S., *El Laberinto de la Medicina*, Barcelona, Ediciones Destino, 1964.
- Haeger K., *Historia de la Cirugía*, Madrid, Editorial Raíces, S.A., 1993.
- Kunin, C. M., e H. Y. Efrom, "Prophylaxis in surgery", *J Am Med Ass*, 137, 1977, 1003-1008.
- Laín Entralgo, P., *Historia Universal de la Medicina*, Barcelona, Salvat Editores, 1972.
- "La medicina del siglo XX, 1922", *Diario Médico*, 2000, 89-92.
- "La medicina del siglo XX, 1945", *Diario Médico*, 2000, 181-184.
- "La medicina del siglo XX, 1950", *Diario Médico*, 2000, 201-204.
- "La medicina del siglo XX, 1952", *Diario Médico*, 2000, 209-212.
- López Piñeiro, J. M., "La medicina en el siglo XX", *La Aventura de la Historia*, Año 2, núm. 14, 1999, 29.
- Perisat, J., "Laparoscopic cholecystectomy", *Am J Surg*, 165, 1993, 444-449.
- Rodríguez, J. M., "Una 'mirada' apasionada al mundo de los trasplantes cardíacos", *Noticias Médicas*, 3746, 2000, 12-17.

Satava, R. M., *Cybersurgery*, Nova York, Wiley-Liss, 1998.

Starzl, T. E., *El Hombre Puzzle. Memorias de un Cirujano de Trasplantes*, Barcelona, J. R. Prous Editores S. A., 1994.

Sutcliffe, J., e N. Duin, *Historia de la Medicina. Desde la Prehistoria hasta*

el Año 2020, Barcelona, Naturart, S. A., 1993.

Thorwald, J., *El Triunfo de la Cirugía*, Barcelona, Ediciones Destino, 1960.

— *El Siglo de los Cirujanos*, Barcelona, Ediciones Destino, 1958.



OS COMPUTADORES DO SÉCULO PASADO

*Senén Barro Ameneiro**
Universidade de Santiago
de Compostela

Ós meus fillos, Mateo e Darío.
Espero que sexan felices nese mundo
inzado de computadores no que lles
tocou vivir

1. INTRODUCCIÓN

Falar da historia da computación e facelo restrinxíndonos ó século que acaba de rematar, é practicamente o mesmo que facelo comezando en calquera instante anterior. É certo que a idea de computación como tal xorde moito antes do século XX, mesmo é posible que sexa case tan antiga coma a Humanidade, pero a computación, como hoxe se nos amosa a través dos computadores electrónicos dixitais, é pouco anterior á minisaia ou ós enxeños espaciais.

Nun interese constante por realizar artefactos que superen as nosas limitacións, logramos avantaxar case tódalas nosas capacidades físicas, como correr, nadar ou levantar pesos, e moitas das nosas incapacidades naturais, como voar ou vivir no espacio.

Somos quen de ve-lo infinitamente pequeno ou arredado e de oí-lo que resulta inaudible mesmo para os animais cos oídos máis sensibles, pero aínda nos quedan por vencer artificialmente moitas das capacidades que denominamos intelectuais. Así como o microscopio e o telescopio amplifican en sentidos opostos as nosas posibilidades para ve-los obxectos do universo no que vivimos, o computador é actualmente a ferramenta que pretende amplificar aquelas capacidades que asociamos ó noso órgano máis preciado e descoñecido: o cerebro. Deste modo, se a revolución industrial que vivimos nos dous últimos séculos se desenvolveu mediante máquinas que estenderon e magnificaron as nosas capacidades físicas, a revolución da información na que agora estamos inmersos baséase en máquinas que amplían e apoian algunhas das nosas

* Catedrático de Ciencias da Computación e Intelixencia Artificial.

capacidades mentais. O avance foi espectacular en moitos sentidos. A capacidade de almacenamento, recuperación e transmisión de información é enorme e non deixa de medrar a un ritmo exponencial; a potencia de cálculo dalgúns supercomputadores¹ actuais cifrase en varios billóns de operacións con números reais por segundo. O campión no xogo do xadrez aliméntase agora a cinco voltios² e as probas de explosións nucleares, por fortuna, están deixando de facerse con plutonio e pasan a realizarse con silicio. Sen embargo, aínda son moitas as capacidades do intelecto humano que o computador nin sequera conseguiu remedar. A nosa capacidade para expresarnos en linguaxe natural ou o sentido común, do que todos gozamos, aínda que, todo hai que dicilo, en moi distinto grao, son só algúns exemplos

que dificilmente encontrarán solución utilizando unicamente a ‘forza da computación’ en bruto.

O contido que segue tratará de recoller algúns dos fitos máis relevantes da historia da computación, máis co ánimo de divulgar e promove-la reflexión ca co de sermos exhaustivos —pensemos en que a simple enumeración de tódolos feitos que tiveron unha influencia destacada na historia da computación demandaría máis páxinas cás que se dedican a todo este artigo—. ³ Se ben enfocámo-lo noso obxectivo sobre o aínda morno cadáver do século XX e o desenvolvemento nel da computación dixital, non queremos deixar fóra do visor algo da ‘prehistoria’ do *homo calculans* e da posmodernidade computacional que xa estamos comezando a vivir.

1 Os supercomputadores son os computadores máis potentes que existen en cada momento. O primeiro computador que se considerou dentro desta categoría foi realizado nos anos sesenta para o Departamento de Defensa estadounidense. O feito de que calquera computador persoal teña na actualidade unha capacidade de cálculo moi superior ó dito supercomputador, dános boa conta do dinamismo que se produce neste eido. O resto dos computadores adoitan agruparse en xeral en *mainframes*, minicomputadores — computadores de moi altas e altas prestacións, respectivamente, pensados para atender un gran número de usuarios—, estacións de traballo e microcomputadores (os coñecidos como ‘pecés’) — orientados á súa utilización individual ou, en todo caso, por parte dun número reducido de usuarios de forma simultánea—. Na actualidade están proliferando uns computadores de reducido tamaño e escasa potencia de cálculo, que poderíamos denominar *picocomputadores*, entre os que son especialmente populares os asistentes dixitais persoais ou PDA (*Personal Digital Assistants*). Aínda que inicialmente están pensados para a súa utilización como axendas, calendarios, directorios de teléfonos, etc., xa comezaron a aparecer usos máis sofisticados deles, como a navegación por Internet ou o apoio á telemonitorización de pacientes (S. Barro, J. R. Presedo, D. Castro, M. Fernández-Delgado, S. Fraga, M. Lama e J. Vila, *Intelligent Telemonitoring of critical-care patients*. IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine. Número especial sobre “Telemedicine”. Vol. 18, núm. 4, 1999, 80-88).

2 S. Barro, “El campeón de ajedrez y la máquina que sabía sumar: la ficción científica (parte 1ª); la realidad (parte 2ª); la reflexión (parte 3ª)”, *El Correo Gallego*, Suplemento de Ciencia y Tecnología, núms. 85, 86 e 87, abril e maio de 1997.

3 O proxecto “Computing’s Millenium Timeline” está tratando de establece-los feitos máis importantes no ámbito das tecnoloxías da información ó longo dos últimos mil anos. Sexa cal sexa o resultado último, non cabe dúbida de que tales feitos se aglutinarán ó final da liña do tempo, tal como parecen apiñarse as árbores que vemos ó final dunha longa avenida.

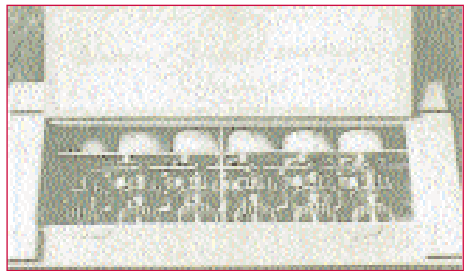
2. A PREHISTORIA DA COMPUTACIÓN

O primeiro dispositivo de computación coñecido é o ábaco, orixinario de Babilonia (hoxe Iraq), hai uns cinco mil anos. As sucesivas filas de doas ou bólas dun ábaco representan as unidades, decenas, centenas..., e en cada ringleira fíxase un número concreto utilizando unha cantidade equivalente de pezas. A pesar da súa enorme sinxeleza, ou se cadra por iso mesmo, o ábaco permite que unha persoa adestrada realice as operacións aritméticas elementais cunha inusitada rapidez⁴. As moi posteriores regras de cálculo ou as calculadoras mecánicas comparten, senón na forma si no fondo, a idea principal que guiou o invento do ábaco: apoiar mecanicamente as persoas na realización de cálculos máis ou menos complexos e repetitivos.

Fixémonos en que os sistemas de numeración que se foron utilizando ó longo da historia da Humanidade non sempre se axeitaron ós dispositivos de computación utilizados en cada momento. Así ocorreu, por exemplo, cos números romanos fronte ó ábaco ou cos números de orixe árabe que nós utilizamos fronte á codificación que se segue nos computadores dixitais. Neste sentido, temos que pensar que non existe un problema importante se se realiza a correcta traducción no nivel

de entrada de datos e de lectura de resultados entre o sistema de numeración empregado 'a man' e aquel utilizado internamente polo sistema de computación elixido.

Aínda que posiblemente a máis famosa máquina de calcular mecánica se debe a Blaise Pascal (1623-1662), hoxe en día considérase que a primeira calculadora foi obra do profesor alemán Wilhelm Schickard (1592-1635), construída en 1623, xusto o ano do nacemento de Pascal. Non obstante, a repercusión da obra de Pascal foi moito maior. A súa famosa Pascalina, realizada en 1642, cando Pascal só contaba dezanove anos de idade, é unha calculadora mecánica que opera mediante rodas dentadas e pesas. Para sumar e restar, a Pascalina xiraba as rodas, rexistrando así os valores, e utilizaba as pesas para realiza-la propagación do carrexo dunha roda a outra.



Máquina de calcular de Blaise Pascal, Conservatorio Nacional das Artes e Oficios, París.

⁴ Nunha proba realizada en 1947, un xaponés cun ábaco enfrontouse a un estadounidense que usaba a máis moderna calculadora electromecánica da época. O xaponés gañou en tódalas ocasións agás na realización de multiplicacións. É moi triste que os escenarios de enfrontamento entre os países representados por ámbolos contendentes foran en ocasións ben distintos.

Os tres séculos seguintes á aparición da primeira calculadora mecánica viviron a chegada continua de ideas e máquinas, se ben cada nova realización foise apoiando dun modo ou outro nas anteriores. En calquera caso, probablemente as contribucións máis transcendentales se deban a Charles Babbage (1791-1871). Referímonos á súa Máquina de Diferencias e á súa Máquina Analítica. Aínda que ningunha delas chegou a funcionar plenamente, as súas achegas considéranse a base da moderna computación.

Si podemos dicir que ningunha máquina, por extraordinaria e complexa que sexa, é máis interesante có seu creador, isto é especialmente certo na persoa de Babbage⁵. Argúmentase con frecuencia que foron as limitacións tecnolóxicas da época que lle tocou vivir as que lle impediron concluí-la súa obra. A falsidade deste argumento púxose de manifesto coincidindo co bicentenario do seu nacemento, en 1991, cando o Museo da Ciencia de Londres construíu integramente unha máquina de diferencias número 2, baseada nos planos de Babbage, utilizando exclusivamente técnicas e materiais dispoñibles a mediados do século XIX. A máquina funcionou perfectamente tras solucionar un pequeno número de erros obvios encontrados nos planos deixados por Babbage. O proxecto continúa na actualidade, co obxectivo de realiza-la parte dedicada

á impresión dos resultados sobre tarxetas perforadas.

O que case con total seguridade impediu a Babbage finaliza-los seus proxectos foi ese afán seu por construí-la mellor das máquinas que a súa cabeza podía concibir. Como referendo ás miñas palabras, gustárame lembrar aquí a experiencia que máis tarde contaría o matemático John Fletcher Mouton, da Universidade de Cambridge, sobre unha visita que lle fixo a Babbage poucos anos antes da súa morte. A medida que Babbage lle ía ensinando os diferentes talleres nos que ó longo dos anos se fixeran os traballos de construción das máquinas de calcular deseñadas por el, o estado de execución destas era cada vez máis pobre. Segundo Babbage, a execución de cada unha delas fora abandonada cando unha nova proposta era mellor e máis simple cá anterior, de tal modo que o esforzo para levala a cabo integramente se antollaba menor que completa-lo deseño previo. A última das habitacións, segundo Fletcher, non tiña nin trazas dunha máquina de calcular. A resposta de Babbage foi a mesma: “Aínda non está construída, pero estou traballando nela, e levará menos tempo construíla enteira que o que suporía completa-la Máquina Analítica desde o estado no que a deixei”. En fin, tamén algúns políticos levan unha traxectoria semellante de eternas promesas de mellora-lo que antes non concluíron, ou ás veces nin sequera empezaron.

5 *Charles Babbage and his Calculating Engines*, publicación do Science Museum de Londres, 1998.

A primeira calculadora comercializada con certo éxito coñeceu-se co curioso nome de 'aritmómetro'. Foi desenvolvida polo francés Charles Xavier Thomas (1785-1870) —coñecido como Charles de Colmar— e foi merecedora da medalla de ouro da Exposición Internacional de Londres, en 1862. A máquina en cuestión daba realizado as operacións aritméticas básicas e calcular raíces cadradas con precisión. O aritmómetro foi, polo tanto, o primeiro exemplo da avidez coa que estes aparellos eran desexados. Debemos ter en conta que xa naquela época comezaban a cobrar carácter de necesidade; sirva como exemplo o feito de que a realización das táboas do censo de poboación estadounidense realizado en 1880, repetido cada dez anos por mandato da súa Constitución, necesitou dun período de máis de sete anos para se completar. O seguinte censo, de 1890, fíxose en 'só' dous anos e medio, gracias a un plan de codificación en tarxetas perforadas das respostas ás preguntas do censo e á máquina realizada por Herman Hollerith (1860-1929), que permitía a súa lectura e clasificación. O éxito da máquina de Hollerith tivo a súa continuación na Tabulating Machine Company, fundada por el en 1896. Seguro que o nome desta compañía no lles di nada, aínda que quizais si lles soe o daquela que naceu trala súa fusión con outras empresas: International Business Machines Corporation, máis coñecida polo acrónimo IBM.

O papel dos españois nestes inicios da computación non foi especialmente brillante, sacando, claro está, o desempeñado por Leonardo Torres Quevedo (1852-1936), que fixo contribucións de primeira fila no ámbito da automática e a computación analóxica. Membro da Real Academia de Ciencias de Madrid, desenvolveu diversas calculadoras e dous autómatas electromecánicos para xogar ó xadrez. Aínda que non é este o lugar axeitado para destacar moitos outros inventos e méritos de Torres Quevedo, permítanme dicirlles unicamente que un teleférico deseñado por el segue aínda marabillando a quen o utiliza para cruza-las cataratas do Niágara.

3. A COMPUTACIÓN CONTEMPORÁNEA

Con certos matices, asúmesese que a computación moderna ou computación contemporánea comeza cos primeiros computadores electrónicos baseados en válvulas ou tubos de baleiro e continúa ata os nosos días, dividida en catro xeracións de computadores, as cales se identifican cos avances máis significativos experimentados polos dispositivos coa que os ditos computadores se deseñaron: tubos de baleiro, transistores, circuítos integrados e microprocesadores, respectivamente. Asumiremos e seguiremos esta forma de presenta-la evolución dos computadores, entendendo que as fronteiras entre as sucesivas xeracións son cando menos difusas. Dedicaremos, con todo, unha maior atención á

primeira e á última, precisamente por representaren, respectivamente, o nacemento e a globalización da moderna computación. En todo caso, é obrigado antes facer referencia a certos fitos ou fundamentos teóricos da computación, aínda que por limitacións de espacio imos reducilos a dous: a álgebra de Boole e a máquina de Turing.

ÁLXEBRA DE BOOLE

A álgebra de Boole recibe este nome porque foi desenvolvida polo matemático inglés George Boole (1815-1864). Trátase dun conxunto de símbolos, que poden representar números, letras, obxectos, calquera cousa, en definitiva, e regras para manexalos ditos símbolos. Deste modo, o mesmo que no marco da aritmética clásica " $5+3=8$ " é certo, no marco da álgebra de Boole " $a \text{ E } 1 = a$ " tamén o é. As tres operacións lóxicas máis elementais da álgebra de Boole son a negación (Non), a conxunción (E) e a disxunción (Ou). Calquera operación lóxica pode poñerse como combinación destas tres operacións primitivas. De feito, isto tamén é certo se consideramos simplemente a operación negación da conxunción (Non E). Asumindo o código binario

formado unicamente polos símbolos "0" e "1", a definición da operación "Non E", que representaremos de forma máis abreviada mediante o símbolo "*", é a seguinte: $0*0=1$, $0*1=1$, $1*0=1$, $1*1=0$. Se establecemos unha identificación entre o valor "verdadeiro" e o "1", o valor "falso" e o "0" e o símbolo "*" e a negación da conxunción de dúas proposicións lóxicas, que só poden ter valor verdadeiro ou falso, resulta que o mesmo que " $1*1=0$ ", a negación da conxunción de dúas proposicións verdadeiras dá un valor falso⁶.

Pódese dicir que a obra de Boole transportou a lóxica do terreo filosófico ó matemático.⁷ Ata ese momento, a xa milenaria lóxica formal non superara o siloxismo, un método de razoamento deductivo que parte dunha premisa maior e unha menor para chegar a unha conclusión, o que permite inferir, por exemplo, que "eu son mortal" a partir do coñecemento de que "tódalas persoas son mortais" e "eu son unha persoa". O transcendental paso que permite formalizar este e outros métodos de razoamento e, con isto, facilitá-la súa computarización, débémollos en boa medida a Boole.

6 Calquera computador podería deseñarse simplemente sobre a base da combinación adecuada de operadores lóxicos "Non E". A Bioloxía ofrécenos exemplos aínda máis incríbles de cómo se pode conformalo moi complexo a partir de elementos extremadamente simples; un bo exemplo disto é o feito de que as "instrucións do programa xenético" dos organismos se codifiquen simplemente na orde na que aparecen no ADN as catro bases: adenina, timina, guanina e citosina.

7 Dous foron os traballos clave neste sentido: "The mathematical analysis of logic. Being an essay towards a calculus of deductive reasoning" (Análise matemática da lóxica. Un ensaio cara ó cálculo do razoamento deductivo) e "An investigation of the laws of thought" (Unha investigación das leis do pensamento), publicados no ano 1847 e 1854, respectivamente.

MÁQUINA DE TURING

En 1937 publicouse nas actas da Sociedade Matemática de Londres un artigo do aínda mozo matemático Alan Turing, da Universidade de Cambridge, nado en Londres en 1912. Este artigo, titulado “On computable numbers with an application to the Entscheidungsproblem” (Sobre os números computarizables cunha aplicación ó problema da decisión), está considerado como unha das contribucións teóricas máis relevantes á lóxica matemática e a computación. Neste artigo descríbese unha hipotética máquina, coñecida desde entón como máquina de Turing, composta simplemente por un dispositivo de lectura/escritura e unha cinta de lonxitude infinita, segmentada en pequenas celas, ó xeito dun carrete fotográfico sen fin. En cada unha das celas das que se compón a cinta pode almacenarse un símbolo, ou deixala simplemente en branco. O símbolo escrito nunha cela pode ser recoñecido polo dispositivo de lectura cando este se sitúa nela. Así mesmo, ese dispositivo pode escribir calquera símbolo na posición na que se atope en cada momento. A lectura dun novo símbolo por parte da máquina provocará unha acción de resposta, que será función do símbolo lido e o estado interno da máquina no momento da lectura. Deste modo, dous símbolos idénticos, lidos en intres diferentes, poden provocar respostas distintas da máquina. Pense o lector nun simple

bolígrafo de émbolo; a mesma entrada ó sistema, consistente en pulsa-lo émbolo, terá consecuencias distintas, concretamente que a punta do bolígrafo saia ou entre, en función do estado, punta dentro ou fóra, respectivamente, no que se encontre o bolígrafo no momento de aplica-la dita entrada. A máquina de Turing é tan simple que só pode facer tres cousas: le-lo contido dunha cela e deterse; borrar un símbolo e escribir un novo; e, finalmente, ler unha cela e moverse cara á esquerda ou a dereita. Hai dúas cousas que nos marabillan sobre esta máquina: en primeiro lugar, que sendo tan simple poida resolver case calquera problema matemático ou lóxico que se nos ocorra, mesmo utilizando unicamente un código binario, composto por uns e brancos (ceros); en segundo lugar, a xenialidade de Turing para poder pensar neste nivel de abstracción cando aínda non existía ningún dispositivo real que puidese asemellarse á súa máquina —algunha moi leve e sutil inspiración podía proceder, se acaso, das máquinas de Babbage—. Hoxe resulta evidente que a máquina de Turing é basicamente un computador, no que a cinta é a memoria de propósito xeral, capaz de almacenar non só datos senón tamén instrucións, e o dispositivo de lectura/escritura é a unidade de procesamento central.

A máquina de Turing é unha formalización do concepto de algoritmo⁸ independente de calquera realización

⁸ A palabra algoritmo provén de Muhammad ibn Musa Al'Khwarizmi, quen no século XII desenvolveu o concepto de proceso que hai que seguir para lograr algún obxectivo.

ou implementación práctica deste. Un problema dise computable se para el existe un algoritmo e, polo tanto, unha máquina de Turing que o resolva. E aquí convén chama-la atención sobre o feito de que unha máquina de Turing poida resolver 'case' calquera problema mátemático ou lóxico. Existen problemas que non se poden resolver mediante unha máquina de Turing e, polo tanto, entran na categoría de problemas insolubles algorítmicamente.

Non tódalas contribucións de Turing se mantiveron no terreo teórico —de feito, os que o coñeceron afirman que sempre tivo un enorme interese por todo tipo de experimentación práctica—. Durante a Segunda Guerra Mundial tivo un papel clave na realización dunha máquina electrónica, denominada Colossus, que permitiu 'reben-tar' as mensaxes que os alemáns cifraban a través da complexa máquina Enigma. Este feito tivo tal relevancia no discorrer da guerra que, aínda que non se di que Turing fixo gaña-la guerra, hai quen afirma que podería terse perdido sen el.

Sen dúbida a obra de Turing adiantouse ó seu tempo e desgraciadamente tamén a súa vida, que non foi respectada pola sociedade británica da época, para a cal a homosexualidade era un crime. Nunha carta a un amigo, dicía: "Temo que o día de mañá alguén recorra ó seguinte siloxismo: Turing cre que as máquinas pensan; Turing déitase con homes; logo, as máquinas non pensan". En 1952 foi arrestado por manter relacións homosexuais e tralo

xuízo aceptou que se lle administraran inxeccións de estróxenos (como alternativa a unha pena de cárcere) que o volveron impotente e, tal como el mesmo manifestou a un seu compañeiro de Cambridge, fixéronlle medra-los peitos. O 7 de xuño de 1954 atopárono morto logo de que inxerise, case con toda seguridade de forma consciente e voluntaria, cianuro potásico.



Alan Turing.

3.1 PRIMERA XERACIÓN

A historia dos computadores electrónicos e, con eles, da computación tal e como hoxe a coñecemos, ten unha orixe difusa. O recoñecemento ó traballo pioneiro de John Vincent Atanasoff

e Clifford E. Berry, que desenvolveron en 1939 o primeiro prototipo de computador dixital, chegoulles en 1973, tras un xuízo que invalidou a patente do computador ENIAC (Electronic Numerator, Integrator, Analyzer, and Computer), realizado por un equipo de científicos e enxeñeiros⁹ na Universidade de Pensilvania, en Filadelfia (EUA). A pesar disto, en xeral é o ENIAC o que adoita darse como referencia da orixe dos modernos computadores¹⁰. Este computador posuía 18.000 válvulas, consumía 100 quilowatts, ocupaba unha gran habitación e realizaba a suma de 5.000 números decimais de dez díxitos por segundo. Esta capacidade de cálculo, que hoxe nos parece ridícula xa que é superada por calquera calculadora de peto programable, era considerada enorme naquela época.

Hai dúas consideracións respecto ó ENIAC que resultan especialmente importantes. En primeiro lugar o feito de se tratar dun computador dixital de propósito xeral, é dicir, un dispositivo de computación con capacidade de ser reconfigurado para realizar tarefas diferentes. Isto lévanos á segunda consideración, e é que a reconfiguración debía realizarse mediante a reorganización de miles de cables e conmutadores. O ENIAC, polo tanto, carecía da

capacidade de almacena-lo programa que se ía executar, polo que non podemos consideralo un computador en sentido estricto; polo menos, non se temos en conta a semántica que hoxe asociamos ó dito termo. Precisamente, esta limitación foi discutida por un dos deseñadores do ENIAC, J. Presper Eckert, con John von Neumann, quen deu máis tarde solución ó problema introducindo o transcendental concepto de 'programa almacenado', como substituto do 'programa de cables'. Para facérmolos unha idea do avance que isto supuxo, permítanme comparalo co que suporía que nunha única etapa evolutiva pasasemos do rixido sistema nervioso dunha sambesuga á plasticidade que posúe o cerebro dun gato ou un can. Simplemente esta achega faría que Neumann pasase ós anais da historia da computación con letras de ouro, pero as súas contribucións foron moitas máis. Tamén foi el quen levou ó deseño do EDVAC (Electronic Discrete Variable Automatic Computer) a aritmética binaria, como substituta da decimal, coa que operaba o seu predecesor, o ENIAC. Sen embargo, o EDVAC só existiu 'sobre o papel', mentres que si foron realidade o BINAC (BINary Automatic Calculator), de Eckert e Mauchly, e o EDSAC (Electronic Delay Storage Automatic

9 Creio que é importante destacar que a computación é unha disciplina que se apoia nos modelos, os métodos e as ferramentas das que se valen as ciencias para o seu avance, á vez que, por suposto, participa dos métodos de desenvolvemento e innovación tecnolóxicos. Presenta, polo tanto, esa compoñente ambivalente que posúen aquelas disciplinas que se nutren tanto do descubrimento como do invento.

10 A idea de utilizar tubos de baleiro para o deseño de computadores tivérona Atanasoff e Berry, entón na Universidade de Iowa, ó deseñar en 1939 o ABC (Atanasoff-Berry Computer). O ABC nunca chegou a estar operativo e si, máis tarde, o ENIAC.

Calculator), de Maurice Wilkes, desenvolvido na Universidade de Cambridge, Inglaterra. Ambos viron a luz en 1949, pero o segundo uns meses antes, polo que, case con total seguridade, podemos consideralo como o primeiro computador dixital electrónico de programa almacenado totalmente operativo.

O computador ENIAC foi inicialmente desenvolvido para a súa utilización militar durante a Segunda Guerra Mundial, aínda que en realidade non se rematou ata dous meses despois do final desta. O seu pulo á computación

moderna foi decisivo. De feito, dous dos creadores do ENIAC, John Mauchly, da Universidade de Pensilvania, e o mencionado Eckert, fundaron unha compañía para desenvolver unha versión comercial do ENIAC, coñecida como UNIVAC. Con isto deron paso ó principio da fin da posesión case en exclusiva dos computadores por parte dos militares e dun reducido colectivo de científicos e enxeñeiros. Algúns historiadores da computación sitúan o comezo da primeira xeración de computadores coincidindo con este feito, ocorrido no ano 1951.

Xeración	Inicio	Elementos de deseño	Programación	Memoria	Periféricos de entrada e saída de datos	Procesamento	Exemplo
Primeira	1951	Tubos de baleiro	Linguaxes máquina e ensamblador	Tambores e cintas magnéticas	Tarxetas perforadas	Por lotes	UNIVAC-I
Segunda	1960	Transistores	Linguaxes de alto nivel	Núcleos e discos magnéticos	Teclado e monitor	Tempo compartido	PDP-8
Terceira	1967	Circuitos integrados	Linguaxes orientadas a aplicacións	Discos magnéticos e <i>Floppy</i>	Rato	Distribuído	B3500
Cuarta	1975	Microprocesador	Orientada a obxectos	Memorias de semiconductor, CD-ROM, DVD	Impresora láser	Multiprocesamento	IBM-PC
Quinta	¿-?	<i>Software</i> baseado en Intelixencia Artificial	Orientada á aprendizaxe	Orgánica	Interface en linguaxe natural	Ubicuo	¿-?

Táboa I. Distintas xeracións de computadores e algúns dos feitos máis destacados que as acompañaron.



O ENIAC arriba e o UNIVAC abaixo, que foi a versión comercial do primeiro. (Tomado de *Quest*, Edit. Rialp).

Coma case sempre ocorre durante a curva de desenvolvemento dunha tecnoloxía, nesta época vivíuse un exceso de optimismo en canto ás posibilidades que os computadores poñían ó noso dispor. As referencias ós computadores da época como ‘cerebros electrónicos’, a chamada ó alistamento da armada estadounidense baixo o

reclamo: “¿Canto dá a raíz cúbica da décimo sexta potencia do número 2589? ¿O computador ENIAC da armada pode darche a resposta nunha fracción de segundo!”, ou a afirmación dun dos fundadores de IBM en relación a que uns poucos IBM 701 —o primeiro computador comercializado por esa firma—, serían suficientes para atender as necesidades mundiais de computación, ilustran, aínda que sexa dun modo anecdótico, o hiperoptimismo reinante naquela época.

3.2 SEGUNDA XERACIÓN

O invento do transistor en 1947 cambiou radicalmente a forma na que continuarían desenvolvéndose os sucesivos computadores, dando paso á súa segunda xeración. Isto non sucedeu, non obstante, ata que en 1960 comezaron a deseñarse os computadores mediante transistores, substituíndo as inmensas válvulas de baleiro. Ó contrario que os tubos de baleiro, os transistores son pequenos, teñen un baixo consumo e disipan pouca calor, ademais de ser máis rápidos na conmutación entre estados e moito máis fiables no seu funcionamento.

Durante esta época resulta especialmente destacable o amplo desenvolvemento das linguaxes de programación de alto nivel —con expresións que posúen unha sintaxe relativamente próxima á linguaxe natural—. O COBOL (*Common Business Oriented Language*), por exemplo, apareceu en 1960 e foi a linguaxe máis utilizada durante dúas décadas. Ignorada

despois, o seu uso foi recuperado nos últimos anos para ‘remendar’ os programas incapaces de empezar con bo pé o ano 2000.

Son dúas as empresas e os computadores que marcaron en boa medida esta época: a serie de computadores System/360 de IBM e o PDP-8 de Digital Equipment Corporation, este último o primeiro verdadeiro minicomputador. Sen embargo, foron os avances introducidos nas linguaxes de programación e nos sistemas operativos os que deron un grande pulo á utilización dos computadores durante esta segunda xeración. Se os sistemas operativos da década dos cincuenta buscaban fundamentalmente mellora-lo rendemento da máquina, algúns dos avances realizados durante esta época —como a aparición dos sistemas de tempo compartido, achega de Fernando Corbató, do MIT (Massachusetts Institute of Technology)— devolveron boa parte do control da máquina ós usuarios. Este feito acentuouse na seguinte xeración, de tal modo que sistemas operativos tan populares como o UNIX, que comezaron a desenvolver en 1969 Dennis Ritchie e Kenneth Thompson, responden precisamente a esta filosofía.

3.3 TERCERA XERACIÓN

En 1958, Jack St. Clair Kilby e Robert Noyce realizaron o primeiro circuíto integrado ou *chip*, incorporando múltiples transistores e outros dispositivos electrónicos nunha única oblea de silicio. O primeiro circuíto integrado

comercial apareceu en 1961, fabricado por Fairchild Corporation. Con todo, houbo que agardar ata 1967 para que os computadores comezasen a fabricarse mediante esta tecnoloxía, dando paso á coñecida como terceira xeración de computadores. Os primeiros computadores que incorporaron circuítos integrados foron os B2500 e B3500 de Burroughs.

Desta época son dous dos avances que máis incidencia tiveron na que hoxe tendemos a denominar como sociedade da información: o concepto de ‘rede de área global’, desenvolvido como parte do proxecto ARPANet, embrión da hoxe ubicua Internet, e o de ‘rede de área local’, a través da invención de Ethernet por Robert Metcalfe, en Xerox PARC.

Se se me permite un comentario un tanto á marxe, direilles que tamén foi durante esta terceira xeración, concretamente en 1968, cando se asumiu o estándar de seis díxitos para a representación da data (AAMMDD), algo que, como todos saben, había traernos moitos crebacabezas nos últimos anos.

3.4 CUARTA XERACIÓN

En 1969, unha compañía xaponesa fabricante de calculadoras, Busicom, pediulle á empresa Intel o desenvolvemento dun conxunto de circuítos integrados para unha liña nova de calculadoras electrónicas programables que desexaba lanzar ó mercado. A súa idea era ofrecer unha serie de calculadoras

con diferentes capacidades e opcións. O enxeñeiro de Intel, Maurice E. Hoff, fíxose cargo do proxecto¹¹. As experiencias previas neste sentido sempre foran acompañadas do redeseño dos circuítos cada vez que cambiaban as especificacións do produto final. Hoff pensou que ese redeseño podería evitarse se conseguía desenvolver un circuítio lóxico de propósito xeral, que puidese programarse, igual cá unidade de procesamento central dun computador. O resultado foi o Intel 4004, o primeiro microprocesador da historia¹². Despois de case trinta anos de evolución, hoxe vémo-lo 4004 como un microprocesador tremendamente simple; 2.250 transistores e 60.000 operacións por segundo son cifras moi apartadas das que ofrecen os microprocesadores máis recentes, que integran varios millóns de transistores. En calquera caso, resulta moi significativo que un circuítio integrado tivese unha capacidade de cálculo unha orde de magnitude maior ca un computador como o ENIAC, do que se daban o tamaño e peso en metros cúbicos e toneladas, respectivamente.

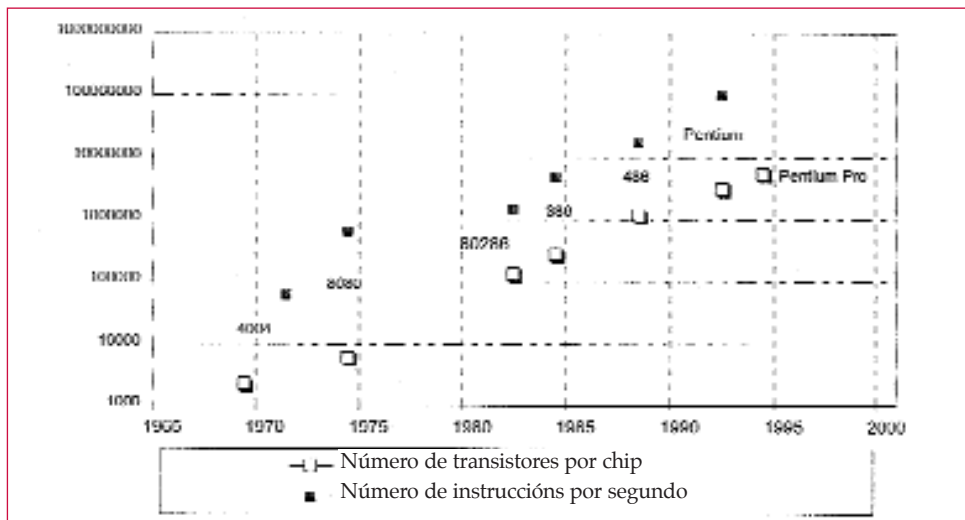
Busicom recibiu o resultado do seu encargo en forma de catro circuítos

integrados: o microprocesador propiamente dito, a memoria RAM —memoria de acceso aleatorio—, para o almacenamento temporal de datos, a memoria ROM —memoria só para lectura— destinada ó almacenamento permanente das instrucións que definían en cada caso un dispositivo ou calculadora concreta, e un circuítio de entrada/saída para o diálogo entre o microprocesador e o ‘mundo exterior’. Busicom obtivo unha brillante solución ós seus problemas —o que, sen embargo, non lle serviu para evita-la súa desaparición anos máis tarde— e a Humanidade recibiu un dos inventos que máis dinamizaron as tecnoloxías da información e as comunicacións, e con elas as nosas vidas.

Particularmente transcendente no haber do microprocesador foi o desenvolvemento do computador persoal, polo que supuxo de globalización da computación. Non pasaron moitos anos des que Steve Jobs e Steve Wozniak fixeron realidade a súa idea de crear un microcomputador —un computador baseado nun microprocesador— tan simple que puidese utilizarse directamente tras sacalo da súa caixa e enchufalo, como facemos, por

11 S. Barro, «Ponga un microprocesador en su vida», *El Correo Gallego*, Suplemento de Ciencia y Tecnología, núm. 70, 24 de novembro de 1996.

12 Un microprocesador é o corazón dun computador integrado nun único *chip* — unha lámina de silicio envolta nunha cápsula, que se comunica con outros dispositivos a través dunha serie de filamentos ou patillas—. Nun microprocesador inclúese a unidade encargada de realizar operacións aritméticas e lóxicas básicas (unidade aritmético-lóxica) e a unidade de control, encargada de le-las instrucións que compoñen un programa que se vai executar, de decodificar (interpretar) as ditas instrucións e de facer que o conxunto de elementos que soportan a computación operen ordenadamente e nos momentos precisos, para conseguir así a execución correcta do dito programa.



Táboa II. Complexidade, en número de transistores por *chip*, e potencia, en número de instrucións executadas por segundo, dalgúns dos microprocesadores de Intel. (Fonte: http://www.i-probe.com/i-probe/ip_intel.html).

exemplo, cun electrodoméstico¹³. Pouco despois da fundación de Apple Computer Inc., en abril de 1977, o Apple II¹⁴, con monitor, teclado, unidade de disco flexible e sistema operativo, viu a luz e con el naceu realmente a revolución do ordenador persoal, definitivamente potenciada, sen dúbida, por tres ‘megaempresas’ do sector da informática: Intel, mediante os seus microprocesadores, IBM, verdadeira artífice da difusión do ordenador persoal ou PC, e Microsoft, que achega o *software*, cos sistemas operativos como a meniña dos seus ollos.

Se a cuarta xeración de computadores se asocia ó microprocesador, non cabe dúbida que esta aínda está en marcha e non perdeu vixencia. Os esforzos por fabricar microprocesadores máis potentes e versátiles son continuos e parece que seguirán dando froitos aínda uns anos máis. A xa famosa Lei de Moore, enunciada a principios dos setenta por Gordon Moore, cofundador de Intel, así o constata; Moore observou durante os primeiros anos a relación prezo/prestacións dos *chips* desenvolvidos para o deseño de computadores, e baseándose nisto predixo

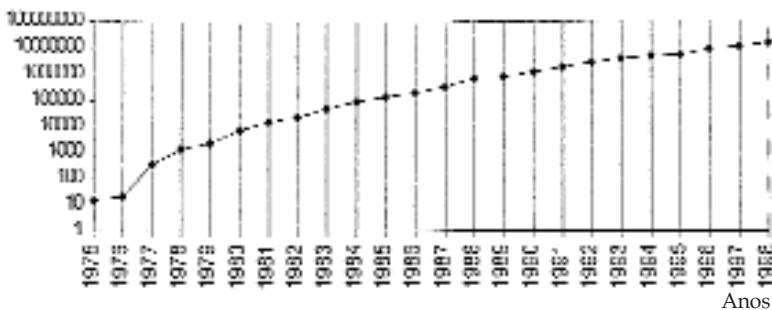
13 Se ben se asume que o primeiro computador persoal é o Altair 8800, considerar como tal un computador que carecía dos máis elementais periféricos é, cando menos, un exceso.

14 Recordo que nos últimos cursos da carreira os alumnos facíamos cola diante do único computador do que dispuñamos para realiza-las prácticas, precisamente unha versión avanzada do Apple II, tal como agora facemos para sacar diñeiro dun caixeiro automático ou, segundo conta meu pai, como se facía cando el era neno coa cartilla de racionamento na man.

que a capacidade destes se dobraría cada ano (en realidade isto vén ocorrendo cada ano e medio, aproximadamente). En boa medida, esta lei segue vixente (táboa II) e é previsible que se manteña ata que se alcancen os límites físicos en canto a integración de transistores mediante a tecnoloxía do silicio [Bohr, 1998]. En calquera caso, o principal valor non se encontra no soporte físico senón no soporte lóxico e, en maior medida, na información e o coñecemento. Como mostra, un botón: fixémonos na evolución da facturación experimentada por Microsoft desde a súa fundación, en 1975 (táboa III), ou o aínda máis explosivo incremento de valor de empresas que venden información, como Yahoo!, que pasou en moito menos tempo a 'valer' varios billóns de pesetas.

Permítanme que analice con algo de calma a evolución que experimentou na súa facturación Microsoft, e que amosa cómo basicamente se foi do-

brando cada dous anos. Este fenómeno, con certos matices, é semellante noutras empresas do sector. Se vostedes mo permiten, e o propio Bill Gates, cofundador e presidente de Microsoft, gustaríame denominala 'Lei de Barro', e non precisamente como agoiro dun futuro pouco prometedor para esa empresa. Fixémonos en que nesta ocasión non falamos de duplicar prestacións, senón o volume de negocio, que é algo ben distinto. En calquera caso, este fenómeno pode ter unha relación importante co que concreta a Lei de Moore. Ó se duplica-lo número de transistores nun circuíto integrado, duplícanse basicamente as súas prestacións. Este feito vai acompañado dun incremento das aplicacións ás que pode destinarse e da utilidade destas, pero, sobre todo, promove o 'axigantamento' dos programas xa existentes, que se van dotando de novas posibilidades, moitas delas, a dicir verdade, bastante estériles —mentres escribo para vostedes este



Táboa III. Evolución da facturación da empresa Microsoft.

(Fonte: <http://www.microsoft.com/MSCorp/Museum/timelines/microsoft/timeline.asp>).

artigo, por exemplo, estou utilizando o procesador de textos nun nivel que seguramente non alcanza o 5 % das súas opcións—. A utilidade derivada dunha tecnoloxía evoluciona en xeral de modo logarítmico en relación ó avance ou crecemento desa tecnoloxía, de tal xeito que se esta última medra exponencialmente, a primeira só o fará linealmente. Sen embargo, as empresas que achegan utilidade á tecnoloxía amáñanse para creceren exponencialmente, en xeral, creando e mantendo falsas necesidades en nós, os seus clientes.

4. ¿QUINTA XERACIÓN?

Se ben xa existiu un intento por dar paso á denominada ‘quinta xeración de computadores’, este non tivo éxito. Polo menos non na forma na que os xaponeses concibiron o que, sen dúbida, foi un dos seus máis ambiciosos ‘megaproxectos’ tecnolóxicos, comunmente denominado proxecto da máquina Prolog. Foi iniciado polo Ministerio de Comercio e Industria xaponés en 1982 e fixo énfase no uso intensivo da linguaxe de programación lóxica Prolog —desenvolvido por Alain Colmerauer, da Universidade de Marsella, unha década antes— e no

desenvolvemento de computadores especialmente adecuados para a execución de programas escritos na dita linguaxe. Tralo fracaso deste plan, no ano 1991 os xaponeses decidiron saltarse directamente a quinta xeración de computadores e dar paso á sexta, baseada nas redes neuronais artificiais. Non deixa de sorprendeme esta brusca transición entre dous paradigmas de computación tradicionalmente enfrontados, como son a computación lóxica (simbólica) e a computación neuronal (subsimbólica), tan allea ó usual eclecticismo e á formulación conciliadora dos orientais.

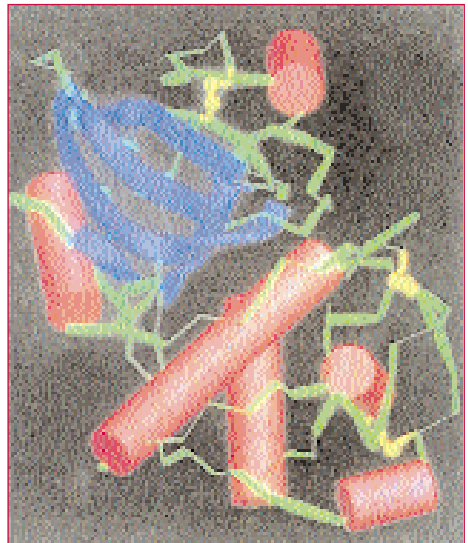
Por outra parte, hai quen considera que xa levamos algún tempo na quinta xeración, da man dos computadores masivamente paralelos; ou que se está entrando actualmente, co apoio das tecnoloxías das telecomunicacións, baixo o concepto da computación ubícu. Se os primeiros centros de cálculo se organizaban arredor dun ordenador de altas prestacións, con capacidade de atender as necesidades de múltiples usuarios conectados a el simultaneamente: ‘un computador para moitas persoas’, e despois vivímo-lo slogan das compañías líderes do sector informático, tanto de *hardware* como de *software*: ‘un computador en cada despacho ou mesa’¹⁵, actualmente estamos

¹⁵ Consequilo non foi unicamente mérito de IBM ou doutras empresas dedicadas a ofrecernos computadores cada vez máis potentes e baratos. Tamén contribuíu decisivamente a isto a facilidade coa que case calquera persoa pode utilizar estes ordenadores, mesmo sendo leiga en temas informáticos. As interfaces baseadas en iconas, que tantos beneficios deron a Bill Gates, son unha idea orixinal do centro de investigación en Palo Alto, Estados Unidos, pertencente á empresa Xerox Corporation. Steven Jobs, cofundador de Apple, visitou o centro a principios dos oitenta e tomou boa nota do computador Xerox Star, o seu rato, a súa pantalla gráfica e a interacción co usuario baseada en iconas. Sen dúbida esta visita tivo un claro reflexo no Macintosh.

asistindo ó imparable avance dunha forma de computación que ben podería atender ó lema de: ‘moitos computadores ó servizo de calquera persoa’. De calquera xeito, e se mo permiten, a min gustaríame reserva-la consideración de quinta xeración a un tipo de computadores que aínda está por chegar. Sen prexuízo de que vaian aparecendo novos avances no terreo do *hardware* que supoñan achegas, se non revolucionarias si significativas abondo como para merece-la dita consideración, penso que un avance cualitativo terá que vir da man do *software* e, máis concretamente, daquel que asociamos cunha rama das ciencias da computación coñecida co nome de Intelixencia Artificial.

O termo ‘Intelixencia Artificial’ foi acuñado en 1956 por John McCarthy, do MIT, no hemisferio da primeira xeración de computadores. Sen embargo, aínda non contribuíu dun xeito definitivo a introducirmos nesa quinta xeración que, como dixeran, ha apoiarse máis nos avances no *software* e non tanto no *hardware*. Raymond Kurzweil, presidente da Kurzweil Technologies Inc., asegura no seu libro *La era de las máquinas espirituales*, que cun PC de mil dólares do ano 2020 se alcanzará a capacidade do cerebro humano —aproximadamente 100.000 millóns de neuronas e 100 billóns de conexións—, e que no ano 2050 a súa potencia será equivalente a mil millóns de cerebros humanos. Sen embargo,

non é o mesmo potencia de cálculo ou de computación ca intelixencia. O supercomputador máis potente actualmente non será moito máis intelixente có máis simple dos ordenadores persoais, se ambos se programan, por exemplo, para a resolución de ecuacións diferenciais. En calquera caso, creo oportuno reproducir unha interesante reflexión de Vicente Campos¹⁶, cando sinala que o abismo que separa a expresión “o computador é un instrumento que serve para calcular” de “o computador calcula”, non é moi distinto do que hai entre “o garfo é un



A base para construír un ordenador seguindo o modelo do cerebro humano sería o *biochip*. Estes pola súa vez estarían construídos a base de moléculas de proteínas como a que aquí se pode ver nunha imaxe de ordenador.

16 “Tecnofilia y Tecnofobia”, *Anthropos*, núm. 164, 1995, páxs. 79-82.

instrumento que serve para comer” de “o garfo come”. O que o segundo desprazamento semántico pareza unha tontería e o primeiro non, non é máis que un sinal de que a transformación xa está en curso.

Os computadores de quinta xeración darán unha maior importancia ós seus ‘sentidos’, xa que dedicarán proporcionalmente cada vez máis recursos á entrada e saída de información do exterior e menos ó seu procesamento interno. En definitiva, o que estamos dicindo é que nos imiten un pouco máis na súa organización. Este proceso estase a dar de forma progresiva. Nos primeiros computadores, o proceso de introducir información era francamente laborioso e lento. Desde a utilización inicial de caravillas para a interconexión de circuítos específicos e as tarxetas perforadas, que apareceron poucos anos despois, as cousas foron mudando notablemente. Hoxe non nos conformamos con ter un teclado sofisticado, unha pantalla de moi alta resolución e capaz de reproducir millóns de cores, ou unha impresora veloz e silenciosa. A isto unimos unha plétora de novos dispositivos como o rato, o CD-ROM, a conexión a rede, o escáner, a cámara, o micrófono, os altofalantes, tarxetas de adquisición e xeración de sinais analóxicos, por non falar dos narices electrónicos ou os sintetizadores de olores, que aínda dan os seus primeiros pasos. Estes medios para percibi-lo contorno e actuar sobre el

requiren unha crecente capacidade de computación por parte dos computadores, que ven cómo se despraza a súa potencia de cálculo desde o seu núcleo á periferia. Segundo apunta Michael Dertouzos, director do Laboratory for Computer Science do MIT, nos anos setenta só o dez por cento das ordes do ordenador se referían a aparellos de entrada-saída, como pantallas, impresoras e teclados. A maioría das ordes dedicábanse a operacións que transformaban a información interna do ordenador. A mediados dos noventa, esa proporción subiu ó oitenta e cinco por cento¹⁷.

Eses computadores da quinta xeración deberán permitírnos dialogar con eles dunha forma case natural. Aínda que xa se levan dado algúns pasos firmes neste sentido, andamos lonxe de conseguilo. ¿Lembran o computador HAL 9000 da película *2001, odisea en el espacio*? Nese filme HAL guía a nave *Discovery* nunha misión secreta, mostrando unha autonomía de funcionamento sorprendente e interaccionando cos membros da tripulación en linguaxe natural, coma se fose un máis deles. ¿Podería hoxe en día construírse un ordenador capaz de emulalo HAL nas súas competencias? A resposta ten dous matices ben diferenciados, segundo nos centremos nunha perspectiva máis próxima á tecnoloxía dos computadores ou ó campo da intelixencia artificial. A tecnoloxía dos computadores xa permitiu construír

17 M. L. Dertouzos, *What Will Be: How the New World of Information Will Change Our Lives*, Nova York, HarperEdge Publishers, 1997.

computadores capaces de realizar billóns de operacións por segundo (Teraflops). Con todo, a intelixencia artificial, á que se lle atribuiría a responsabilidade de dota-la armazón de cálculo de HAL de capacidades propias dos seres intelixentes e, en última instancia, propias do ser humano, non logrou avanzar tanto. ¿Lograrémolo no século que acaba de nacer? Déixolle o privilexio de responder a quen no ano 2100 se dirixa a vostedes desde esta mesma revista.

5. ¿ONDE ESTAMOS?

Os beneficios e posibilidades dos computadores son tan evidentes que non creo que pague a pena insistir aquí neles. Pola contra, coído que nunca está de máis incidir nalgúns aspectos da súa cara menos agradable. A dependencia á que nos están sometendo, o seu compoñente inescrutable, o acento que poñen nos desequilibrios sociais ou o illamento que poden inducir en nós, son algúns dos trazos que definen esa cara con máis intensidade.

Superado xa o século XX, é momento de facer balances e un deles lévanos a tratar de concretar aqueles inventos que foron máis relevantes para a Humanidade. É certo que os avións, a televisión, a radio, os foguetes, que nos permitiron chegar á lúa, son inventos sen os cales o mundo non sería hoxe como é. Pero tamén é certo que a televisión e a radio se están dixitalizando, e chegar á lúa ou voar como

hoxe o facemos terían sido misións imposibles sen a participación dos computadores. Isto non nos permite dicir, por suposto, que o computador é o invento máis relevante, pero si que é un dos que, co tempo, e dun modo crecente, alcanzaron o status de imprescindibile. A sanidade, a industria, a investigación, as comunicacións, o ocio..., para qué seguir enumerando, practicamente todo aquilo no que podemos pensar, ten unha crecente dependencia dos computadores. Resulta un exercicio interesante —que lles recomendo que fagan nalgunha ocasión— pensar naquilo que non poderíamos facer ó longo dun día normal da nosa vida se non existisen os computadores. O computador co que estou escribindolles, os múltiples microcontroladores que incorpora o meu coche, calquera coche, o teléfono móbil, o caixeiro automático, o control da iluminación nas rúas e semáforos, a televisión, o equipo de música, a lavadora, a cámara de vídeo, as máquinas expendedoras, as dos aparcamentos, os surtidores de gasolina, estean trucados ou non, os xoguets dos meus fillos...

Á marxe dos erros intencionados e os virus informáticos, os erros ou defectos causados inconscientemente, tanto no soporte físico coma no soporte lóxico, son bombas latentes de repercusións impredecibles. O primeiro erro ou *bug* —traducible como 'becho'—, produciuse no computador Harward Mark II, e foi descuberto no ano 1945 por Grace Murray Hopper. A causa dun fallo nun relé foi un caruncho, tal

como recolle a documentación que se garda no Museo Nacional de Historia Americana, en Washington D. C. (figura 1). Recentemente asistimos a dous erros bastante máis serios. Un deles afectou o deseño do microprocesador Pentium e foi detectado por un usuario especialmente tenaz e competente, o que obrigou a Intel á substitución de miles deles xa incorporados nos computadores doutros tantos usuarios. Doutra índole foi o problema informático do ano 2000, derivado da incapacidade dalgúns computadores e programas informáticos para operaren adecuadamente cos días posteriores ó 31 de decembro de 1999. Neste caso tratouse máis dun problema de ‘caducidade’ de certos sistemas informáticos que dun verdadeiro erro de deseño. Se me permiten a ironía, supuxo o invento dos sistemas informáticos con data de caducidade. Estes defectos non son, nin moito menos, casos illados. Os erros informáticos, sobre todo nos programas ou *software*, son moi comúns, aínda que as súas repercusións non

alcancen nin de lonxe as que tivo o comentado problema do ano 2000 —limitándonos ó terreo estritamente económico, foi o erro máis custoso para a humanidade, sacando a Segunda Guerra Mundial—. A complexidade de moitos programas e o carácter crítico dalgunhas das aplicacións abordadas é tal que cada vez resulta máis difícil depuralos¹⁸. Sabemos que o sistema operativo Windows 98, por exemplo, foi parcheando os múltiples erros que se foron detectando despois de iniciada a súa comercialización. Estes erros poden ter gran transcendencia cando permiten que os sistemas sexan ‘violentados’ por usuarios non autorizados. O principal problema é que moitos destes fallos pasan desapercibidos ata que un cúmulo de circunstancias delata un mal funcionamento do sistema, o que pode resultar banal, se unicamente supón que a nosa tarxeta de débito quede retida nun caixeiro automático, ou fatal, se afecta o *software* de control e supervisión dunha central nuclear, por exemplo.



Figura 1. O primeiro caso real de *bug* ou erro informático, documentado dunha forma moi orixinal.

¹⁸ É máis, a limitación das máquinas de Turing para poder determinar de calquera programa se este terá fin ou continuará executándose indefinidamente, pode enunciarse tamén como a imposibilidade para dotar calquera das linguaxes de programación que utilizamos dun depurador de erros infalible.

Xa dixemos que en boa medida o microprocesador, e con el o ordenador persoal, deron lugar a un proceso imparable de globalización da computación, impulsado definitivamente polo fenómeno Internet. É certo, pero debemos ter moi presente que non é o mesmo globalizar que socializar. A separación entre as nacións ricas e as pobres, que comezara a estreitarse despois da Segunda Guerra Mundial, camiña en sentido inverso trala introducción masiva dos computadores, e dificilmente isto é unha simple coincidencia. Por suposto que a tecnoloxía é neutra e é o uso ou o abuso que se faga dela o que resultará ó cabo bo ou malo. Pero, coma case sempre, calquera novo punto de apoio serve para manexar máis eficazmente a panca coa que as clases medias (nós) manexan as clases baixas (os outros) en beneficio das clases altas (eles). Desafortunadamente, o computador non está sendo alleo a esta tendencia.

Permítanme comentarlles finalmente un recente artigo da revista *National Geographic*, na súa edición en español —Vol. 5, núm. 2, agosto de 1999—, que inclúe unha mirada a través dos tempos de tres cidades: Alexandría, no século I, Córdoba, no século X, e a Nova York actual. As ilustracións que recrean unha escena de cada unha delas reflicten o barullo cosmopolita dunha avenida de Alexandría, a aprendizaxe e a diversión que involucra dous nenos cordobeses e un

erudito da época e, finalmente, unha moza no seu apartamento de Nova York —un dos típicos baixos reacondicionados para vivenda—, que se conecta co mundo exterior a través do computador, o teléfono móbil, a televisión e a radio¹⁹. Non creo que sexa unha casualidade esta imaxe que se nos presenta. Se ben é certo que o discorrer da revolución industrial ou a vida nas cidades, entre outros factores, empu rráronnos a unha progresiva inmersión en nichos *vivendi* cada vez máis reducidos, o que sen dúbida acentuou notablemente a televisión, corrémo-lo risco de que o computador sexa a puntilla que acabe por transformar en virtual a nosa vida en sociedade e que as nosas conversas, discusións, paixóns, bicos, roces, emocións ou sentimentos, discorran unicamente polo fío de cobre ou a fibra óptica. O noso paso polo terceiro contorno, tal como o denomina Javier Echeverría²⁰, parece inevitable. Trátemos, ademais, de que sexa desexable. Para iso podemos segui-lo exemplo dunha importante empresa de pizzas; o mesmo ca no seu caso, “¡o secreto está na masa!”, pero, claro está, é outra masa: a nosa masa cerebral posta ó servizo do uso racional dos computadores.

Xa podemos dicir que os computadores son unha creación do século pasado. Sen embargo, a historia da computación non fixo máis que empezar. Se a presenza dos humanos sobre a Terra abrangue a penas unha hora

19 En <http://www.nationalgeographic.com/3cities> pode verse unha versión interactiva desa ilustración.

20 Javier Echeverría, *Telópolis*, Barcelona, Ediciones Destino, 1999.

dun hipotético ano no que puidesemos comprimi-la idade do universo, a dos computadores redúcese a unha décima de segundo. A computación cuántica ou a computación con ADN están aínda a abrollar e seguro que nos esperan avances que non pasan aínda, nin sequera fugazmente, pola cabeza de ningún científico da computación. Esperemos que nos permitamos a nós mesmos continuar algúns segundos máis este apaixonante e complexo 'xogo'.

BIBLIOGRAFÍA

Augarten, S., *Bit by Bit - An Illustrated History of Computers*, Nova York, Ticknor & Fields, 1984.

Kurzweil, R., *The age of intelligent machines*, Cambridge, Massachusetts (EUA), Massachusetts Institute of Technology, 1991 (edición en español: *La era de las máquinas inteligentes*, México, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, 1994).

— *The age of spiritual machines*, Viking Penguin, 1999 (edición en español: *La era de las máquinas espirituales*, Editorial Planeta, 1999).

Neumann, J. von, *The computer and the brain*, Yale University Press, 1958.

Strathern, Paul, *Turing y el ordenador*, Século XXI de España Editores, S. A., 1999.

ALGÚNS ENDEREZOS WEB DE INTERESE

“Charles Babbage Institute (CBI)”, centro de investigación da Universidade de Minnesota, EUA, dedicado a promover o estudo e preservación da historia da computación e o procesamento de información:

<http://www.cbi.umn.edu/>

Historia da computación, contada pola IEEE Computer Society:

<http://computer.org/history/>

Museo virtual de Microsoft:

<http://www.microsoft.com/MSCorp/Museum/timelines/microsoft/timeline.asp>

Computer Science Department, en Virginia Tech:

<http://ei.ces.vt.edu/~history/index.html>



ELECTRÓNICA: CIENCIA E TECNOLOXÍA

*Diego Cabello Ferrer**
*Carlos Gómez-Reino Carnota***
 Universidade de Santiago
 de Compostela

1. INTRODUCCIÓN

A Electrónica é unha rama da ciencia e a tecnoloxía bastante recente, que adquiriu entidade propia neste século e que continúa en constante e intensa evolución e interrelación con outras ciencias. Naceu como unha rama da Física e na súa orixe trataba de engloba-lo referente ás propiedades dos electróns libres no baleiro. Antes dos anos corenta, o termo 'electrónica' era utilizado case exclusivamente polos físicos, e con el referíanse ó electrón e as súas propiedades. Como tal rama, polo tanto, os seus antecedentes sitúanse a finais do século XIX, cando J. J. Thomson descubriu o electrón. Foi algo máis tarde cando se albiscaron as grandes vantaxes de controlar fluxos de electróns mediante os denominados dispositivos electrónicos, e produciuse entón un amplo e rápido desenvolvemento da Electrónica, tanto nos seus fundamentos coma nas súas aplicacións. Ó principio foron as fortes necesidades creadas xa por aquelas datas

nas comunicacións as que moveron este avance, seguindo pola radio, a instrumentación e os sistemas de control, a televisión e, máis recentemente, a denominada 'electrónica de consumo' e a informática.

Durante a primeira metade do século XX deuse un rápido desenvolvemento dos tubos de baleiro e dos circuitos nos que interveñen, o que de xeito natural motivou un importante avance na Teoría de Circuitos. Sen embargo, o grande pulo da Electrónica, responsable do nivel tecnolóxico actual, debeuse á substitución dos tubos de baleiro polos dispositivos semiconductores. Neste sentido, sinálase como fito histórico a invención do transistor, aínda que tamén o foi a introducción da tecnoloxía planar de silicio e o concepto de circuíto integrado.

Á vista destas consideracións, pode definirse a Electrónica dun modo xenérico como: "A rama da Ciencia e a Tecnoloxía que se ocupa do estudo das leis que rexen o tránsito controlado de cargas eléctricas en medios materiais e

* Catedrático de Electrónica.

** Catedrático de Óptica.

no baleiro, as propiedades nas que se basea, os dispositivos nos que ocorre e as aplicacións ás que dá lugar". Os seus contidos pódense agrupar pois en dous grandes apartados: Física de semicondutores e dispositivos electrónicos e circuítos e sistemas electrónicos. Como podemos inferir dos seus contidos, a Electrónica é unha área de coñecemento que participa das propiedades das 'ciencias do natural' (análise) e das 'ciencias do artificial' (síntese e tecnoloxía).

O perfeccionamento tecnolóxico necesario para obter dispositivos e circuítos con elevadas prestacións fixo que a Electrónica estendera lazos de dependencia a outras ramas da ciencia; un dos máis palpables é o que a liga coa ciencia dos materiais. Existen, con todo, outras relacións; por exemplo, o desenvolvemento recente das comunicacións ópticas propiciou que se intensifiquen esforzos no campo da Optoelectrónica, a través da cal a Electrónica se achegou á Óptica; noutro ámbito, a posibilidade de execución de microsistemas, que inclúen sensores e actuadores dentro do circuíto integrado, abriu posibilidades de aplicación e interrelación da Electrónica con outras parcelas, como por exemplo a Micromecánica. Non podemos esquecer as conexións entre a Electrónica e a Arquitectura de ordenadores ou coa Informática. Daquela, o deseño electrónico, no contexto das tecnoloxías modernas, é un campo multidisciplinar.

Os dispositivos electrónicos desenvólvense e modélanse como

resultado de estudia-las distintas propiedades dos materiais. O uso masivo destes dispositivos permite construír circuítos en moi alta escala de integración (VLSI) ou mesmo sistemas sobre un *chip* (SOC). A única forma de completa-lo deseño dun sistema complexo nun tempo razoable é mediante ordenadores para simular, optimizar e deseña-lo circuíto; xorde así o deseño asistido por ordenador (CAD). Coa conxunción destes catro compoñentes (materiais, dispositivos, circuítos e deseño asistido por ordenador) é posible aborda-lo reto de obter circuítos cada vez máis complexos.

A Electrónica naceu e desenvolveuse, polo tanto, cun marcado carácter aplicado, que é o que lle confiere a súa autonomía. En consecuencia, o interese desta área polo movemento das partículas cargadas está condicionado á aplicación do dito movemento nos dispositivos electrónicos, para a posterior aplicación destes nos circuítos electrónicos; así é, a través das súas utilidades, como a Electrónica cumpre hoxe en día un papel primordial. O seu efecto sobre o avance científico e o tecnolóxico foi e é importantísimo, e ela mesma saíu beneficiada, o que propiciou que, nun proceso rexenerativo, se dispararan expectativas e aplicacións en menos de cincuenta anos (investigación básica — desenvolvemento tecnolóxico — instrumentación — nova investigación e desenvolvemento...). Ademais, a través das súas aplicacións, a Electrónica introduciuse en tódolos sectores, non só científicos e

tecnolóxicos en sentido estricto, senón tamén nos industriais, médicos, mercantís e financeiros, artísticos e, cada vez máis, nos utensilios comúns que nos rodean.

Neste traballo pretendemos mostrarlos contidos da Electrónica analizando a súa evolución histórica a través dos descubrimentos dos dispositivos básicos. Unha análise paralela da evolución das súas aplicacións é prohibitiva por extensa e, ademais, as grandes aplicacións (control, proceso de datos, comunicación e instrumentación) permanecen. O que cambia é a tecnoloxía usada na súa realización.

Seguindo a S. Bracho (1999), nesta evolución histórica podemos distinguirlas seguintes etapas:

- Do electrón ó transistor; antecedentes históricos da Electrónica.
- Do transistor ó amplificador integrado; primeiras etapas da tecnoloxía de semicondutores.
- O microprocesador no deseño de sistemas dixitais.
- Integración VLSI. Circuitos dixitais, mixtos e microsistemas.

Vexamos brevemente os principais logros acadados en cada unha destas etapas. Posteriormente completaremos o traballo mostrando as conexións da Electrónica coa Optoelectrónica e comentando a evolución desta última.

2. DO ELECTRÓN Ó TRANSISTOR. ANTECEDENTES HISTÓRICOS DA ELECTRONICA

Como xa comentamos, os antecedentes da Electrónica sitúanse contra finais do século XIX. Podemos falar pois dunha etapa pre-electrónica que cobre os sucesos previos ó descubrimento das válvulas de baleiro (díodos e tríodos termoiónicos). Entre estes sucesos hai que considera-la obra de Maxwell, a xeración e detección de ondas electromagnéticas (Hertz), o desenvolvemento da radiotelegrafía (Lodge, Popou, Marconi), os raios catódicos (tubo de Geissler, 1860), o oscilógrafo (Braun, 1895), o descubrimento do electrón (Thomson, 1897) ou a formulación da teoría 'clásica' da conducción (Drude, 1900; Lorentz, 1905).

Sen embargo, é posible establecer que a Electrónica nace cos primeiros dispositivos que permiten o control por un campo eléctrico da conducción en válvulas de baleiro. Así, en 1905, A. Fleming descobre o díodo termoiónico, e en 1907 Lee de Forest, o tríodo. Ámbalas válvulas están baseadas na emisión termoiónica (Edison, 1883). O díodo nace buscando un detector de ondas. A introducción dun terceiro electrodo (gradicela metálica) entre ánodo e cátodo permitía o control da tensión catódica con outra moito menor aplicada na gradicela, de forma que a válvula amplificaba. Este fenómeno de amplificación de sinais eléctricos tivo gran transcendencia coa súa aplicación á transmisión de sinais

de radio, de rádar ou de TV, ou á amplificación de sinais de audio. A introducción de novas gradicelas levou ó tetrodo e ó pentodo. Apareceron tamén os tubos cheos de gas, entre os que destaca o tiratrón, que permitía a rectificación controlada.

Entre os circuítos máis notables desta época están os amplificadores operacionais, executados con tubos termoiónicos, que deron orixe ó cálculo analóxico e ós computadores analóxicos, hoxe extinguidos como tales.

Nesta época tódolos dispositivos electrónicos están baseados no movemento de electróns no baleiro ou en gases, baixo o control de campos eléctricos e magnéticos, e na xeración destes portadores mediante emisión termoiónica, fotoeléctrica ou secundaria. Podemos considerar que esta época dá cabo en 1948, coa invención do transistor. Emporiso, na actualidade aínda se seguen usando os tubos termoiónicos na amplificación de audio de altas prestacións.

3. DO TRANSISTOR Ó AMPLIFICADOR INTEGRADO. PRIMEIRAS ETAPAS DA TECNOLOXIA DE SEMICONDUCTORES

A verdadeira orixe da Electrónica, tal como a coñecemos actualmente, hai que situala na aparición dos dispositivos de estado sólido. A partir dese momento, os dispositivos electrónicos máis relevantes asentan na inxección e

o transporte controlado de electróns libres e ligados no interior de cristais semiconductores (Ge, Si, GaAs...) nos que hai heteroxeneidades controladas que permiten realiza-las mesmas funcións que antes cumprían as válvulas e outras novas non pensadas ata agora. Nace así a electrónica dos semiconductores, pasando a primeira liña a Física do estado sólido.

3.1 PRIMEROS DISPOSITIVOS SEMICONDUCTORES

O primeiro dispositivo semiconductor fabricado é o díodo de unión. O seu funcionamento baséase no feito de que a unión de dous semiconductores, un impurificado con impurezas de natureza aceptadora (semiconductor tipo P) e outro con impurezas doadoras (semiconductor de tipo N), xera unha barreira de potencial, V_{bi} , na zona da unión. Esta barreira pódese alterar mediante a aplicación dunha tensión exterior, aumentándoa ou diminuíndoa, o que fai que o dispositivo teña un comportamento asimétrico respecto da aparición dunha corrente, que dependerá da polaridade e valor da tensión aplicada. A figura 1 mostra un esquema da unión pn no que se distinguen as rexións neutras P e N, unha rexión desprovista de portadores libres (capa baleira) que se estende a ámbolos lados da unión metalúrxica ($x = 0$), o potencial de barreira asociado e cómo estes quedan afectados pola polarización aplicada: directa se V_A é positiva, e inversa se V_A é negativa.

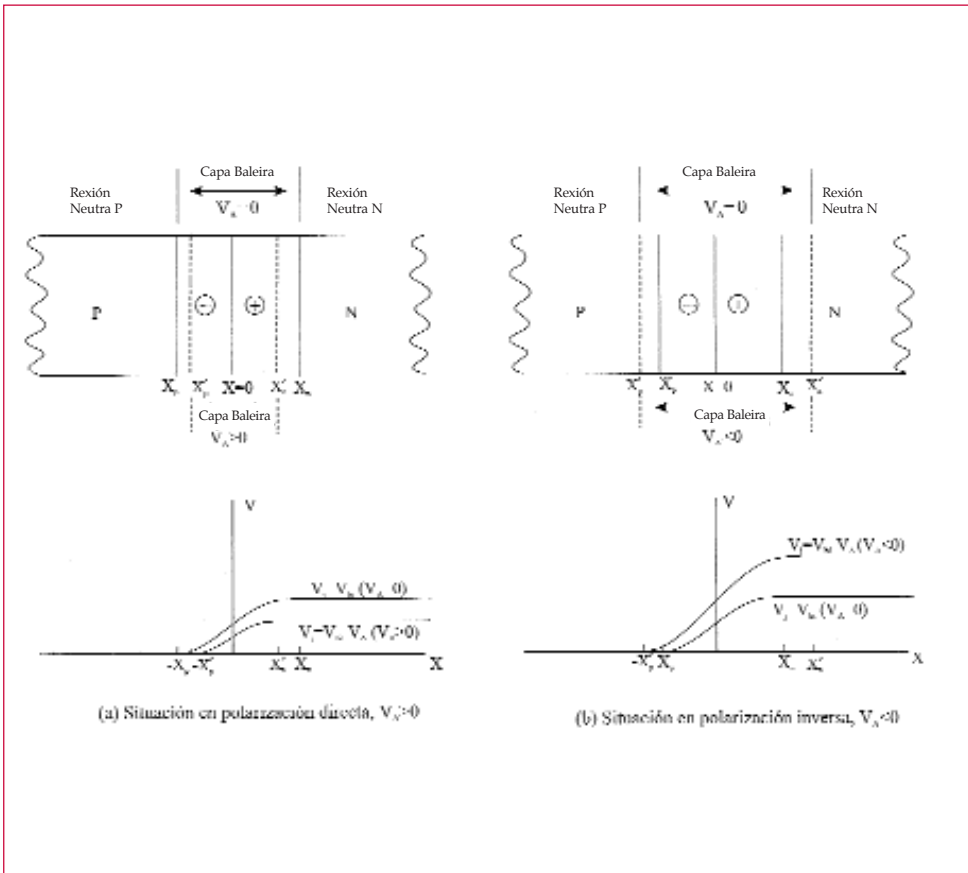


Figura 1. Esquema dunha unión PN en polarización directa e inversa e barreira de potencial xerada.

A teoría fundamental para a obtención das súas características tensión-corrente foi desenvolvida por Shockley en 1949 e posteriormente ampliada por outros autores. A figura 2 ilustra a forma da relación tensión-corrente nun díodo ideal; podemos observar que existen dous estados asociados ó tipo de polarización: nun deles —polarización directa—, o díodo actúa

practicamente como un cortocircuíto; no outro —polarización inversa—, actúa como un circuíto aberto. A corrente en polarización directa débese á inxección de portadores maioritarios nas zonas onde son minoritarios, que se difunden nela. En inversa dáse o fenómeno de extracción de portadores de onde son minoritarios. Por iso a corrente é moi pequena e negativa.

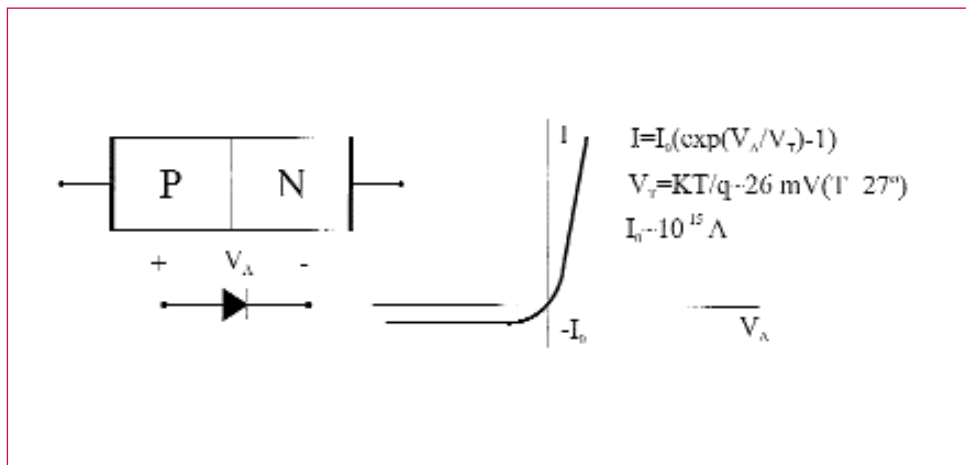


Figura 2. Diodo ideal: esquema, símbolo curva característica.

A importancia que ten a unión *pn* dentro da electrónica non é só polas súas aplicacións directas, senón tamén por se-la estrutura base no desenvolvemento doutros dispositivos. O descubrimento do transistor por un equipo de investigadores dos laboratorios de Bell Telephone ten un impacto sen precedentes na industria electrónica. O transistor nace como consecuencia da busca dun dispositivo de estado sólido que puidera substituí-lo tríodo termoiónico. Para iso fixéronse experimentos introducindo un semiconductor nun campo eléctrico, que fallaron debido á existencia de estados superficiais. Analizando estes estados, Barden e Bratain descubriron en 1947 o transistor de puntas de contacto. Pouco despois, en 1948, Shockley descobre o transistor bipolar de unión (BJT). Este está constituído por tres zonas semiconductoras impurificadas alternativamente

con impurezas doadoras e aceptadoras. Teremos polo tanto dous tipos de transistores, *pn*p e *np*n, tal como se ilustra na figura 3, na que recolleamos ademais o símbolo utilizado para a súa representación.

Podemos pensar no transistor *pn*p como en dúas unións *pn* moi próximas. Unha unión está constituída polo emisor e a base e a outra polas rexións de base e colector. A rexión de base é moi estreita, polo que a proximidade das unións fai que estas interaccionen entre si, o que dota o transistor da posibilidade de presentar ganancias de tensión ou de corrente.

O transistor bipolar posúe catro rexións de funcionamento, determinadas polas polaridades das tensións aplicadas a ámbalas unións. A zona máis común de funcionamento é a zona activa directa, que se corresponde

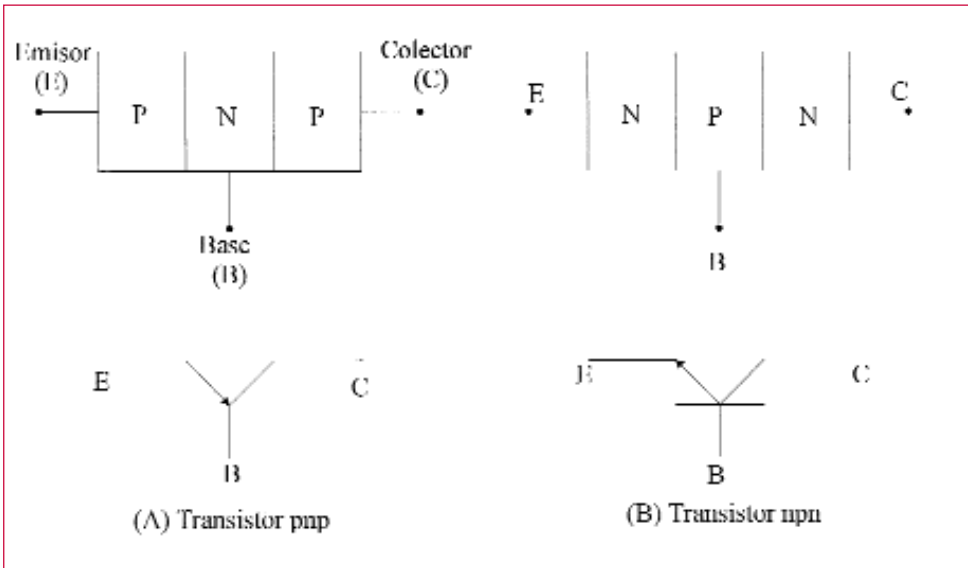


Figura 3. Transistores bipolares: estructura e símbolos.

cunha polarización directa da unión emisor-base e inversa da unión base-colector. As outras posibles combinacións de polarización conducen ás rexións de corte, saturación ou rexión activa inversa. Por outra parte, como o transistor é un dispositivo de tres terminais, ó ser estudado como elemento de circuíto, como tal cuadripolo, un dos terminais debe ser común á entrada e á saída, dando así lugar a tres configuracións básicas, que se denominan base común, emisor común e colector común, indicando estes nomes qué terminal é común á entrada e á saída.

A figura 4 amosa de forma cualitativa os fluxos de portadores existentes nun transistor bipolar $p^{+}np$ en rexión activa directa (p^{+} indica rexión

fortemente impurificada) sobre unha configuración de base común. Mediante este esquema podemos ilustralo efecto de ganancia en corrente.

O dispositivo $p^{+}np$ polarizado na rexión activa directa require que o emisor teña un potencial maior có da base, e o colector un potencial menor có desta. Con esta polarización, o emisor inxectará unha gran cantidade de ocos na base; algúns electróns serán inxectados desde a base cara ó emisor. O efecto combinado é a creación dunha corrente positiva de emisor que crecerá exponencialmente coa tensión V_{EB} . A unión base-colector está polarizada en inversa, polo que os fluxos de portadores estarán asociados á extracción de portadores de onde son minoritarios; é

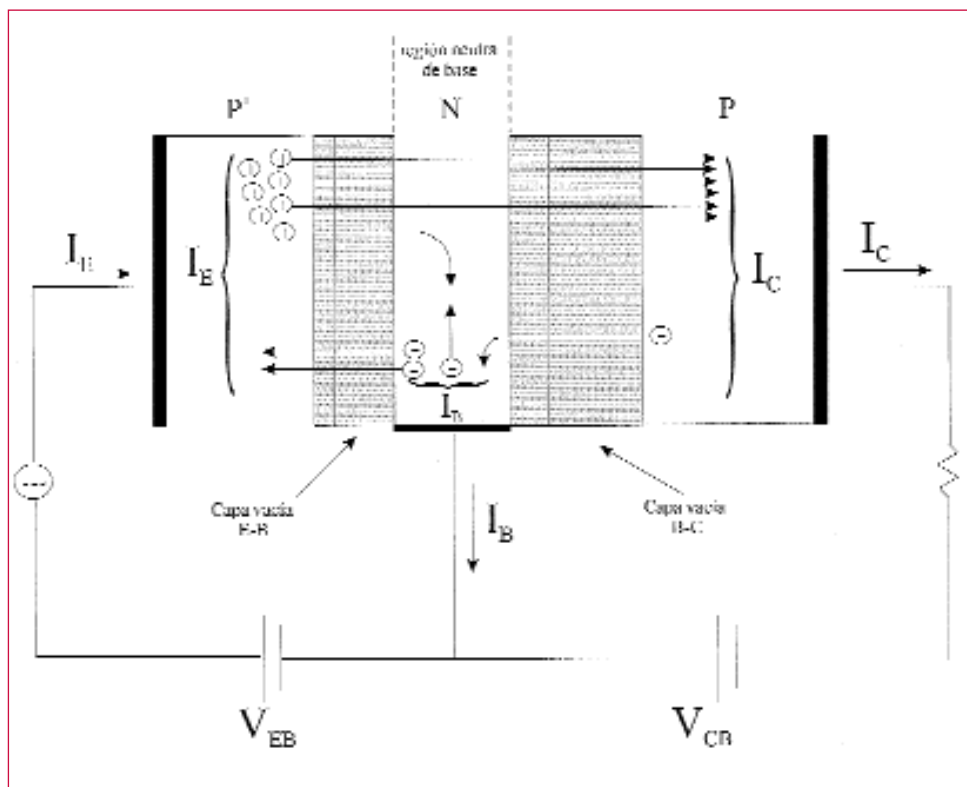


Figura 4. Flujo de portadores nun transistor bipolar (rexión activa directa).

dicir, electróns desde o colector e ocos desde a base. O primeiro destes fluxos é realmente pequeno; sen embargo, respecto do segundo, dada a estreiteza da rexión de base, os ocos inxectados desde o emisor difúndense nela sen a penas recombinación e son recollidos case na súa totalidade polo colector. Isto orixina unha corrente no colector que depende exponencialmente da tensión V_{EB} .

Os tres compoñentes que orixinan a corrente de base na rexión activa

débense á inxección de electróns cara ó emisor, como corresponde á unión p^+n polarizada en directa, á achega de electróns para a recombinación cos ocos na rexión neutra de base e á extracción de minoritarios desde o colector. Sen embargo, o valor da corrente asociada a estes fluxos de portadores é pequeno comparado coas correntes de emisor e de colector.

A posibilidade de obter unha gran ganancia en corrente para o dispositivo en emisor común débese ó feito de que

unha pequena corrente de base forza unha polarización directa da unión emisor-base, o que orixina unha grande inxección de ocos desde o emisor que son recollidos polo colector, dando lugar á aparición dunha corrente no colector moi superior á da base; aparece así unha ganancia en corrente $\beta = I_C/I_B$ elevada.

Os primeiros transistores bipolares aparecen no mercado en 1952. Pero non é ata 1954 cando Ebers-Moll e Giacoletto realizan dous traballos teóricos básicos para a comprensión do funcionamento do transistor bipolar. O primeiro deles formula as ecuacións

das características tensión-corrente en continua e o segundo chega o modelo híbrido para pequeno sinal, que representa o seu comportamento como elemento de circuíto. A figura 5 ilustra o modelo de Ebers-Moll; α_F e α_R representan ganancias en corrente en directa e inversa respectivamente. Nese mesmo ano, Kroemer propón modifica-lo transistor de unión introducindo un campo na base mediante a súa impurificación de forma gradual; xorde así o transistor de deriva. Aínda que o transistor bipolar está sendo desprazado nas aplicacións por outros dispositivos, encheu unha época moi

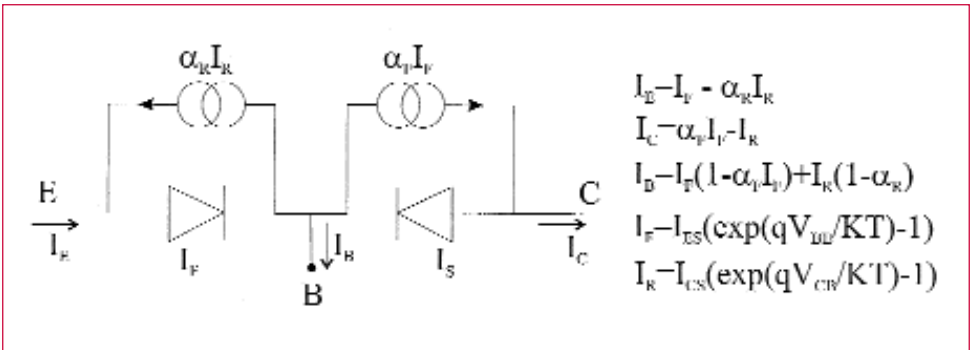


Figura 5. Modelo de Ebers-Moll do transistor bipolar.

importante da electrónica dos semicondutores.

En 1952, Shockley descobre o transistor de efecto campo de unión (JFET). Trátase dun dispositivo unipolar; é dicir, involucra un só tipo de portador nos seus procesos de transporte e o seu principio de funcionamento é o

control por un campo externo da conductividade dunha canle de carga móbil que enlaza dous electrodos coa polarización adecuada para facilita-lo transporte de portadores pola canle. No JFET, a canle créase mediante dúas unións *pn* polarizadas en sentido inverso. O uso do transistor JFET é moi

limitado na actualidade. Sen embargo, un transistor con funcionamento equivalente ó deste, o MESFET, proposto inicialmente por Mead en 1966, e executado sobre arseniuro de galio (GaAs) úsase frecuentemente en aplicacións de moi alta frecuencia. Neste tipo de transistor úsase unha unión metal-semiconductor para delimita-la anchura da canle.

Nos anos cincuenta desenvólvense tamén outros dispositivos. Así, en 1956 Moll propón estruturas de catro capas (*pnpn*), base dos dispositivos semicondutores para o control de potencia (tiristores e triacs). En 1958 aparece o díodo túnel, dispositivo tipicamente cuántico, e os díodos Zéner e de avalanche. Por outra parte, coa aparición ese mesmo ano do láser, refórzase unha nova rama da Electrónica: a Electrónica cuántica. En 1960, J. A. Hoerni describe un transistor planar no que tanto as rexións de base como de emisor se difunden a través de ventás abertas nunha capa de óxido (SiO_2) xerada na superficie do semiconductor. Desta forma, as rexións de base e emisor terminan na dita superficie. O contacto de colector tamén se pode realizar nela. É a orixe da tecnoloxía planar, que posteriormente permitirá producir unha gran cantidade de circuítos simultaneamente sobre unha oblea circular de silicio.

Na década dos sesenta danse tres importantes avances na Electrónica: pásase da tecnoloxía do xermanio á do silicio, desenvólvense os dispositivos

de efecto campo e nacen e desenvólvense os circuítos integrados.

3.2 O TRANSISTOR MOS

En 1960, Kahny e Atalla, dos laboratorios da Bell Telephone, propoñen a estrutura MOS (Metal-Oxido-Semiconductor) como realización dun novo tipo de transistor de efecto campo. A súa principal característica é ser un dispositivo superficial, no que os procesos relevantes ocorren na superficie do semiconductor, en contraposición cos BJT e JFET, baseados en fenómenos de volume. O efecto amplificador do novo transistor, o mesmo có do JFET, susténtase tamén no control da conductividade, neste caso superficial, que conecta os terminais de drenador e fonte mediante o campo eléctrico transversal creado polo potencial aplicado ó terminal de porta. Este terminal está illado electricamente da fonte e o drenador por unha capa de dióxido de Si.

Así e todo, mesmo estando a idea ben establecida, a obtención de transistores MOS fiables non foi posible ata que se coñeceron completamente as características da capa de óxido e da interfase óxido-semiconductor. Isto posibilitou introducir no proceso de fabricación distintos procesos de estabilización que minimizaron os efectos dos ións alcalinos ou das cargas fixas existentes no óxido, así como os dos estados superficiais.

En función da polaridade da canle podemos distinguir dous tipos de transistor MOS: de canle *n* e de canle *p*. A

figura 6 mostra a estrutura dun transistor de canle n de realce. Nela podemos observa-la existencia dunha canle de lonxitude L e anchura W que conecta os terminais de fonte (S) e drenador (D). Nesta estrutura de realce a canle créase mediante a aplicación dun potencial V_G ó electrodo de porta (G) superior a un determinado valor V_T coñecido como tensión limiar; esta depen-

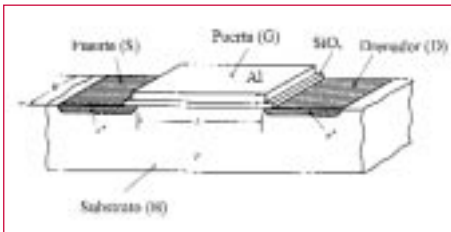


Figura 6. Estructura dun transistor MOS canle n de realce.

de das características da capa de óxido, do semiconductor e do potencial V_B aplicado ó electrodo de substrato (B).

A aplicación dun potencial axeitado ó terminal de drenador respecto do potencial de fonte orixina a aparición dun fluxo de electróns na canle, o que dará lugar a unha corrente de drenador. Nestes transistores distínguense tres rexións de funcionamento: corte, tríodo e saturación. A primeira delas ocorre cando a tensión de porta non alcanza o valor requirido para xerar canle. Na rexión tríodo existe xa unha canle que conecta a rexión de fonte coa de drenador. A rexión de saturación acádase cando esta canle se estrangula. A figura 7 ilustra esta situación.

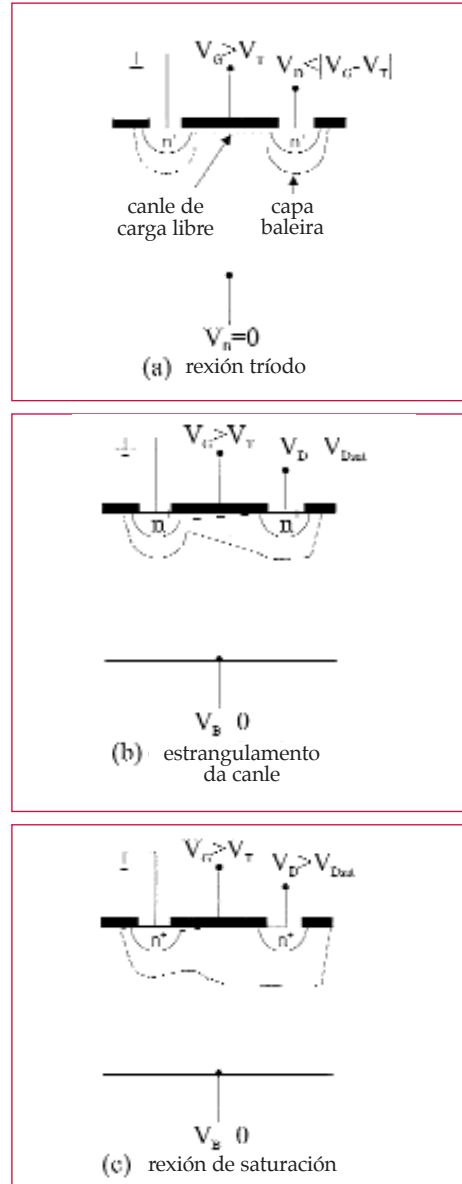


Figura 7. Transistores MOS operando en rexión tríodo (a), inicio da saturación (b) e rexión de saturación (c).

A corrente de drenador en cada situación de polarización dependerá da densidade de carga libre na canle, controlada tanto por V_D como por V_G e V_B . Distintas aproximacións para a estima-

ción da carga libre na canle conduciran a distintas expresións da corrente I_D . A máis sinxela de todas é a coñecida como lei do cadrado, que indicamos a continuación.

Tensións aplicadas	Estado do transistor	Corrente de drenador
$V_{GS} < V_T$	Rexión de corte	$I_D = 0$
$V_{GS} > V_T$ $V_{DS} < V_{DS,sat}$	Rexión triodo	$I_D = \mu_n C_{ox} \frac{W}{L} \left[(V_{GS} - V_T) V_{DS} - \frac{V_{DS}^2}{2} \right]$
$V_{GS} > V_T$ $V_{DS} > V_{DS,sat}$	Rexión de saturación	$I_D = \mu_n C_{ox} \frac{W}{L} (V_{GS} - V_T)^2$

A condición de saturación alcánzase cando $V_{DS} = V_{GS} - V_T$ sendo V_T

$$V_T = V_{T0} + \frac{\sqrt{2q\epsilon_s N_A}}{C_{ox}} (\sqrt{2\phi_f + \bar{V}_{ms}} - \sqrt{2\phi_f})$$

con V_{SB} a tensión de polarización do substrato, q a carga do electrón, ϵ_s a permitividade dieléctrica e V_{T0} , μ_n , C_{ox} , N_A e ϕ_f parámetros asociados á estrutura implementada.

3.3 OS PRIMEIROS CIRCUÍTO INTEGRADOS

As décadas dos sesenta e setenta caracterízanse polo desenvolvemento da tecnoloxía integrada, de maior alcance cá propia invención do transistor. Este substituíu as funcións de circuíto das válvulas, pero os circuíto integrados son a base dunha nova filosofía de deseño.

O concepto de circuíto integrado (CI), inventado independentemente por Tack Kilby en Texas Instruments e

por Robert Noyce en Fairchild Semiconductor, facía posible a fabricación de circuíto formados por gran cantidade de transistores, coas súas resistencias e condensadores asociados, nun único substrato. Esta tecnoloxía foi producindo circuíto e sistemas electrónicos cada vez máis complexos sobre un monocristal de silicio. Os elementos discretos (transistores, díodos, resistencias e condensadores) substitúense por áreas funcionais equivalentes. Estas áreas amplificadoras, rectificadoras, resistivas ou almacenadoras de carga conéctanse directa e inseparablemente e permiten obter sobre o cristal ou óxido substrato a realización do circuíto discreto equivalente. O éxito comercial destes circuíto débese á posibilidade de automatiza-lo proceso de produción.

Podemos clasifica-los circuíto integrados segundo o campo de aplicación (dixitais ou analóxicos), a tecnoloxía soporte (bipolar, MOS ou

CMOS) e o grao de integración: pequena (SSI, 100 dispositivos por *chip*), mediana (MSI, 1000 dispositivos), grande escala (LSI, 10.000 dispositivos) ou escala moi grande (VLSI, máis de 100.000 dispositivos)

A forma repetitiva e o carácter binario dos circuítos lóxicos fíxoos especialmente cómodos á tecnoloxía integrada. Así, nesta década van aparecendo as primeiras series de familias lóxicas bipolares (Lóxica Transistor Transistor, TTL; Lóxica de Emisores acoplados, ECL), MOS e CMOS. Trátase dunha serie de circuítos dixitais que responden a unha escala de integración pequena ou mediana. Desde entón fóronse introducindo variantes e melloras encamiñadas a aumenta-la velocidade de funcionamento e diminuí-lo consumo. Por outra parte, os circuítos analóxicos son máis complexos e o primeiro que alcanzou perfección comparable ós dixitais foi o amplificador operacional. A introducción por Fairchild Semiconductor do circuíto μ A741 a moi baixo custo popularizou a utilización deste tipo de compoñentes analóxicos.

Unha constante na evolución da tecnoloxía integrada son os avances na miniaturización, fiabilidade, velocidade de operación e redución de custo dos circuítos integrados. Unha calculadora dixital realizada en 1965 con tecnoloxía bipolar necesitaba 150 CI con 100 compoñentes cada un. En 1969, a mesma calculadora realizábase con 4 CI en tecnoloxía MOS e en 1971 cun só CI, tecnoloxía MOS tamén. Iníciase así

a etapa de integración en grande escala, que produce sobre un monocristal subsistemas electrónicos con miles de compoñentes. As primeiras realizacións desta etapa foron os rexistros de desprazamento de 1000 bits e as memorias MOS. A tecnoloxía dominante na integración a grande escala é a CMOS.

4. O MICROPROCESADOR NO DESEÑO DE SISTEMAS DIXITAIS

Un expoñente da integración a grande escala (LSI) é o microprocesador. A súa aparición en 1971 supón un novo fito na historia dos circuítos integrados. Trátase do circuíto I4004 de Intel, que implementa a unidade central dun procesador. Este circuíto posuía un bus interno de só 4 bits. Pouco despois apareceron os microprocesadores de 8 bits, entre os que podemos destaca-lo I8080 ou o M6800 de Motorola, e que podemos considerar como a primeira xeración de microprocesadores.

Un microprocesador non é máis que a unidade central de procesamento (CPU) dun ordenador. Por conseguinte, para poder implementar un sistema baseado en microprocesadores hai que incluír toda outra serie de elementos, tales como as memorias, RAM e ROM, ou os adaptadores de periféricos, síncronos ou asíncronos. A construción dun sistema microprocesador implica pois a conexión de 6 ou máis CI complexos. Sen embargo, unha gran

novidade que achegan os microprocesadores é a programación, o que implica dispoñer do *software* necesario para o desenvolvemento de aplicacións: linguaxes ensamblador, compiladores, etc. Xorden así os sistemas de desenvolvemento.

A aparición dos microprocesadores orixina unha grande evolución do deseño electrónico dixital. O avance das tecnoloxías e das capacidades de integración permite integrar parte dos periféricos no CI principal, incrementando o tamaño do bus, a frecuencia de operación, etc. Este desenvolvemento leva á sucesiva aparición de seguintes xeracións de microprocesadores, cada vez máis evolucionados. Cabería citar aquí como exemplos que marcan un fito no desenvolvemento o 68000 de Motorola, o 80386 de Intel. Os microprocesadores continúan en evolución permanente e proba disto é a posibilidade de obter ordenadores persoais cada vez máis potentes.

5. INTEGRACIÓN VLSI. CIRCUÍTOS DIXITAIS, MIXTOS E MICROSISTEMAS

Inicialmente o deseño dos circuitos integrados realizábase no ámbito da industria dos semicondutores; fabricábanse en grandes cantidades e vendíanse como produtos estándar. Sen embargo, a aparición das técnicas de deseño con bloques funcionais e as ferramentas CAD introducen un cambio importante, facilitando o deseño de circuitos de aplicacións específicas (das

súas iniciais en inglés, ASIC) por persoas alleas a esa industria. Un feito importante que hai que considerar é a publicación en 1980 por parte de Mead e Conway do libro titulado *Introduction to VLSI systems*, que introduciu no ámbito académico universitario o deseño de CI.

Un aspecto no deseño dos CI é o seu custe económico. Nos de produción estándar, o custo do desenvolvemento do *chip* é elevado, pero compénsase coa produción de grandes cantidades, o que abarata o produto final. No caso dos ASIC, o custo é un aspecto importante debido ó número relativamente pequeno de unidades que se producen. Polo tanto, os ASIC só se volven económicos cando se reducen os gastos de desenvolvemento mediante a introducción de novos métodos de deseño e o uso de ferramentas CAD. Por outra parte, para facilitar que institucións con orzamentos moi elevados, tales como as universidades, poidan acceder ó deseño de CI, xorde o concepto de *Multi-Project Chip*, que permite integrar deseños de distintas institucións nunha mesma oblea. Pódense realizar así circuitos en cantidades moi reducidas, facendo posible o acceso ó Si por parte das universidades a un custo reducido. Tamén é importante a contribución do proxecto EUROCHIP, lanzado polo Terceiro Programa Marco da Comunidade Europea en 1989, pois permite que as universidades dispoñan dun conxunto de ferramentas de deseño e simulación a moi baixo custo.

Á hora de deseñar circuítos que resolvan tarefas complexas aparecen distintas opcións: pódese elixir o uso de dispositivos lóxicos programables (PLD), que son circuítos de produción estándar programables polo usuario, tales como os *arrays* de portas programables (PLA) ou as redes de portas programables por campo (FPGA) introducidas na década dos noventa, ou ben optar por solucións ASIC.

A posibilidade de implementar ASIC nun espacio curto de tempo débese ó uso dunha metodoloxía de deseño xerárquica, que inclúe distintos pasos que abranguen desde as especificacións funcionais ata o produto final. Para a súa execución, o deseñador dispón de bloques funcionais, que non son máis que un conxunto de celas básicas que constitúen elementos de circuítos de uso común: portas lóxicas, biestables ou bloques máis complexos, a partir dos cales é posible construír tódalas funcións dixitais. Os datos das celas predeseñadas están contidas nunha librería de celas que inclúe o sistema CAD. Este contorno de traballo facilita a tarefa de conecta-las celas para implementa-lo circuítos, simular para comprobar se se cumpren as especificacións de deseño, determina-la súa disposición sobre o plano do chip (*layout*) e xera-lo ficheiro que conterá os datos que describen o circuítos e que se debe enviar á fundición para obter finalmente o chip.

Tamén é posible aborda-lo deseño do ASIC con elementos simples, o que proporcionará deseños máis optimiza-

dos á custa dun maior esforzo e tempo. Neste caso o fabricante de semicondutores proporciona os parámetros eléctricos e as regras de deseño para a disposición dos compoñentes correspondentes ó proceso tecnolóxico usado. Temos que sinalar aquí a importancia que a simulación a nivel de circuítos ten en todos estes procesos e que proporciona o programa SPICE. Este empezouse a desenvolver no ano 1971 na Universidade de Berkeley, e foron aparecendo sucesivamente versións melloradas. Por outra parte, no deseño de ASIC é de crucial importancia a fase de test, que debe ser incluída xa na propia fase de deseño. Tamén constitúe unha axuda importante o uso de sistemas de síntese automática.

Ó longo de todos estes anos foise incrementando a complexidade dos circuítos integrados, tanto pola redución do tamaño dos transistores individuais como polo aumento do tamaño máximo de chip que se pode fabricar de forma económica. Xa en 1964, G. Moore —que máis tarde se converteu nun dos fundadores da empresa Intel Corporation— prediciu un incremento logarítmico anual da complexidade; este continuou desde entón, aínda que cunha pendente menos pronunciada que nos primeiros anos. Así, os transistores MOS pasaron de ter lonxitudes de canle de decenas de micras a lonxitudes inferiores á micra (existen actualmente tecnoloxías comerciais de 0.25 micras), ou a área de chip, que foi aumentando desde tamaños de 1 mm² a dimensións que se aproximan a varios cm². A evolución tamén foi

constante no relativo á frecuencia de traballo e á diminución da potencia disipada, cunha redución paulatina nas tensións de alimentación. Este ritmo de crecemento tamén se prevé para o futuro. Segundo unha táboa titulada *SIA roadmap*, publicada en 1994 pola Asociación de Fabricantes de Semicondutores (SIA) nos Estados Unidos e revisada en 1997, que marca a evolución prevista da industria ata o ano 2012, espérase obter un circuíto integrado en ultra alta escala de integración (ULSI) de cen millóns de transistores no ano 2003.

O ritmo de crecemento tecnolóxico permite que na actualidade se poidan integrar sobre un mesmo substrato circuítos e compoñentess ben distintos. Este é o caso dos circuítos mixtos analóxicos e dixitais, que inclúen dentro dun mesmo substrato unha aplicación completa, con parte analóxica e dixital. Isto orixinou un renacemento do deseño analóxico, limitado nos anos oitenta ó deseño de amplificadores operacionais, filtros e conversores A/D e D/A, fundamentalmente sobre tecnoloxías nMOS e CMOS. Como consecuencia destes avances aparecen novas técnicas de deseño (circuítos de capacidade conmutada, deseños en modo corrente, etc.) de grande importancia no trazado da parte analóxica dos circuítos mixtos. Nesta categoría de circuítos mixtos hai que incluír tamén os microsistemas, que conteñen no mesmo substrato sensores e actuadores, que poden ser térmicos, ópticos, mecánicos, etc., e constitúen o que se denomina un sistema completo no *chip*.

Como puidemos observar nestas liñas, unha constante na evolución da electrónica é a implementación de circuítos cada vez máis complexos mediante o desenvolvemento de novas tecnoloxías que permiten unha maior miniaturización dos dispositivos. Os logros acadados fixeron que a electrónica se introducira en tódolos sectores da actividade humana, creando ó seu redor unha das industrias máis importantes do mundo. Esta evolución seguirá nun futuro. A aparición das nanotecnoloxías e a conmutación molecular xeran novos retos.

6. OPTOELECTRÓNICA

Da mesma forma que a invención do transistor, a finais da década dos anos corenta, marcou o inicio da era da Electrónica, o desenvolvemento case simultáneo, nos anos sesenta, da fibra óptica e do láser de semicondutores iniciou a era da Fotónica. Dentro deste contexto, a Optoelectrónica podería definirse como a conxunción da Electrónica e da Fotónica, baseada na manipulación de electróns e fotóns, para a súa aplicación a distintos sectores da produción a través da enxeñería. Isto converteuna nun elemento de capital importancia no desenvolvemento tecnolóxico da sociedade de hoxe en día.

A Optoelectrónica é, pois, un dominio aplicado que asenta sobre o coñecemento xerado e establecido nas ciencias básicas e que pon a énfase nos dispositivos que incorporan interfaces

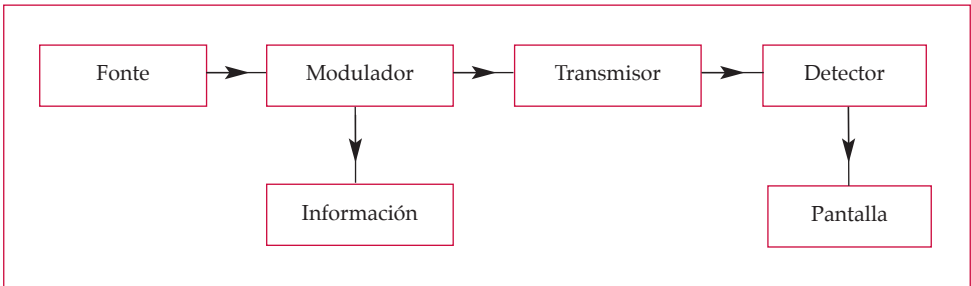


Figura 8. Diagrama de bloques dun sistema optoelectrónico.

para a conversión de sinais eléctricos en ópticas e viceversa, e nos sistemas que conforman estes dispositivos.

A figura 8 amosa os dispositivos que integran un sistema optoelectrónico típico. A fonte é o xerador de luz que serve como onda portadora de información e a súa función fundamental é converter enerxía eléctrica en luz cunha eficiencia abonda que nos permita axustala ó transmisor. Os díodos emisores de luz (LED) e os láseres de semicondutores (LDs) son as fontes utilizadas nun sistema optoelectrónico. Un LED é unha unión p-n con polarización directa, que inxecta portadores nunha zona activa arredor da unión, producíndose luz por emisión espontánea debido á recombinación dos electróns da banda de condución cos ocos da banda de valencia. Un LD é un LED cunha cavidade óptica que produce realimentación e xera emisión estimulada de radiación nunha banda espectral máis estreita cá da luz emitida por un díodo. Os moduladores son dispositivos rápidos que operan a escala de tempos de micro a nanosegundos, por medio dos cales se rexistra a informa-

ción na luz por modificación analóxica ou dixital dalgunha das súas características: amplitude, fase, polarización, frecuencia, etc. A modulación obtense por aplicación externa de campos eléctricos, magnéticos ou ondas acústicas que afectan as propiedades físicas do medio a través do cal se propaga a luz. A gran vantaxe dos moduladores é o seu reducido tamaño e a súa capacidade para seren integrados monoliticamente coas fontes de luz nun sistema optoelectrónico.

A onda portadora de información propágase ó longo dunha canle de transmisión que é a fibra óptica. Esta é un medio confinador de luz cunha estrutura de índice de refracción que pode ser de escalón (homoxénea) ou de gradiente de índice (inhomoxénea) e permite, segundo sexa o diámetro da fibra, a existencia dun ou máis posibles modos de propagación. O material principal utilizado na fabricación de fibras ópticas, para transmisión de información, é sílice puro ou dopado; tamén se fabrican fibras ópticas de vidros multicomponentes ou de sílice/silicona. O uso de fibras monomo-

do ou multimodo depende das prestacións do sistema. Nunha fibra monomodo, que ten a característica esencial de que se propaga un modo, non existe dispersión intermodal e isto ten importancia considerable na transmisión de información a longa distancia.

Despois da viaxe (que pode ser longa) da portadora óptica a través da canle de transmisión, a información ha ser detectada e transducida do dominio fotónico ó eléctrico. Disto dedúcese que, independentemente da tecnoloxía en que se basee o sistema, ó final, sempre se xera a necesidade de detectalo sinal óptico e tratar, convenientemente, o sinal eléctrico resultante. É dicir, necesítanse dispositivos optoelectrónicos coñecidos como fotodetectores. Estes dispositivos están compostos por materiais fotoconducivos (díodos pn, pin ou de avalancha/APD) que teñen por misión converte-lo sinal fotónico en eléctrico, con tempos de resposta entre micro e picosegundos. Así, mediante unha polarización inversa do material fotoconducivo, os electróns liberados pola absorción de fotóns xeran unha corrente eléctrica proporcional á potencia óptica detectada. A importancia do fotodetector é obvia xa que determina cómo o sistema realiza a súa tarefa, establecendo o nexo de unión co mundo exterior a través da pantalla, interface entre maquina e ser humano. A interacción maquina/pantalla é adoito electrónica, mentres que a interacción pantalla/humano é visual (figura 9), por iso esta ha reunir características de lexibilidade para unha lec-

tura rápida e precisa dos datos, brillo adecuado para unha boa percepción visual e alto contraste para unha optimización da agudeza visual.

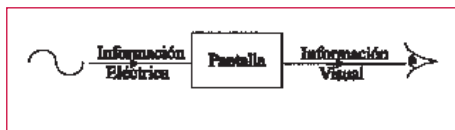


Figura 9. Interacción sistema/observador.

Por outra parte, o progreso da Optoelectrónica vai unido inexorablemente á investigación sobre novos materiais, que se desenvolve en física do estado sólido e que fixo posible novas formas de xeración, modulación, transmisión e detección de luz. En particular, a Optoelectrónica creceu rapidamente, a partir da década dos sesenta e principios dos setenta, co desenvolvemento da fibra óptica de cuarzo de baixo custo, seguido polo láser de semiconductores de dobre heteroestructura que facilitaba a emisión de luz a temperatura ambiente. Estes primeiros avances, xunta outros posteriores, como os láseres de cavidade vertical, as fibras ópticas dopadas con terras raras, os *arrays* de fotodíodos e as pantallas activas de semiconductores, por sinalar algúns exemplos, levaron a unha intensa e fructífera actividade en I+D sobre as aplicacións da Optoelectrónica. Entre elas, podemos cita-los sensores ópticos que permiten medir unha ampla gama de magnitudes físicas e químicas para medio ambiente e procesos de control, as comunicacións de banda ancha para longa distancia, o procesado de información para

computación óptica ou os discos compactos para memorias ópticas.

A outro nivel, e para rematar, un dos métodos máis efectivos para coñecerlo estado dun determinado campo da tecnoloxía, así como para prever cales van se-los camiños que percorra no futuro, consiste en establece-la evolución do seu mercado de vendas. Neste sentido, o mercado da Optoelectrónica acadou aproximadamente 50 billóns de dólares USA en 1994 e prevese que ascenda a 200 billóns dentro de dez anos. Se a estes datos agregamos que, por exemplo, o mercado mundial de vendas de cable de fibra óptica foi de 5.7 billóns de dólares en 1994, que supuxo 6 millóns de quilómetros de cable terrestre e submariño instalado, que chegou a 14.5 billóns en 1999 (12 millóns de quilómetros de cable instalado) e que en 1995 se venderon máis de 50 millóns de láseres de semicondutores, podemos facernos unha idea da importancia que ten a Optoelectrónica no mercado de vendas de produtos tecnolóxicos. Para o futuro, e como mostra, baste dicir que en Xapón se estimou que para o ano 2010 a Optoelectrónica representará o 20 % do seu PIB.

BIBLIOGRAFÍA

- Baker, R. J., e outros, *CMOS: Circuit Design, Layout and Simulation*, IEEE Press, 1998.
- Bardeen, J., e W. H. Bratain, "The Transistor, a Semiconductor Triode", *Phys. Rev.*, 74, 230, 1948.
- Bracho, S., *La Ingeniería Microelectrónica ante el cambio del Milenio*, Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cantabria, 1999.
- Desmond Smith, S., *Optoelectronic Devices*, Nova York, Prentice-Hall, 1995.
- Gray, P. R., e outros, *Analog MOS integrated Circuits*, Nova York, IEEE Press, 1980.
- Gray, P. R., e R. G. Meyer, *Analysis and design of Analog Integrated Circuits*, Nova York, John Wiley and Sons, 1977. (Terceira edición en 1993).
- Grebene, A. B., *Bipolar and MOS Analog Integrated Circuits Designs*, Nova York, John Wiley and Sons, 1984.
- Hodges, D. A., e Jackson, *Analysis and Design of Digital Integrated Circuits*, Nova York, McGraw-Hill, 1983.
- Ismail, M., e T. Fiez, *Analog VLSI. Signal and Information Processing*, Nova York, McGraw-Hill, 1994.
- Iway, H., "CMOS Technology-Year 2010 and Beyon", *IEEE Journal of solid state circuits*, vol. 34, 3, 1999, 357-366.
- Mead, C., e C. A. Conway, *Introduction to VLSI systems*, Addison Wesley, 1980.
- Moore, G. E., "Microprocessor and integrated electronic technology",

- Proceedings of the IEEE*, vol. 64, 6, 1976, 837-841.
- Naish, P., e P. Bishop, *Designing ASICs*, Ellis Horwood, 1988.
- Nicollian, F. H., e J. R. Brews, *MOS Physics and Technology*, Nova York, John Wiley and Sons, 1982.
- Proceedings of the IEEE. Special Issue: 50th Anniversary of the Transistor*, vol. 86, 1, xaneiro, 1998.
- Proceedings of the IEEE. Special Issue: Integrated Sensors, Microactuators & Microsystems*, vol. 86, 8, agosto, 1998.
- Shockley, W., "The theory of p - n Junctions in Semiconductors and p - n Junctions Transistors", *Bell. Syst. Tech. J.*, 28, 435, 1949.
- Tsividis, Y. P., *Operation and Modelling of the MOS transistor*, Nova York, McGraw-Hill, 1987.
- Uiga, E., *Optoelectronics*, Nova York, Prentice-Hall, 1995.
- Wood, D., *Optoelectronic Semiconductor Devices*, Nova York, Prentice-Hall, 1994.



A BIOTECNOLOXÍA NO SÉCULO XX: ¿O INICIO DUNHA REVOLUCIÓN?

Tomás G. Villa*

Juan M. Lema Rodicio**

Universidade de Santiago
de Compostela

BIO + TECNOLOXÍA. UN PERCORRIDO HISTÓRICO

Acostúmase considerar a Noé, que descubriu por manipulación das uvas o proceso de fermentación alcohólica, como o precursor da utilización práctica polo home de procesos microbianos. Desde entón, a Humanidade utiliza un número de procesos 'naturais', especialmente orientados á produción de alimentos: pan, viño, cerveja...

Para isto tiveron que se desenvolver técnicas sinxelas de produción con deseños baseados na experiencia e a observación como, por exemplo, a fabricación de pan, que require cumprir unha serie de etapas, non evidentes a primeira vista. Noutros casos máis complexos, a posta a punto dalgúns sistemas utilizados tradicionalmente supuxo unhas boas doses de enxeño ("enxeñarizando procesos naturais") como por exemplo o proceso de obtención do *aceto balsámico* de Módena,

Italia, onde se dispón dunha batería de 'biorreactores' operando en semicontínuo, con tempos de residencia de ata ¡cen anos!

'Biotecnoloxía', termo acuñado nos anos vinte polo enxeñeiro húngaro Karl Ereky, é un paradigma da filosofía productiva que dominou a Humanidade no século que concluíu e que pola súa vez herdara, en termos de forza de desenvolvemento, da Revolución Industrial, isto é, "máis, mellor e máis barato". Desde logo non é previsible que, cando acuñou a palabra, estivese Ereky predicindo o futuro porque, entre outras cousas, naqueles anos descoñecíanse as endonucleasas de restricción, acababan de descubrirse os bacteriófagos por Twort e D'Herelle e a *Escherichia coli* (a bacteria hóspede da maioría das manipulacións xenéticas) era case aínda *Bacterium coli mutabile*.

Emporiso, o certo é que a fusión de ámbalas palabras, 'bio' e 'tecnoloxía', representou un enorme revulsivo no último cuarto do século XX, cando

* Catedrático de Microbioloxía.

** Catedrático de Enxeñaría Química.

parecía que a sociedade andaba algo desleixada polo síndrome post conquista da lúa.

Non se podería comprende-lo rápido desenvolvemento da Biotecnoloxía sen mencionar algúns aspectos da ciencia e a tecnoloxía, dos seus conceptos, desvelos e metamorfoses —nunca mellor dito— seculares. O século XVI caracterizouse por un intento de romper con moldes que arrastraba, desde tempos ancestrais, a daquela incipiente Ciencia. Sobresae neste sentido Aureolus Philippus Theophastrus Bombastrus von Hemheim (1493-1541) —aínda que el mesmo se chamaba Paracelso, como desprezo á figura do galeno romano Celso— por ser unha fonte inesgotable de teorías, pero, iso si, con aspectos rabelaisianos. Como traballara en Basilea, estaba influenciado polo Humanismo que alí florecera mesmo antes da Reforma e que se traduciu en aplicación práctica das súas ideas, como foi a loita contra a enfermidade; así, por exemplo, utilizou o metal alquímico máis poderoso, o mercurio, para o tratamento da sífilis, servindo polo tanto de ponte de unión entre a vella alquimia e os novos conceptos de quimioterapia e iatroquímica, espírito que en definitiva herdou tamén a moderna Biotecnoloxía e sen dúbida ocupará unha área moi importante na centuria que principia.

O século XVIII caracterizouse por un racionalismo sen concesións e pensábase que todo o que existía se debía a estruturas matemáticas definidas. Non é de estrañar, logo, que as ciencias

precursoras da Biotecnoloxía, en definitiva empíricas, non tivesen a aceptación que os séculos XIX e XX lles recoñeceu. Debemos toma-la viaxe de cinco anos que comezou Charles Darwin o 27 de decembro de 1831 a bordo do *Beagle* e que o trouxo de regreso a Inglaterra “co convencemento de que as especies biolóxicas non eran inmutables”, como algo premonitorio que engarza co sentimento de evolución acelerada que a Biotecnoloxía —mediada pola manipulación xenética— pode estar conculcando ós seres vivos do planeta.

Como grandes precusores, sen dúbida, hai que menciona-las figuras de Lázaro Spallanzani (do que este ano se celebra o bicentenario da súa morte) e Louis Pasteur, a quen podería recoñecerse co título de primeiro biotecnólogo moderno. Lémbrese cómo refutou belamente as teorías sobre a xeración espontánea en 1860 e cómo chegaría á cima do seu poderío científico en 1863 cando resolveu, a instancias do emperador de Francia, os problemas xurridos nos procesos de elaboración do viño.

A principios do século XX ten lugar o desenvolvemento dunha industria incipiente baseada na acción de microorganismos para a produción de disolventes (etanol, acetona, butanol...), ácidos (cítrico, acético, etc.), completando así o campo que ata ese momento se limitara á área alimentaria (bebidas alcohólicas, panificación...). A eficacia dos procesos era baixa, pois non se comprendían nin os principios

microbiolóxicos nin se dispoñía de ferramentas ó xeito.

Tamén a comezos de século asoma xa unha preocupación pola conservación do medio, especialmente o acuoso, en contornos das grandes cidades, moitas das cales xa dispoñían de sistemas de saneamento para a recollida das súas augas residuais. É entón cando ten lugar a construción das primeiras plantas para o tratamento e recuperación destes vertidos mediante dispositivos moi elementais baseados na acción de asociacións microbianas desenvolvidas naturalmente.

Nos anos vinte, o extraordinario desenvolvemento da industria petroquímica, orientada non só á produción de carburantes senón tamén de infinidade de produtos da química dos hidrocarburos, incentivou o estudo de procesos térmicos e catalíticos que axiña desbancaron, pola súa maior eficacia, os sistemas de produción baseados na transformación microbiana.

De novo os produtos obtidos por procesos biolóxicos se limitan, basicamente, ó campo das industrias alimentarias. Este panorama manteríase inalterado por décadas debido ás baixas productividades, os problemas operacionais e as necesidades de aseptia.

Adicionalmente, dúas das posibles vantaxes comparativas dos procesos biolóxicos —menores requirimentos enerxéticos e impacto menos agresivo co medio natural— carecían, e así foi ata hai relativamente pouco

tempo, de importancia real, dado o baixo custo da enerxía e a pouca atención prestada á preservación do medio.

En pleno fragor da Segunda Guerra Mundial, Avery, MacLeod, e McCarty decatábanse en 1944 de que o 'principio transformante' que Griffith describira a finais dos anos vinte para pneumococos non era outra cousa que segmentos dunha molécula de ácido desoxirribonucleico (ADN), inequivocamente a molécula-base da vida e, desde logo, pedra angular da Biotecnoloxía molecular. Sería nunha molécula estruturalmente tan sinxela coma esta onde residise a información xenética, concepto posteriormente confirmado por Hershey e Chase en 1952. Esta contribución, xunto coas de Max Delbrück e Salvador Luria sobre a bioloxía e a recombinación xenética en bacteriófagos, fertilizaron adecuadamente o campo científico para que en 1953 se propuxese desde a Universidade de Cambridge (Watson & Crick, Reino Unido) a estrutura dunha molécula de DNA, vixente basicamente aínda hoxe, utilizando unhas boas fotografías de difracción de raios X realizadas por Rosalind Franklin.

Tamén neste mesmo período, e debido sen dúbida ás necesidades masivas de antibióticos requiridas polos feridos da Segunda Guerra Mundial, ten lugar o desenvolvemento básico da enxeñaría de grandes fermentadores para a produción de fármacos. Para isto tiveráanse que aplicar conceptos sobre axitación, transferencia de osíxeno, e desenvolver

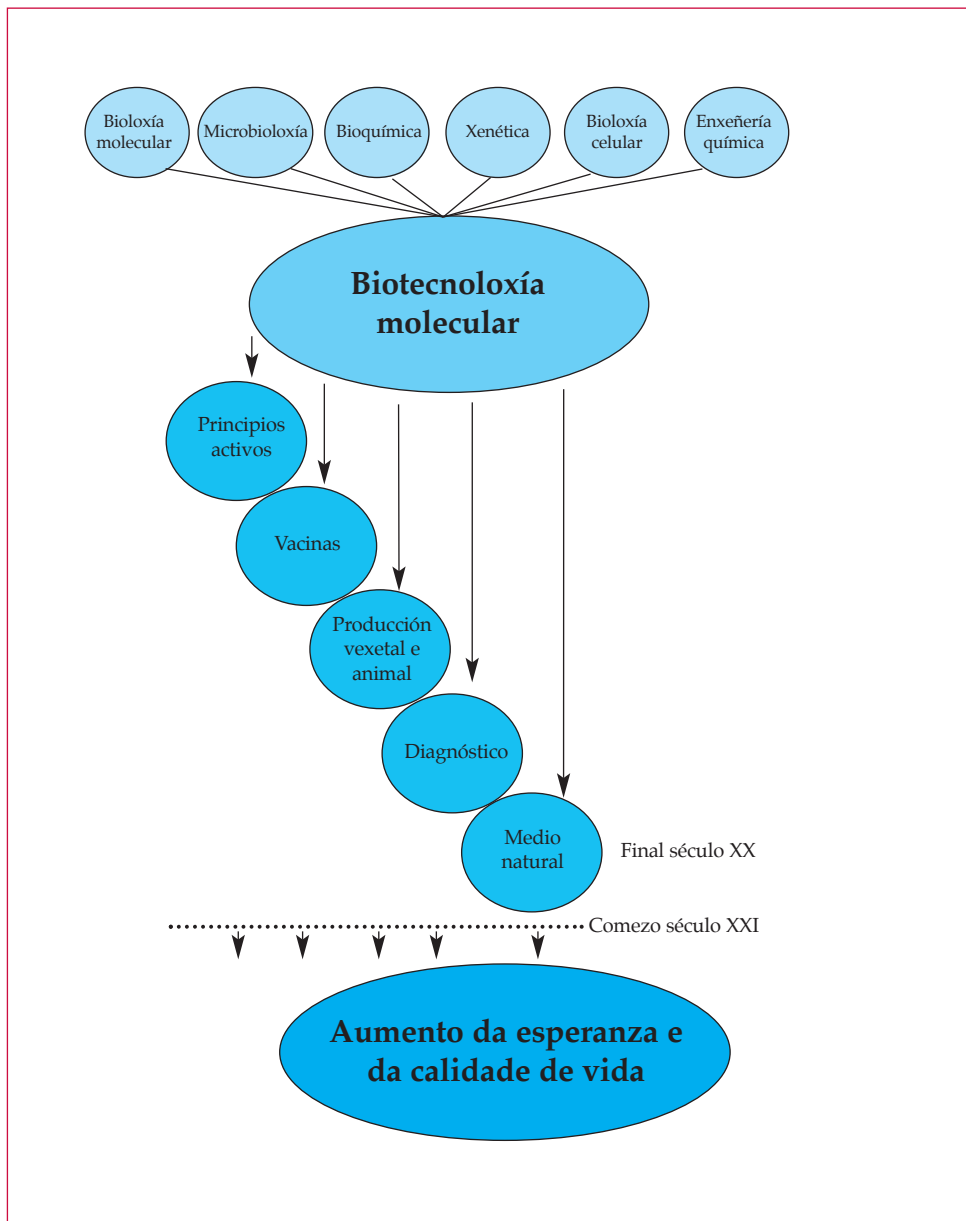


Figura 1. Xénese e contribucións da Bioteconoloxía no século XX.

dispositivos eficaces de esterilización ou procesos de concentración e purificación de produtos.

Á fin da década dos sesenta, era xa evidente que as bacterias contiñan un modelo de organización xénica (operón/regulón, fundamental no desenvolvemento da Biotecnoloxía molecular) e que como pouco posuía dous tipos de endonucleasas, das cales as chamadas de tipo II que recoñecen e cortan unha secuencia específica de pares de bases no DNA, estaban chamadas a causar unha auténtica revolución na Bioloxía molecular xa que permitiron infinidade de moléculas recombinantes de DNA. Din os historiadores da Biotecnoloxía molecular que cando Stanley Cohen en Stanford e Herbert Boyer en San Francisco idearon en 1973 o método básico para transplantar xenes dun organismo vivo a outro, e que estes se expresasen conferíndolle ó ser receptor características fenotípicas que antes non tiña, sabían perfectamente o que estaban facendo e que o primeiro, en particular, tiña unha visión da entón incipiente Biotecnoloxía (segundo se reacuñaría na reunión de Asilomar, California). Non sería xusto, por outra banda, se non se destacase o mérito do profesor Bolívar ó desenvolve-lo primeiro plásmido pequeno (pBR322) verdadeiramente efectivo para a clonación en bacterias Gram negativas.

A Biotecnoloxía, se ben é unha rama moi nova da ciencia, parte de áreas moi consolidadas. Calquera observador imparcial da actual situa-

ción en que encontra a Biotecnoloxía mundial neste cambio de século e milenio, decatárase da situación complexa que atravesa debido, en parte, ó seu carácter multidisciplinar, o que fai que os profesionais procedan de eidos máis tradicionais como a Bioquímica, a Microbioloxía, a Enxeñería química, a Xenética, a Fisioloxía vexetal e animal, etc. (figura 1) e en parte tamén (aplicado para España en particular) debido á inexistencia dun marco administrativo que aglutine tódolos biotecnólogos para formaren unha 'casa común' desta aventura apaixonante que representa a Biotecnoloxía.

O impacto das 'novas tecnoloxías biolóxicas' (termo que podería competir co propio de Biotecnoloxía) manifestouse xa en moitos dos aspectos presentes na vida cotiá da Humanidade (saúde, ambiente, alimentación...). Deixando á parte a amplísima área da Medicina biotecnolóxica, que será obxecto dun tratamento diferenciado nesta publicación, a Biotecnoloxía permitiu o desenvolvemento de procesos eficaces e competitivos nas áreas que se indican:

- obtención de produtos bioactivos para o home e os animais,
- produción vexetal e biodiversidade,
- produción de enzimas, alimentos e bebidas por fermentación,
- agricultura e alimentación,
- carburantes e produtos químicos finos,

- tratamento e valorización de produtos de refugallo,
- recuperación de solos e acuíferos contaminados.

Na táboa 1 preséntanse algunhas previsións de mercado dalgúns pro-

ductos, pertencentes a diversos campos de aplicación. Nos seguintes apartados revisaranse varios destes grandes campos, como unha mostra da potencialidade económica, científica, tecnolóxica e social da Biotecnoloxía.

Composto ¹	Valor (USD x 10 ⁶)	Anos para o desenvolvemento
Aminoácidos (9)	1.703	5
Vitaminas (6)	668	10-15
Enzimas (11)	218	5
Hormonas esteroídicas (6)	368	10
Hormonas peptídicas (9)	268	5
Antíxenos virais (9)	300	5-10
Interferón (Alfa + Beta)	300	5
Antibióticos	4.240	10
Pesticidas	100	5-10
Metano	12.572	10
Etanol+Etilen e Propilenglicois	2.737	5-10
Aromáticos (aspirina + Fenol)	1.251	5-10
Inorgánicos (H ₂ e NH ₃)	2.681	15

Táboa 1. Predicción de mercado de produtos obtidos por Enxeñería xenética.

PRINCIPIOS BIOACTIVOS PARA A INDUSTRIA FARMACÉUTICA

O primeiro produto biotecnolóxico de alto poder farmacéutico foi a insulina humana clonada en sistemas bacterianos. Ese fármaco podería considerarse como un 'paradigma biotecnolóxico' e, en liñas xerais, serviu de modelo ós outros produtos farmacéuticos de índole biotecnolóxica.

Xa en 1921, Banting e Best (Toronto) comezaran o traballo sobre a posible relación entre unha hormona pancreática e a diabeite inducida en cans, logo de lles extirpar este órgano e comprobar que un extracto proteico de páncreas mitigaba ou eliminaba transitoriamente os síntomas diabéticos. Tras dun intento fallido, o neno Leonard Thompson recibía o 1 de xaneiro de 1922 unha inxección de hormona semipurificada que melloraba sensiblemente

¹ Os números entre parénteses representan o número de compostos xa existentes no momento da predicción.

te o seu estado diabético. Nos dous meses seguintes, o grupo de Toronto puido anunciar por fin o descubrimento da hormona pancreática que chamaron insulina. A finais dese ano, Banting e McLeod recibiron o premio Nobel de Medicina; o primeiro compartiuno con Best. Todo foi, case se pode dicir, espectacularmente rápido para a insulina, feito que se ten repetido arreo en todo o que atangue á chamada Biotecnoloxía farmacéutica. Así, en 1923, a empresa estadounidense Eli Lilly & Co empezaba a produci-la comercialmente e ó ano seguinte facíao Novo Nordisk desde Copenhaguen. Foi nesta empresa danesa onde se conseguiu, hai agora cincuenta anos, a insulina cristalina de acción retardada, que tiña como vanta-

xe a diminución do número de inxeccións diarias necesarias para regula-la glicemia.

Tendo en conta os cento corenta millóns de diabéticos existentes no mundo, non é de estrañar a alegría con que a sociedade celebrou a chegada das insulinas recombinantes humanas que representaba, entre outras cousas, a fonte inesgotable deste produto xénico humano. Con toda probabilidade o século XXI vai ver novas insulinas recombinantes, máis eficientes, de absorción lenta ou ben de acción moi rápida (por inversión da orde de codóns no xene), e mesmo se poderá ver reintroducido o xene nos enfermos para que outro órgano produza de novo a hormona.

Producto	Célula hospedadora ¹	Empresas productoras	Ano	Indicación/aplicación
Insulina humana ²	B	Eli Lilly & Co., Novo Nordisk	1981-82	Diabete
Hormona de, crecemento humana (hGH)	B,M	Genentech, Bio-Tech General, Carbiotech, Eli Lilly/Hybritech	1985	Ananismo
Interferón alfa-2a sarcoma de Kaposi en SIDA	B	Hoffmann-La Roche AG	1986	Leucemia
Vacina anti-hepatite B	L	Merck & Co. Inc./Chiron Corp., SmithKline Beecham pic	1986	Prevención da hepatite B
Interferón alfa-2b	B	Schering-Plough AG	1986	Leucemia, verrugas xenitais, sarcoma de Kaposi, hepatite non A non B
Activador tisular	M	Genentech Inc.	1987	Infarto crítico de miocardio,

1 Clave: B, bacterias; L, lévedos; M, células de diferentes mamíferos; H, fungos filamentosos.

2 Finalizado o século XX, a diabete afectaba a máis de 140 millóns de persoas no mundo, das cales o 10 % necesitan inxectarse insulina diariamente.

Producto	Célula hospedadora	Empresas productoras	Año	Indicación/aplicación
				embolia pulmonar do plasminógeno
Somatotropina	B, M	Genzyme Transgenics Corp., Genentech Inc.	1987	Deficiencia de hGH en nenos 1
Vacina anti-influenza B	B	Praxis Biologics	1988	Influenza de tipo B
Eritropoyetina	M	Amgen Inc., Ortho Biotech, Genzyme Transgenic Corp.1	1989	Anemia crónica causada por insuficiencia renal
Interferón alfa-n3	B	Interferon Sciences	1989	Verrugas xenitais
Interferón gamma-1b	B, L, M	Genentech Inc.	1990	Enfermidade granulomatosa crónica
Factor estimulante de colonias de granulocitos (G-CSF)	B	Amgen Inc.	1991	Neutropenia causada por quimioterapia
Factor estimulante de colonias de granulocitos e macrófagos (GM-CSF)	L	Immunex, Hoechst AG-Roussel Uclaf	1991	Infección relacionada co transplante autólogo de medula ósea
Interleuquina-2	B	Cetus Corp., Interferon Sciences	1992	Terapia para o cancro, desordes sanguíneas e de medula ósea
(IL-2)		Synergen		
Factor VIII (da coagulación sanguínea)	M	Varias empresas	1992	Hemofilia A
DNAsa	M	Genentech Inc.	1993	Fibrose quística
Interferón beta-1b (Betaferon)	B	Schering AG Pliarma	1993	Esclerose múltiple
Beta-glicocerebrosidasa	M	Genzyme Transgenics Corp.	1994	Enfermidade de Gaucher

Tabla 2. Productos farmacéuticos recombinantes no mercado.

Seguindo o ronsel deixado pola insulina humana recombinante, tivo lugar un crecemento espectacular do catálogo de produtos farmacéuticos comercializados, como se recolle na táboa 2, tendencia que debería proseguir no século XXI, prevéndose que nos primeiros anos se logren uns cento corenta produtos recombinantes sometidos ás máis estrictas regulacións.

Como se pode apreciar na táboa 3, os sistemas de expresión que se desenvolveron na última vintena dos anos do século XX inclúen bacterias (dominado por *E. coli*, seguido cada vez máis de preto por outras que claramente posúen un status GRAS —*Generally Recognized As Safe*— como é o caso de *Bacillus subtilis* e en menor grao aínda *Corynebacterium glutamicum*/*Brevibacterium lactofermentum*), lévedos (*S. cerevisiae*, *K. lactis*, *P. pastoris* e *H. polymorpha*) e fungos filamentosos (*Phycomyces*, *Aspergillus*). Durante a década de 1960 e principios da seguinte, traballouse activamente con dous lévedos metilotróficos: *Pichia pastoris* e *Hansenula polymorpha* (sin. *Pichia polymorpha*) como microorganismos de fermentación robustos (especialmente a primeira)

destinados a transforma-los residuos industriais das petroleiras en proteína unicelular. Logo dunha crise duns quince anos, ámbalas especies máis *Kluyveromyces lactis*, *Schizosaccharomyces pombe* e máis recentemente *Yarrowia lipolytica* (sin. *Candida lipolytica*) foron configurándose como alternativas (ás veces moi superiores) á todopoderosa *S. cerevisiae* no apartado de Biotecnoloxía das fermentacións para a produción de fármacos recombinantes de calidade (véxanse as táboas 2 e 3).

Unha das principais vantaxes que presentan os lévedos en relación con produtos de xenes humanos ou implicados directamente na terapia humana, é a súa capacidade de glicosilación dos produtos xénicos, ás veces imitando as glicosilacións realizadas por células de mamífero como é o caso de *S. pombe*. A xeito de exemplo, a táboa 4 resume os niveis de produtividade en fermentadores para algúns xenes humanos expresados en lévedos. No século entrante desenvolveranse sistemas, hoxe incipientes, de arqueobacterias (*Halo-bacterium* e *Haloarcula*) que son capaces de glicosilar dun modo moi similar ós sistemas eucarióticos.

Lévedo hospedador	Producto	Ano
<i>Pichia pastoris</i>	Antíxeno de superficie do virus da hepatitis B	1987
	Estreptoquinasa	1989
	Factor de necrose tumoral humano	1989
	Lisozima bovina	1989
	Aprotinina	1991
	Fragmento C da toxina do tétanos	1991
	gp 120 do HIV	1991

Lévedo hospedador	Producto	Ano
	Receptor de IgE humano Transferrina Inhibidor da proteína 6 humano Alérxenos herbáceos Diversas amilasas Opsina bovina Lacasa Alérxeno Bla g4 Factor humano tisular Lipasa biliar humana Patatinas Gonadotropina coriónica humana e activa Proteína atrapaolores da abella	1992 1995 1995 1996 1996 1997 1997 1998 1998 1998 1998 1999 1999
<i>Hansenula polymorpha</i>	Antíxeno de superficie mediano do virus da hepatitis B Seroalbúmina humana Antíxenos de superficie S e L do virus da hepatitis B	1989 1990 1991
<i>Kluyveromyces lactis</i>	Activador tisular do plasminóxeno Interleuquina-I b humana Seroalbúmina humana Antíxeno de superficie do virus da hepatitis B Lactoglobulina beta ovina	1990 1991 1991 1992 1996
<i>Schizosaccharomyces pombe</i>	Antitrombina III humana Factor XIIIa humano Factor estimulador de colonias de macrófagos (truncado)	1987 1989 1994
<i>Yarrowia lipolytica</i>	Interferón porcino Factor de coagulación XIIIa b-Glicuronidasa Antíxeno de superficie hepatitis B Caseína quinasa II	1990 1992 1993 1994 1997

Táboa 3. Produtos terapéuticos (ou relacionados) recombinantes expresados en lévedos diferentes a *Sacharomyces cerevisiae*

Producto	Lévedo hospedador	Promotor	Productividade	Ano
Seroalbúmina humana	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> <i>Kluyveromyces lactis</i>	CUPI UYPI PGK/LAC4	0,6 mg/L 35-45 mg/L 300-400 mg/L	1986 1990 1991
Monómero de AgsHB	<i>S. cerevisiae</i> <i>Hansenula polymorpha</i>	PGK1 MOX1 AOX1	1-2 mg/100 mg de proteína 2,7-3,6 mg/100 mg de proteína 2,3 mg/100 mg de proteína	1982 1989 1987

Producto	Lévedo hospedador	Promotor	Productividade	Ano
Seroalbúmina humana	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> <i>Kluyveromyces lactis</i>	CUPI UYPI PGK/LAC4	0,6 mg/L 35-45 mg/L 300-400 mg/L	1986 1990 1991
Monómero de AgsHB	<i>S. cerevisiae</i>	PGK1	1-2 mg/100 mg de proteína	1982
	<i>Hansenula polymorpha</i>	MOX1	2,7-3,6 mg/100 mg de proteína	1989
	<i>Pichia pastoris</i>	AOX1	2,3 mg/100 mg de proteína	1987
Interleuquina-1b humana	<i>S. cerevisiae</i> <i>K. lactis</i>	PGK PH05	1-2 mg/L 80 mg/L	1987 1991
Interferón alfa humano	<i>S. cerevisiae</i>	PGK1	5 mg/L	1982
IGF-1	<i>S. cerevisiae</i>	ADH2/GAPDH	25 mg/L	1989
Lactoferrina humana	<i>S. cerevisiae</i>	Chelatin	1,5-2 mg/L	1993
Lactoglobulina beta ovina	<i>S. cerevisiae</i> <i>K. lactis</i>	PGK PGK	40-50 mg/L 40-50 mg/L	1996 1996
Hirudina	<i>S. cerevisiae</i>	GAL10	59 mg/L	1995
Fibrinóxeno	<i>S. cerevisiae</i>	GAL1	30 mg/L	1995

Táboa 4. Productividade para determinados compostos terapéuticos, recombinantes, sintetizados en distintos lévedos.

Unha área de enorme importancia económica e social que previsiblemente se acrecentará durante o primeiro cuarto do século XXI é o desenvolvemento de vacinas para previr as enfermidades infecciosas que provocan dezasete dos cincuenta millóns de falecementos que ocorren cada ano no mundo. Delas, as dez máis preocupantes, pola súa incidencia, son as infeccións respiratorias agudas, a tuberculose, as enfermidades diarreicas, a malaria, a hepatite B, a SIDA, o sarampelo, o tétano neonatal, a tose ferina, a lombriga intestinal e a anquilostomíase.

Segundo a Organización Mundial da Saúde (OMS), cada ano morren des-

tas enfermidades infecciosas case nove millóns de nenos menores de catorce anos e polo menos tres millóns salvaríanse se as vacinas xa existentes se utilizasen máis amplamente. Os demais necesitarían doutras vacinas aínda inexistentes para sobrevivir. Resulta dramático comprobar que nos postremeiros tempos do século XX falecían aínda setecentos cincuenta mil nenos ó ano debido a unha enfermidade tan clásica como o sarampelo.

A elaboración de vacinas está impulsada por, como pouco, tres factores: I) a necesidade de salvar vidas; II) o descubrimento científico e a innovación tecnolóxica propia da nosa sociedade; e III) o concepto de que os

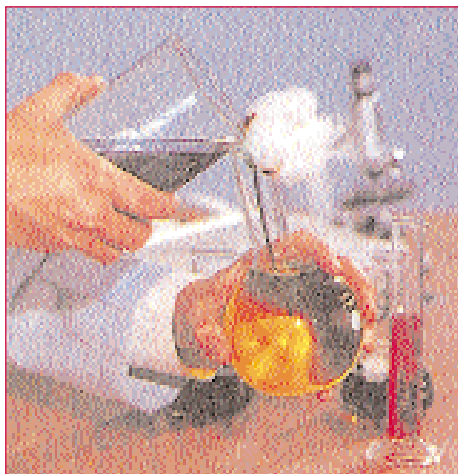
microorganismos causantes de enfermidades son tamén seres xenéticos e, como tales, suxeitos ás mesmas forzas evolutivas có home. Como ben sinalou Joshua Lederberg, este último aspecto delimita unha vía de dous sentidos e han vixiarse constantemente os patóxenos emerxentes, as cepas resistentes, etc.

A produción industrial de produtos de alto valor engadido representou, baixo o punto de vista tecnolóxico, un importante reto no campo de deseño de dispositivos de fermentación. Así, a necesidade de prove-los cultivos de altas velocidades de aireación propiciou o desenvolvemento de novos sistemas tanto para a subministración de aire (difusores, membranas), como para a homoxeneización do equipo. Especialmente delicados son os equipos destinados a cultivos de células animais, cun elevado cociente respiratorio e que, ó tempo, presentan unha elevada fragilidade. Entre os sistemas que se mostraron máis eficaces destacan os fermentadores *air lift*, os equipos con perfusores e os encaixes fermentadores/membranas, con diferentes tecnoloxías e campos de aplicación.

Os sistemas de monitorización e control do proceso experimentaron un extraordinario avance nos últimos anos, tanto no equipamento coma nas estratexias de control. Hoxe en día non é infrecuente a instalación de equipos relativamente sofisticados, como espectrómetros de masas conectados *on line* ó sistema de fermentación. A análise detallada do caudal e, sobre

todo, da composición dos gases desprendidos, permiten precisar polo miúdo o estado metabólico do cultivo e, deste xeito, caracterizar con exactitude a fase de fermentación. Con isto lógrase non só maximiza-la produción senón, ademais, evitar situacións non desexadas como a derivación do fluxo metabólico a rutas diferentes.

Introduciuse con éxito, ademais, o concepto de control do proceso baseado en sistemas expertos (*expert systems*), moitas veces combinado co uso de 'lóxica borrosa' (*fuzzy logic*) que permitiu efectuar un adecuado control sen necesidade dun modelo matemático preciso, que en moitas ocasións resulta complexo ou inviable formular (figura 1).



O algodón de tubo de ensaio é un interesante resultado biotecnolóxico. Cada célula convértese nunha fibra de algodón e o proceso é máis rápido có cultivo tradicional.

Mención á parte merece o desenvolvemento dunha serie de 'biosensores' capaces de detectar tanto parámetros de tipo xenérico (ATP...) como produtos específicos (glicosa, lactosa, ácidos, proteínas...), o cal permitiu un eficaz proceso de monitorización *on line*. O desenvolvemento máis espectacular consiste nos biosensores producidos con tecnoloxía *chip* que permitirán unha moi complexa instrumentación incluso a baixo prezo, nos puntos máis sensibles do equipo.

Tamén houbo que desenvolver técnicas de concentración e purificación (*dowstream*) sofisticadas para lograr, a un tempo, a recuperación do produto desexado e a eliminación de compoñentes indesexados, bioloxicamente inactivos. É destacable que moitos dos produtos obtidos se encontran no caldo de cultivo a uns niveis extremadamente baixos, se ben o seu elevado valor fai interesante a súa recuperación (ver táboa 3). Entre as diferentes

metodoloxías máis innovadoras destacan as técnicas cromatográficas (de intercambio iónico, de afinidade, por exemplo), xa a escala industrial, e as técnicas de concentración-separación por membranas.

A Biotecnoloxía farmacéutica estivo desde o seu inicio sometida á dobre vertente de tratar de obter produtos bioactivos que contribúan a paliar a dor e a enfermidade pero, ó tempo, de desenvolver procesos que abaraten custos de produción e xeren beneficios ás empresas correspondentes (ha considerarse que, á marxe do apoio prestado por entes gobernamentais a través de plans específicos, a investigación en Biotecnoloxía foi financiada, especialmente, por compañías farmacéuticas. Neste sentido, as táboas 5 e 6 resumen as fusións máis recentes entre empresas e as líderes por cotas de mercado das empresas a finais do século XX.

Comprador	Adquisición	Data	Tamaño (millóns de USD)
American Home	Monsanto	6/98	34400
Sandoz	Ciba-Geigy	3/96	30100
Glaxo Holdings	Weilcome	1/95	14300
Bristol-Myers	Squibb	7/89	12100
Roche Holding	Corange	5/97	10200
American Home Products	American Cyanamid	8/94	9600
Hoechst	Marion Merrell Dow	2/95	7800
Accionistas	Zeneca	6/92	7000
Upjohn	Pharmacia	8/95	7000

Táboa 5. Algunhas das grandes fusións de empresas biotecnolóxicas.

	Consortios	Mercado (%)
1	Glaxo-Wellcome	4,70
2	Novartis	4,40
3	Merck + Co.	3,50
4	Hoechst Marion Roussel	3,50
5	Bristol-Myers-Squibb	3,10
6	American Home	3,00
7	Johnson & Johnson	2,90
8	Pfizer	2,90
9	Hoffmann-La Roche	2,60
10	SmithKline-Beecham	2,50
Total (de vendas do sector farmacéutico)		33,10

Táboa 6. As dez empresas farmacéuticas líderes a finais do século XX.

A BIOTECNOLOXÍA E A PROTECCIÓN DO MEDIO

O uso de microorganismos para a eliminación de materia orgánica en augas residuais domésticas lévase aplicando durante moitos anos, primeiro nas chamadas 'fosas sépticas' e logo en unidades mellor controladas. A 'lagoa-xe estendida' é tamén unha técnica tradicional que, aínda con melloras de tipo operacional e de deseño, segue sendo útil.

Sen embargo, o desenvolvemento espectacular dos procesos industriais, especialmente no século XX, xerou a produción de residuos tanto en fase líquida como gasosa e sólida. Nestes efluentes atópanse adoito materiais xenobióticos que, en numerosas oca-

sións, resultan dificilmente biodegradables (ou biodisponíbles), polo que se acumulan en solos, sedimentos e, por veces, en seres vivos. Por outra parte, un número considerable destes produtos resultan tóxicos para os organismos vivos, polo que se requiriu a aplicación de novas técnicas e procesos tanto para o tratamento de augas como de solos e, en menor medida, de gases contaminados.

Un dos procesos con máis éxito, hoxe empregado masivamente na industria, é o de eliminación de augas residuais; palíase así o preocupante problema da eutrofización das augas. O proceso baséase na acción combinada de microorganismos autótrofos, que oxidan a materia amoniacal a nitrato (proceso de *nitrificación*) e heterótrofos, que utilizando materia orgánica carbonada reducen o nitrato formato a nitróxeno atmosférico (proceso de *desnitrificación*). Co fin de mellora-la eficacia desenvolvéronse equipos para acadar unha máis rápida transferencia de materia (osíxeno) e procedementos para lograr unha maior densidade celular no reactor (sistemas de inmovilización bacteriana ou equipos de membrana).

A eliminación de fósforo —segundo macronutriente de importancia— conséguese mediante un proceso no que se alternan etapas de liberación de fosfato con etapas de acumulación intracelular, mediante o establecemento de ciclos anóxicos/aerobios no equipo.

Sen dúbida, a eliminación biolóxica de materiais tóxicos en augas residuais foi un campo no que se lograron resultados notables. A combinación de técnicas de enriquecemento en determinados grupos tróficos coa aplicación en equipos especiais (reactores de membrana, sistemas de elevada densidade celular con microorganismos inmobilizados...), fixo posible a eliminación de compostos xenobióticos considerados, ata hai pouco, como materiais recalcitrantes.

O abandono de espazos industriais e a súa transformación en zonas residenciais ou de lecer requiriu a recuperación de solos e acuíferos. Tamén os derramos de petróleo no mar, especialmente no caso de accidentes de superpetroleiros (na mente de todos están os casos do *Torrey Canyon*, *Exxon Valdez* e, máis próximo, o do *Aegean Sea*) incentivaron o estudo deste problema. As técnicas de biorremediación, baseadas na acción de microorganismos 'naturais' ou 'especializados', tiveron, por este motivo, un enorme desenvolvemento. En ocasións efectúase simplemente unha 'fertilización' do terreo, engadindo nutrientes para permiti-lo nacemento de microorganismos 'naturais', ás veces complementando o proceso coa adición de materiais que aumenten a 'biodisponibilidade' do contaminante. Noutras faise unha sementeira de microorganismos previamente seleccionados para realiza-la metabolización especializada destes contaminantes específicos.

A aplicación de microorganismos recombinantes no medio natural está, aínda, nunha fase moi previa. As regulacións legais á liberación ó medio de microorganismos manipulados xeneticamente son moi restrictivas pois aínda non se coñece con precisión o impacto que exercerían fóra do seu ámbito de aplicación inmediato. Pénsese, por exemplo, qué sucedería de se producir un escape de microorganismos resistentes (ou mesmo que metabolicen) antibióticos... Un campo de actuación de grande interese consiste en introducir nestes microorganismos unha sonda que, en ausencia do material contaminante, produza a lise celular, tras disparar un mecanismo autodestructivo. Hai ben pouco permitiuse a liberación controlada nun terreo contaminado de microorganismos *enxeñerizados* segundo estas ideas; a avaliación dos seus resultados está aínda pendente.

Tamén se prestou moita atención á degradación microbiana de residuos industriais aparentemente non-biodegradables. Un exemplo significativo é a aplicación á mineralización de TNT, almacenado por toneladas en recintos militares ou a biodegradación de isómeros de lindano (hexaclorociclohexano), un insecticida empregado profusamente ata os anos sesenta; a súa produción ía inexorablemente asociada á dos seus isómeros, menos activos, que se vertían libremente en solos e vertedoiros.

Por último, cabe destaca-lo esforzo dedicado ó tratamento de

gases contaminados, especialmente con materiais xofrados (H_2S , mercaptanos) ou compostos orgánicos volátiles (VOC's). Para iso estanse a desenvolver biofiltros, bioabsorbedores ou biolavadores con diferentes configuracións e modos de actuación distintos e excelentes perspectivas de utilidade práctica.

O TRIÁNGULO BIOTECNOLOXÍA, PRODUCCIÓN VEXETAL E BIODIVERSIDADE

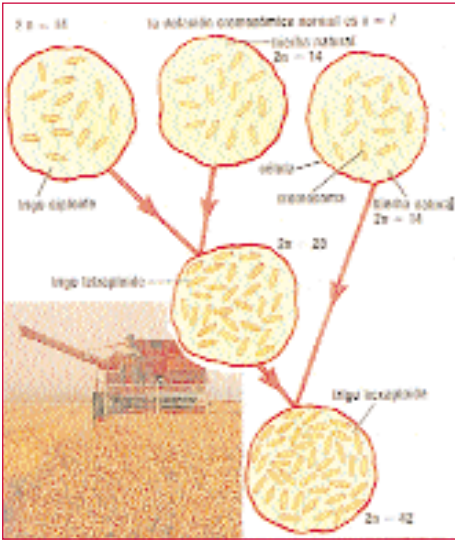
O futuro da Biotecnoloxía no século que empeza estará previsiblemente ligado ós seres fotosintéticos (fundamentalmente plantas e en menor medida algas microscópicas). Deséxase que as sementeiras produzan máis, que sexan máis resistentes a enfermidades, que non necesiten (ou necesiten un mínimo) de pesticidas, que consuman pouca auga, e ata que a manipulación produza froitos non só máis grandes, coma na actualidade, senón tamén máis saborosos.

É evidente que a medida que se foi poboando o planeta aumentaron as necesidades de alimentos, os cales, conforme se incrementaba o grao de benestar, tiñan que ser mellores en calidade alimentaria, presentación e hixiene. Isto conseguiuase en parte nas últimas duascenas xeracións humanas (aproximadamente equivalente a uns catro mil anos da vida do home) mediante a manipulación xenética que chamaremos 'convencional' e permitiu a obtención dunha enorme variedade

de híbridos. O século XIX e os dous primeiros tercios do XX son sen dúbida típicos neste aspecto. Púidose así alimenta-la Humanidade, agás en certas grandes fames debidas especialmente a unha imperdoable falta de previsión e, sobre todo, de sensibilidade na repartición dos excedentes alimentarios do chamado 'primeiro mundo'.

Este proceso, sen embargo, levou consigo unha drástica diminución do número de plantas utilizadas para a alimentación (o mesmo se podería dicir, incluso en maior grao de redución, para o caso dos animais utilizados na alimentación humana), o que xerou, ó principio de vagar e logo de xeito máis evidente, unha notable diminución da biodiversidade. A Humanidade, ó longo de toda a súa historia, utilizou unhas tres mil plantas das oitenta mil estimadas comestibles que aínda quedan no planeta na actualidade. Destas tres mil, o home cultiva a grande escala só cento cincuenta e, destas, vintenove proporcionan o noventa por cento dos alimentos: 7 cereais (arroz, trigo, millo, sorgo, cebada, millo miúdo e tritcale, que proporcionan o 52 % da enerxía total); 3 tubérculos (mandioca, pataca e batata); 8 leguminosas (cacahuets, chícharos, garavanzos, soia, fabas, feixóns, feixóns varados e chícharos de Angola); 7 oleaxinosas; 2 azucreiras (cana e remolacha) e 2 froiteiras (bananeira e coco).

O noventa e nove por cento das necesidades alimenticias dos humanos procede do medio terrestre e só o un por cento do medio acuícola (incluída a



Moitas plantas teñen a rara propiedade de duplicar ou triplicar os seus cromosomas (poliploidía). A colleita do trigo moderno, por exemplo, é moito máis doada cá tradicional.

pesca en mar aberto). A tendencia, segundo os observadores da UNESCO, é que esta cifra permaneza igual ou mesmo aumente cara ó medio terrestre no século que comeza, por canto a produtividade dunha hectárea de terra é moito máis alta cá parte equivalente de medio acuático. Xa que logo, ¿cara a onde debe ser canalizado o esforzo investigador de índole biotecnolóxica? Posiblemente cara ó medio terrestre, xa que é alí onde maioritariamente se atopan os recursos alimentarios máis estendidos. Por outro lado, non sería desatinado tratar de aunar esforzos públicos de investimento transnacional para tentar aumentar ese baixo un por cento da produción acuícola.

A conclusión é inevitable: o home é (foino sempre) un manipulador primario de seres vivos e, ó facelo no seu proveito, induce a perda da biodiversidade do planeta, xa que favorece a selección dunhas poucas especies ou razas que necesita. Existe unha serie de exemplos xa clásicos que inciden nesta idea. Así, entre 1945 e 1986, Grecia abandona o noventa e cinco por cento de variedades nativas de trigo e moitas delas pérdense; entre 1970 e 1973 España perde sete de dez cultivos primitivos de melóns; na actualidade, a República Sudafricana perdeu o noventa e nove por cento de variedades nativas de sorgo e Francia só conta doce variedades de maceira fronte ás dúas mil que tiña no século XIX.

Por outra parte, esta manipulación conduciu a un aumento de enfermidades por dexeneración xenética dos cultivos e, concomitantemente, un aumento espectacular do consumo de produtos fitosanitarios. Os exemplos clásicos inclúen a acción de *Phytophthora infestans* que destruíu a metade da produción de pataca en Irlanda en 1846 (cunha extraordinaria incidencia social, como foron as emigracións masivas do Vello ó Novo Mundo) e houbo que recorrer a cruzamentos con reserva xenética silvestre (*Solanum demissum*). O mesmo podería dicirse para filoxera, que en 1860 arrasou os viñedos europeos ou a destrución de millo sudista por *Helmintosporium maydis*. Tense recorrido sistematicamente na historia a retrocruzamentos co fondo xenético silvestre para recupera-la resistencia a

pragas e factores ambientais, mesmo a sabendas do coñecido axioma de que os híbridos acabarían por desenvolver os seus propios parasitos/patóxenos específicos e que outra volta haberá que recorrer ó retrocruzamento nun ciclo permanente e repetitivo.

Nos quince ou vinte últimos anos do século XX, a Biotecnoloxía conseguiu introducir infinidade de características dominantes en cultivos de plantas importantes na alimentación humana que as fan resistentes a unha gran variedade de factores ambientais adversos e que van desde a resistencia a patóxenos tales como virus, viroides, bacterias e fungos filamentosos ata resistencia á auga de rega rica en sal ou resistencia á maduración rápida de certos froitos. Esta serie de movementos de manipulación xenética dos xenomios principais das plantas (tamén coñecida como *transxénese*) foi motivada por dous factores clave: o esgotamento paulatino dos recursos e do potencial da xenética convencional e a curiosidade inherente ó científico. Con ser isto importante, a achega da Biotecnoloxía no capítulo de biodiversidade está aínda por vir e desenvolverase neste século que comeza. Debido a que as técnicas de Bioloxía molecular que utiliza son moi poderosas, é labor relativamente simple protexe-la biodiversidade de calquera ser vivo (entendéndoo como un todo, tal e como ocorre na natureza); pero tamén pode entenderse por biodiversidade a preservación da característica ou conxunto de características máis importantes da especie

de que se trate e traspasar estas a outra receptora. Deste xeito garantiríase que non se perda de vez o positivo que a natureza seleccionou mediante evolución natural durante millóns de anos. Tal práctica, sempre que se poida, debe realizarse mediante 'paratransxénese', é dicir, clonación sobre xenomios secundarios (mitocondrias ou cloroplastos) das células de animais ou plantas, respectivamente, para distorsionar o menos posible a marcha evolutiva propia da especie receptora.

	Actual ¹	Potencial ²
Cana de azucre	70-90	150-200
Mandioca	60	100
Tomate	70-150	150-200
Aceite de palma	2-5	10-12
Cacahuete	1,6	4,0
Aceite de ricino	0,6	2,5
Coníferas temperadas	6-8	20-30
Coníferas tropicais	12-20	40-60
Fronosas tropicais	10-20	40-100

Táboa 7. Producións actuais e potenciais dalgunhas plantas cultivadas e especies forestais (Tm/Ha).

1 Esta estimación enténdese só para cultivos realizados por procedementos clásicos, incluíndo a mellora xenética.

2 As producións potenciais teñen en conta: a) aumento de reforestación, si pertinente; b) mellora xenética por manipulación de células xerminais; c) desenvolvemento de plásmidos centroméricos e plantas transxénicas (non inclúe, sen embargo, o desenvolvemento que poida conseguirse segundo as estimacións con plantas paratransxénicas); d) optimización de procesos; e) educación laboral do traballador; f) política empresarial.

O outro factor importante que acompaña a achega da Biotecnoloxía á produción vexetal, mediante accións ABP (accións biotecnolóxicas posibles) ten que ver evidentemente co aumento da produción pura da biomasa vexetal. A xeito de exemplo amósanse na táboa 7 as estimacións realizadas por expertos da ONU para o século entrante nalgúns cultivos mediante ABP.

Un aspecto relativamente pouco desenvolvido pola Biotecnoloxía para o mundo de produción vexetal relacionado coa Bioenerxética é a obtención de novas estirpes ou variedades con maior rendemento na formación de biomasa. Os factores que inflúen no rendemento da conversión enerxética da fotosíntese de plantas superiores son os seguintes: da enerxía solar incidente, dado que as plantas non utilizan a zona IR (43 %) e a reflexión de enerxía por follaxe e transmisión ó chan (34,4 %) e tendo en conta a redución intrínseca debida ó ciclo de Calvin (Rubisco) (9,8 %) e á corrección respiratoria (6,5 %), só se aproveita entre un seis e un sete por cento da enerxía solar incidente. Ademais, se se ten en conta o rendemento real interanual, esta cifra resulta aínda inferior (pode baixar ata un 2,5 % para a cana de azucre). Un simple cálculo indica que serían necesarias cincuenta hectáreas de bosque para acumula-la mesma enerxía que acumularía unha hectárea de espellos. As ABP a longo prazo incluírían: a) o incremento da zona do espectro electromagnético de captación enerxética para as plantas verdes e b) o incremen-

to no rendemento do Ciclo de Calvin, ben aumentando o número de moléculas de ribulosa 1,5-di-fosfato-carboxilasa (Rubisco), aumentando as reservas intracelulares de ribulosa 1,5-di-fosfato, aumentando o número de cloroplastos por célula, etc.

As ABP máis evidentes —moitas das cales xa foron desenvolvidas por transxénese— derivan de eliminar as perdas que sobre os cultivos xeran enfermidades causadas por microorganismos (incluíndo as provocadas por fungos fitopatóxenos) e por insectos; só controlando estas perdas aumentaría considerablemente o rendemento medio das plantas cultivadas.

A parte negativa é que as plantas de alto rendemento poden causar efectos negativos no medio natural como son lixivación de fertilizantes e deterioración da calidade das augas, aumento do consumo de biocidas non degradables, diminución da pesca, aumento da construción de silos e outros almacéns e baixada das hectáreas dedicadas ó cultivo do algodón e de leguminosas. En países como a India comprobouse que este tipo de cultivos con variedades de moi alto rendemento incidiu negativamente tamén en aspectos socioeconómicos como son o aumento drástico dos créditos bancarios, a autarquía alimenticia, o aumento do traballo asalariado e a diminución de propietarios de terra cultivable e o aumento do prezo da terra, entre outros.

A mediados dos anos oitenta do século XX, calculábase nunha media de

cinco a dez anos anos o tempo necesario para conseguir aumentar notablemente mediante transxénese (sen incluír a paratransxénese) a produción dos compostos listados. En moitos casos (especialmente naqueles en que o produto é codificado por varios xenes que definen unha ruta bioquímica complexa, caso da maioría dos antibióticos), a previsión foi lamentablemente curta e nos casos nos que se logrou a clonación da ruta completa, a produción non era significativamente superior á conseguida coas estirpes que os xenéticos clásicos desenvolveran ó longo de miles de mutacións e selección posterior.

Rematando o século XX, en concreto en 1995, realizouse un interesante balance (táboa 8) sobre a incidencia que a Biotecnoloxía molecular de plantas cultivadas tivera na economía daqueles países en vías de desenvolvemento que, ou ben importaran as novas plantas transxénicas ou ben realizaran un esforzo orzamentario adicional para desenvolver-las súas propias.

A. Por técnicas de cultivo celular e de tecidos		
Ata 1995	20,9	Café (8), bananas (16), arroz (6), goma (5), tabaco (2), vainilla (2), patacas (1)
1995-2000	21,2	Cana de azucre / remolacha azucreira (16), cacao (15), té (4), soia (3), aceite de palma (3), trigo (3), millo (1), aceite de xirasol (1)
Século XXI	3,4	Algodón (15), coco (10)

B. Por plantas transxénicas

Ata 1995	6,4	Goma (5), tabaco (2), millo (1), patacas (1)
1995-2000	17,5	Remolacha azucreira (16), bananas (16), algodón (15), arroz (6), soia (3), xirasol (1)
Século XXI	21,7	Café (27), cana de azucre (16), cacao (15), coco (10), té (4), aceite de palma (3), trigo e fariña (3)

C. Por plantas paratransxénicas

Non existen predicións

Táboa 8. Incidencia da Biotecnoloxía clásica e molecular nas economías de países en vías de desenvolvemento a finais do século XX e previsións para a primeira década do XXI (medido como exportacións x 10⁵ millóns de USD)¹.

¹ Os números entre parénteses aluden ó número de países incluídos no estudo.

CONCLUSÓNS

Con estas notas pretendemos reflexionar sobre os logros e potencialidades da Biotecnoloxía en diferentes campos de aplicación. A pesar dos seus poucos anos, a Biotecnoloxía contribuíu á resolución de problemas importantes para a Humanidade, dando respostas eficaces en campos tan variados como a saúde, a alimentación e o medio natural.

As contribucións achegadas pola Biotecnoloxía son, ata o de agora, de enorme relevancia, se ben quizais nos encontremos simplemente no principio dunha verdadeira revolución que

permitirá cambia-los sistemas produtivos e que afectará decisivamente a calidade de vida dos cidadáns.

REFERENCIAS

Bolívar, F., e outros, *Construction and characterization of New Cloning Vehicles. II, Multipurpose System*. Gene II, 1997, 95-113.

Cohen, J., e outros, *Construction of Biologically Functional Bacterial Plasmids in vitro* PNAS 70, 1973, 3240-3244.

Cohen, J., "The genomics Gamble", *Science*, 275, 1997, 767-776.

Correa, C. M., *Innovación y producción en América Latina*, Bos Aires, Arxentina, Colección CEA-CBC, 1996.

—— "Private Biopharmaceutical Capacity in Developing Countries",

Biotechnology and Development Monitor, 9, 1999, 7-8.

Glick, B. R., e J. P. Pasternak, *Molecular Biotechnology. Principles & Applications of Recombinant DNA*, American Society for Microbiology, EUA, ASM Press, 1994.

Sasson, A., *Biotechnologies in Developing Countries: Present and Future*, volume 1, Regional and National Survey, France, ONU Publishing, 1993.

—— *Biotechnoloxías aplicadas a la producción de fármacos y vacunas*, Cuba, Elfos Scientiae, 1998.

Tombs, M. P., *Biotechnology & Genetic Engineering Reviews*, Reino Unido, Intercept Ltd., 1997.

Villa, T. G., e J. Abalde, *Profiles on Biotechnology*, Santiago de Compostela, Servicio de Publicacións da Universidade de Santiago de Compostela, 1992.



MENTE E CEREBRO

Carlos Acuña Castroviejo*
Universidade de Santiago
de Compostela

Os principios evolutivos baseados na doutrina de Darwin¹ foron unha ferramenta fundamental para chegar a comprende-las formas e as funcións dos corpos dos animais. Unicamente as ciencias que tratan do cerebro, a mente e a conducta humana quedaron relativamente illadas do poder explicativo deste enfoque, concentrándose en cambio nas operacións e atributos do cerebro e da conducta tal e como os coñecemos hoxe en día.

Se a selección² natural darwiniana é a principal forza organizadora detrás do deseño funcional das especies, evidentemente proporciona un marco teórico para ordena-la enorme cantidade de datos que se acumularon nos últimos anos sobre o cerebro, a mente e maila conducta. Ó trata-lo cerebro e a

mente como unha colección de instrumentos que evolucionan para resolverlos problemas de adaptación cos que se enfrontaron os nosos devanceiros, a lóxica do cerebro e da mente contemporánea tórnase máis clara.

A teoría da selección establece que os individuos de calquera especie que estean mellor adaptados para sobreviviren nas condicións ambientais predominantes son os que se reproducen con máis éxito. Esta teoría viuse reforzada pola Xenética³ e polo coñecemento de que moitos xenes⁴ existen en distintas variantes (alelos⁵), cada un dos cales pode conferirlle características lixeiramente diferentes ó seu portador. Esta variación alélica proporciona o ambiente rico sobre o cal actúa a selección, e cando as situacións

* Catedrático de Fisioloxía

1 C. Darwin, *The origin of species by means of natural selection*, Londres, J. Murray, sexta edición, 1884.

2 Reproducción diferencial e non ó azar de diferentes xenotipos que operan para altera-la frecuencia de xenes nunha poboación.

3 A Xenética é a rama da ciencia implicada en cómo se transmite e cáles son as consecuencias da xeración dos compoñentes da herdanza biolóxica.

4 Secuencias específicas de nucleótidos na molécula de ADN (ácido desoxirribonucleico) que representan as unidades funcionais da herdanza.

5 Formas mutuamente exclusivas do mesmo xene, que ocupan idéntico lugar en cromosomas homólogos e gobernan o mesmo proceso bioquímico e de desenvolvemento.

cambian os individuos que levan outros alelos vólvense os mellor adaptados e, xa que logo, os de máis éxito. Engadidas á fonte da variación alélica, as mutacións⁶ ou mesmo os cambios maiores no xenoma⁷ producidos pola reordenación⁸ dos cromosomas poden, en condicións axeitadas, producir maiores desvíos na forma e tamén na función. Esta selección darwiniana, con todo, non nos informa sobre o progreso, o éxito ou o fracaso, ou a competencia dunha especie.

A ciencia da evolución unifica a bioloxía, desde as moléculas ata a condicta máis complexa. Baixo a ampla diversidade do deseño animal descansan uns principios organizadores unificadores e un proceso común de desenvolvemento. O descubrimento de que os vertebrados e os invertebrados expresan xenes similares (por exemplo, os xenes *homeobox*⁹) durante o desenvolvemento de rexións aproximadamente comparables tivo un impacto enorme, e non menor na promoción da re-emerxencia do campo da bioloxía evolutiva do desenvolvemento.

A EVOLUCIÓN DO CEREBRO HUMANO

ESTRUCTURA, ONTOXENIA¹⁰ E FILOXENIA¹¹

Se o que fai humano o home é o seu cerebro, ¿que é este órgano dotado desas calidades?, ¿é unha máquina, unha computadora? Non, é un biosistema. Esta distinción é fundamental xa que os biosistemas teñen historia, filoxenética e ontoxenética, e están dotados das leis e propiedades de tódolos seres vivos.

O cerebro contén dous tipos principais de células. As neuronas son os elementos que producen sinais de maneira activa. As células gliais son máis numerosas, de varios tipos e con funcións diversas; un tipo de glía actúa como elemento estrutural do cerebro; outros teñen funcións de mantemento do medio interno cerebral (homeostase¹²). No cerebro hai varios tipos de neuronas, pero todas teñen un patrón xeral similar (figura 1.A). O corpo celular (soma) contén o núcleo e varios orgánulos implicados en funcións de

6 Calquera cambio detectable e herdable no material xenético non producido por segregación xenética ou recombinación, que é transmitido a células fillas e a xeracións sucesivas, sempre e cando non sexa un factor letal dominante.

7 O complemento xenético completo dun organismo. Encóntrase nun grupo de cromosomas en eucariotas (células de organismos superiores que conteñen un verdadeiro núcleo rodeado por unha membrana nuclear).

8 Ordenación de maneira diferente das rexións dos cromosomas. Os cromosomas son as estruturas dentro do núcleo das células do home que conteñen o material hereditario (ADN). Normalmente hai 46 cromosomas no home, incluíndo dous que determinan o sexo do individuo, XX para a muller e XY para o home.

9 Do grego *homeo*, 'similar', e do inglés *box*, 'caixa', refírese a unha secuencia no ADN, común ós xenes que dirixen o desenvolvemento da estrutura corporal en, virtualmente, tódolos animais, incluíndo vermes, moscas, paxaros, ratos e o home.

10 Desenvolvemento do individuo, referido en especial ó período embrionario.

11 As relacións de grupos de organismos reflectidas nas súas historias evolutivas.

12 A tendencia á estabilidade nos estados corporais normais (ambiente interno) do organismo. Prodúcese por un sistema de mecanismos de control activados por un *feedback* negativo.

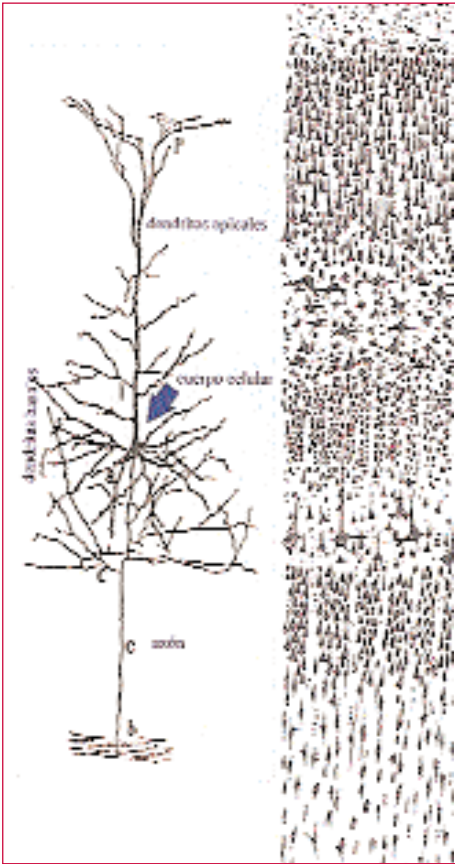


Figura 1. A: neurona da corteza cerebral. e: axón; a, l e p: dendritas. O soma neuronal é a parte central máis escura. B: corte da corteza cerebral visual do home, mostrando os tipos de neuronas en cada lámina horizontal. A parte superior é a superficie da corteza e a inferior continúa coa substancia branca¹³.

síntese para o mantemento da función neuronal. Do soma, que pode medir entre unhas dez e cen micras de diámetro, saen unhas arborizacións chama-

das dendritas que reciben moitos contactos procedentes doutras neuronas; estes contactos chámanse sinapse. Os sinais doutras neuronas chegan sempre a través da sinapse. Cada neurona emite un axón, unha prolongación da neurona de lonxitude variable, desde algunhas micras ata cento cincuenta centímetros. O axón é a vía de saída da neurona, que leva os sinais ata outras neuronas a través da sinapse. Os sinais xerados nas neuronas condúcense como un impulso nervioso a través do axón. A velocidade de condución é finita e varía segundo o tipo de neurona, pero é constante ó longo de cada axón. O impulso nervioso xérase mediante un mecanismo electroquímico que consome enerxía, orixinando o potencial de acción, un cambio transitorio rápido no potencial eléctrico da membrana da neurona que se despraza a velocidade constante desde o soma ata o final do axón, o terminal sináptico.

O volume do cerebro do home é duns 1.370 ml, e a corteza cerebral contén uns 28 billóns de neuronas cada unha conectada coa outra por medio dun gran número (de un a dez trillóns) de contactos sinápticos. Santiago Ramón y Cajal (1904) estableceu o dogma de que a relación entre as células nerviosas é de contigüidade, non de continuidade. Para saltar esa separación entre unha e outra neurona no contacto sináptico necesítase unha substancia química que transmita o sinal entre

elas. Estas substancias chámanse neurotransmisores. Cando o potencial de acción chega ó terminal sináptico, promove a liberación dun neurotransmisor que leva o sinal á seguinte neurona. Os neurotransmisores únense a lugares específicos na membrana das neuronas chamados receptores. Un dos maiores avances na Neurofarmacoloxía do século XX foi o coñecemento dos tipos de neurotransmisor, de receptor e da interacción neurotransmisor-receptor.

Outro dos descubrimentos máis importantes da Neurociencia foi o da plasticidade sináptica, no que se mantén que a eficacia da transmisión nunha sinapse neuronal —e a formación

inicial de sinapse durante o desenvolvemento— depende do nivel de actividade sincrónica nas neuronas. A plasticidade sináptica é un factor importante na ontoxenia dos circuitos neuronais na corteza cerebral. Durante a ontoxenia, os axóns son guiados por sinais químicos ata establece-los seus contactos. A estabilización e o refinamento posterior deses contactos sinápticos depende en parte da actividade dos circuitos. Algúns deses contactos fortalécense, mentres que outros se debilitan e mesmo desaparecen dependendo da actividade sincrónica nesas neuronas. Polo tanto, no nivel sináptico, non hai dous cerebros iguais e debido á súa experiencia cada cerebro está cambiando continuamente. Existe

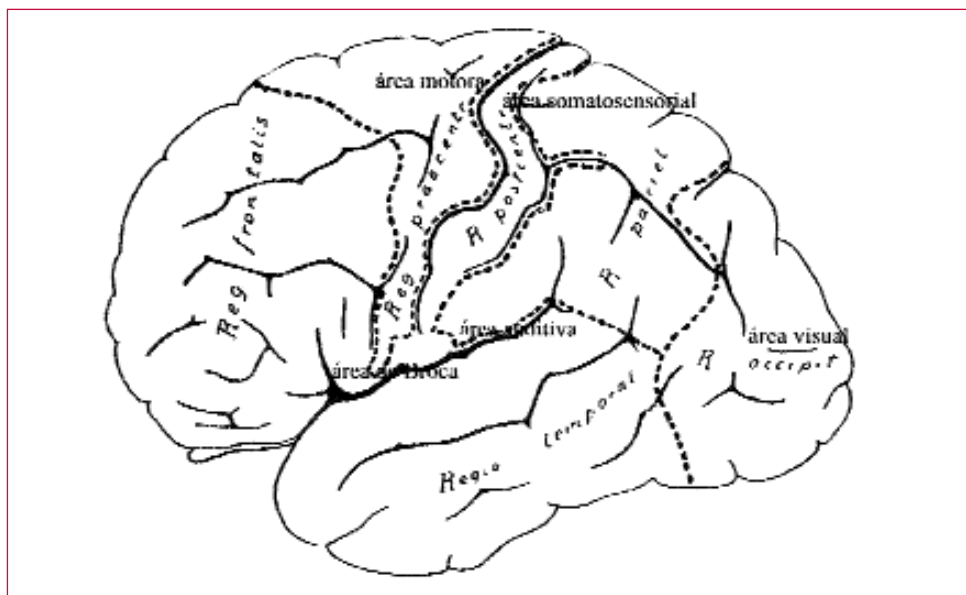


Figura 2. Vista lateral do hemisferio cerebral dereito do home. Sinálanse as rexións frontal, temporal, parietal e occipital. A rexión arredor da fisura de Rolando subdivídese en dúas rexións, a pre- e a poscentral (Brodman, 1909).

a evidencia de que os mecanismos de plasticidade sináptica son as bases da aprendizaxe e da memoria.

A cortiza cerebral¹⁴ (figura 1.B) ten unha estrutura formada por, en xeral, seis láminas horizontais constituídas por diferentes tipos de neuronas; as neuronas de cada lámina están interconectadas a través de conexións verticais formando unha columna; cada columna de neuronas está conectada a outras a través de conexións horizontais. Esta estrutura fundamental é o módulo básico para o procesamento da información no cerebro. A riqueza de conexións sinápticas, determinada pola plasticidade sináptica, determinará as características —é dicir, a eficacia— deste procesamento.

¿Como se desenvolve e como evolucionou a cortiza cerebral? (figura 2) Durante o transcurso da evolución, a cortiza cerebral incrementou a súa superficie pero non o seu grosor, unha tendencia que pode apreciarse nun período relativamente curto da evolución dos primates. A cortiza do home só é un quince por cento máis grosa cá dos macacos, pero é dez veces maior en superficie. É indubidable que para comprender cómo medrou esta estrutura tan complexa no transcurso da evolución dos mamíferos, necesitamos

examina-los cambios celulares que se produciron durante a ontoxenia do cerebro¹⁵.

Os xenes e as moléculas que controlan as primeiras etapas da xénese da cortiza cerebral son bos candidatos para determina-lo tamaño e o patrón básico da organización cortical específica das especies. Pasko Rakic¹⁶ demostrou que, durante o desenvolvemento, a cortiza cerebral está formada por un elevado número de unidades radiais, cada unha delas constituída por un grupo de neuronas relacionadas clonicamente¹⁷ producidas no mesmo lugar da zona proliferante que dá orixe á cortiza cerebral. O incremento da superficie da cortiza cerebral puido ocorrer mediante a adición de unidades radiais, tanto como resultado de divisións extra das células fundadoras da zona proliferante como, posiblemente, por alteración do momento e da velocidade á que morren células fundadoras superfluas.

A zona proliferante ou ventricular (está próxima ó ventrículo cerebral durante o período embrionario, de aí o seu nome) vai orixina-las neuronas da cortiza cerebral e alí encóntranse moitas células precursoras en período de división, de aí o seu nome de 'proliferante'. As células migran cara á placa

14 Manto duns 3 mm de espesor que cobre a superficie do cerebro. Está formado por células (neuronas e glía) dispostas en láminas paralelas á superficie do cerebro.

15 S. J. Gould, *Ontogeny and Phylogeny*, Cambridge, MA, Harvard University Press, 1977.

16 P. Rakic, "Specification of cerebral cortical areas", *Science*, 241, 1988, 170-176.

17 Os clons celulares son un grupo de células idénticas xeneticamente que descendén, en células eucariotas, por mitose dunha célula ancestral única común.

cortical en desenvolvemento que está por baixo da superficie da pia¹⁸. A migración entre a zona proliferante e a placa cortical realízase formando un regueiro de neuronas: as unidades radiais. Varios mecanismos celulares determinan a localización exacta das neuronas que se van formando nas tres dimensións da cortiza cerebral. A posición de cada neurona é moi importante cando empezan a formarse conexións intrínsecas e extrínsecas e cando comezan a emerxer as áreas corticais. A superficie da cortiza vén determinada polo número de unidades radiais formadas polas células fundadoras na zona ventricular. Isto implica que o incremento da superficie cortical durante a evolución puido realizarse mediante o incremento de novas unidades radiais¹⁹. Un corolario é que os xenes que controlan a produción de células na zona ventricular durante as primeiras etapas do desenvolvemento do embrión poderían determina-lo tamaño da cortiza cerebral. Cambios relativamente pequenos no momento das divisións celulares poderían ter grandes consecuencias funcionais; por exemplo, incrementaríase o número de células fundadoras, e como inicialmente a proliferación é exponencial, duplicaríanse o número de células fundadoras e, xa que logo, o número de

columnas radiais. Estes cambios poden explica-las diferencias de dez veces o tamaño da superficie da cortiza cerebral nos macacos e no home.

A morte celular (apoptose²⁰) pode ser tamén un factor de control do número de células na zona proliferante ventricular. A apoptose é un proceso complexo, polo que as mutacións en certos xenes poden afecta-lo momento en que ocorre e desta forma altera-la produción de células destinadas para estruturas cerebrais específicas. A alteración do balance entre formación e apoptose de células na zona proliferante puido ser un mecanismo mediante o cal as mutacións influirían na expansión da cortiza cerebral durante a evolución.

Para comprende-lo proceso da evolución é necesario examina-los seus produtos: a morfoloxía actual nun certo número de especies. A comparación revela similitudes e diferencias que nos permiten facer inferencias sobre os mecanismos que conduciron ás estruturas actuais. Características comúns puideron herdarse dun antepasado común. Se unha estrutura non está presente entre dous especies pódese asumir que evolucionaron de maneira independente.

18 Ou piamáter: membrana que cobre a superficie da cortiza cerebral.

19 P. Rakic, "A small step for the cell, a giant leap for mankind: a hypothesis of neocortical expansion during evolution", *Trends in Neuroscience*, 18, 1995, 383-388.

20 Un dos dous mecanismos polos que ten lugar a morte celular (o outro é por necrose). Apoptose é o mecanismo responsable da eliminación fisiolóxica das células e parece estar programada intrinsecamente. Esta forma de morte celular serve como balance da mitose para regula-lo tamaño dos tecidos dos animais.

A neocortiza²¹ cerebral está dividida en tódolos mamíferos en moitas unidades funcionais, cada unha cunha aparencia diferente, cun patrón de conexións único e con neuronas con preferencias comúns a estímulos (figura 2). A complexidade da conducta²² é paralela ó incremento no tamaño da neocortiza, ó número das súas subdivisións funcionais e á complexidade da súa organización interna. As similitudes e diferencias na organización da cortiza cerebral entre especies son moi claras, o problema é determinar cómo ocorreron eses cambios en tamaño e número e cómo relacionalos con cambios na conducta. Intentáronse varias formas de acometer este problema e revelouuse que existe un plan básico común para a cortiza cerebral en tódolos mamíferos, o que permitiu propoñer algunhas das maneiras en que este plan puido modificarse. Como os tipos de cambios son comúns a tódalas especies e restrinxidos, considérase que detrás hai un mecanismo común. O tamaño da neocortiza cerebral e o número de áreas corticais puido incrementarse mediante a adición de novas aferencias²³ sensoriais desde a expansión da periferia, canda unha expansión do rudimento embrionario da neocortiza, a placa cortical, durante o desenvolvemento. Unha proposta é que os cambios teñen lugar a través de variacións no desenvolvemento do sistema nervioso e que a identidade das áreas corticais resulta dos patróns de

actividade das súas aferencias durante o desenvolvemento.

As áreas sensoriais da cortiza cerebral poden diferenciarse porque cada unha contén unha representación completa dun sistema sensorial periférico, por exemplo, da retina, da pel, da cóclea, etc. (figura 2). As neuronas en cada área teñen respostas específicas ou preferencias a estímulos. Debido a isto é posible determinar estes sistemas en diferentes especies de mamíferos, o que revelou que a organización da neocortiza ten características comúns en tódalas especies, como a presenza de distintas áreas funcionais, incluíndo campos independentes para representala visión, a audición, etc. Este feito indica que tódolos mamíferos, independentemente da súa orixe filoxenética, teñen o mesmo patrón de organización. Cambia, sen embargo, o tamaño e a localización deses campos. En xeral, o tamaño das áreas da cortiza parece relacionado co uso que cada especie fai do órgano periférico. Por exemplo, o gato ten almofadas especializadas nas súas patas dianteiras —probablemente para identificar e captura-las súas presas— e como consecuencia ten unha representación das almofadas moi grande na cortiza somatosensorial; é dicir, o número de neuronas dedicadas ás almofadas é moito maior có número das dedicadas a representa-lo rabo, que usa menos. Da mesma maneira, o incremento no tamaño da súa área

21 Cortiza cerebral de aparición filoxenética máis recente.

22 A resposta observable dunha situación e os procesos inconscientes subxacentes.

23 Sinais nerviosos que chegan a unha zona determinada do sistema nervioso.

auditiva pode tamén indicar un aumento na especialización funcional.

A organización da cortiza parece outrosí reflecti-la conducta social. Por exemplo, os marsupiais con conducta social máis elaborada (por exemplo, a vida en comunidades, a defensa común ante predadores) posúen zonas corticais moito máis desenvolvidas ca outros marsupiais que non teñen esa conducta social. En xeral, a diversidade da organización cortical vai parella á especialización relacionada coa función. Tódolos mamíferos teñen unha constelación común de campos corticais e as súas modificacións son limitadas. Aínda que o tamaño e a organización interna cambien, os campos corticais nunca desaparecen completa-

mente. Mesmo se algunha función está pouco desenvolvida, como a visión nas toupas, hai un campo visual mínimo desenvolvido na súa cortiza cerebral.

Outra tendencia no desenvolvemento filoxenético é o incremento na cantidade de cortiza cerebral que aparece entre as áreas sensoriais primarias²⁵ (figura 3). Os primates teñen moita máis cortiza entre as áreas primarias visuais, somatosensoriais e auditivas có resto dos mamíferos. Por exemplo, os marsupiais teñen dúas ou tres áreas visuais, mentres que o mono macaco ten máis de vinte. O punto importante é o incremento na superficie cortical e no número de campos que aparecen entre os campos sensoriais primarios.

Nalgunhas especies engadíronse novos campos corticais cun cambio concomitante no patrón ou no peso das conexións entre áreas que altera a relación entre os campos existentes. Como resultado, estruturas que se mantiveran desde antepasados comúns poden desempeñar novas funcións, é dicir, son homólogas. Por exemplo, os receptores representados na área somatosensorial primaria cambiaron durante a evolución; no *platypus*²⁶ están representados receptores mecano-sensoriais e electro-sensoriais, mentres que nos primates se intercala a representación de

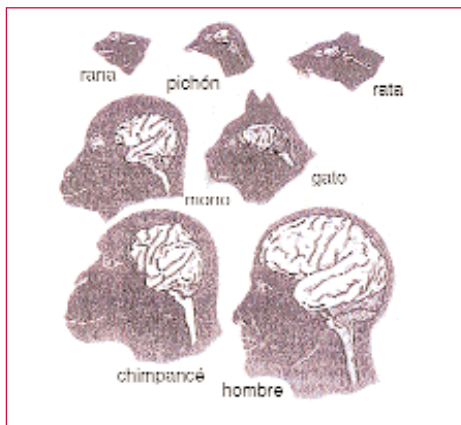


Figura 3. Cerebros de varias especies de vertebrados, desde a rana ata o home²⁴, pasando polo mono.

24 Baseado en M. R. Rosenzweig e A. L. Leiman (1982), *Physiological Psychology*, D. C. Heath & Co.

25 Aquelas zonas da cortiza cerebral que primeiro reciben os sinais dunha modalidade sensorial dada (somestesia, visual, auditiva, olfatoria, gustativa).

26 Un pequeno mamífero ovíparo acuático da orde dos monotremas.

receptores mecano-sensoriais de adaptación lenta e rápida.

En resumo, especies moi separadas —pertencentes ás tres ramas principais da árbore evolutiva dos mamíferos— amosan algunhas similitudes nas divisións básicas da neocortiza. Todas teñen subdivisións corticais independentes que responden preferentemente a unha ou máis das modalidades sensoriais. Cada campo ten unha organización topográfica e unha aparencia microscópica xeral similar, o que indica que os campos son homólogos ou herdados dun antepasado común en vez orixinárense independentemente en cada especie. Este plan básico é tan robusto que está presente en animais moi especializados e ata nos primates.

¿Que mecanismos produciron eses cambios durante a evolución? Semella probable que estivesen implicados diferentes procesos no cambio de tamaño e complexidade dunha área, no número de áreas e nas súas localizacións. As mutacións xenéticas que alteran o número de divisións celulares durante o desenvolvemento son unha posible causa do incremento do tamaño dunha área ou da súa complexidade. Os cambios na periferia sensorial como resultado de mutacións que alteran o número e o tipo de receptores nun órgano sensorial poden influír no tamaño dun campo cortical ó modificá-las condicións de desenvolvemento, así como contribuír á organización do campo no individuo adulto a través de mecanismos dependentes do uso.

Nun sentido amplo, acontecementos ambientais, como a aparición da cultura ou a aprendizaxe social, poden influír no desenvolvemento cortical e axudar ós cambios dinámicos no cerebro adulto. Por exemplo, a evolución da linguaxe no home debeu de producir cambios dependentes do uso na organización da cortiza cerebral. A área de Broca (figura 2) —área primaria para a produción da linguaxe— pode considerarse como a expansión dependente do uso da representación das estruturas orais na cortiza motora. Modificacións estruturais e funcionais na periferia axudan a poñer en marcha a especialización funcional cortical.

A aparición de novas áreas corticais entre as áreas primarias puido xerarse como resultado de cambios nas aferencias, que crearían combinacións de aferencias novas. Se a actividade dos novos sinais aferentes se correlaciona co dos sinais aferentes xa existentes procedentes da mesma parte do corpo, pódense formar novos módulos. A agregación deses novos módulos funcionalmente similares, cunha redistribución a unha nova localización, puidera dar lugar a unha nova área. Eses cambios poden ocorrer con bastante rapidez na evolución. Por exemplo, a cortiza somatosensorial do raposo voador (un megaquiróptero, probablemente ramificación precoz da liña dos primates e, polo tanto, unha etapa primitiva na evolución da cortiza cerebral dos primates) ten tres áreas; nunha delas represéntase o tacto profundo e o superficial. Os primates

teñen catro áreas, e o tacto superficial e o profundo están representados en áreas independentes.

Existe entón a evidencia de que as grandes diferencias na organización da corteza cerebral nos mamíferos actuais pode explicarse por cambios na morfoloxía do corpo, incluíndo a adición ou modificación dos receptores sensoriais, de influencias ambientais e de cambios no tamaño da lámina cortical no desenvolvemento. Como a conducta supe-

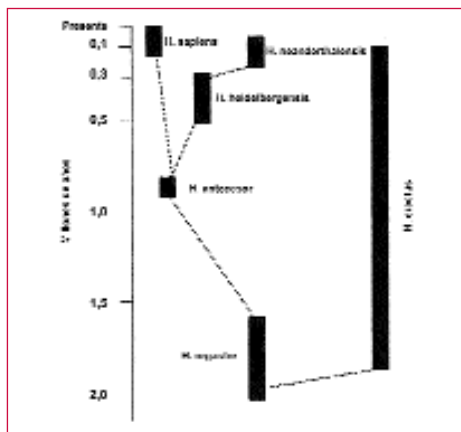


Figura 4. *Homo* ó longo dos dous millóns de anos pasados, comezando nunha división entre o *H. erectus*, que migrou a Asia, e o *H. ergaster* que despois migrou en varias ondas a Europa pero que tamén retivo unha poboación en África. O *H. ergaster* puido chegar a se-lo *H. antecessor*, que parece que deu orixe a dúas liñas: unha, os predecesores dos Neandertal, migraron a Europa mentres que os outros ficaron en África e chegaron a se-los *H. sapiens*, que emigraron a Europa e a Asia hai uns 70.000 anos (baseado en M. C. Corballis, 1998²⁷).

rior, as actividades cognitivas e a linguaxe están claramente ligadas á corteza cerebral, deberon orixinarse a través dun proceso similar. Esta perspectiva conduce a un novo grupo de regras para estudialas funcións cognitivas, porque o incremento da capacidade cognitiva, a linguaxe e as habilidades sociais asociadas co home están suxeitas a cambios na morfoloxía externa, ó ambiente e á rede interna de procesamento sensorial. As funcións superiores non poden separarse deses factores. A evolución da mente é a evolución do cerebro, que depende de efectos xenéticos e epixenéticos sobre o desenvolvemento do sistema nervioso.

Podemos afirmar que a arquitectura da mente ten as súas bases na arquitectura do cerebro. O tamaño e a complexidade da corteza cerebral é unha das características distintivas dos primates, especialmente do home. Para comprender cómo evolucionou a mente humana debemos coñecer as presións, influencias e mecanismos que moldearon a evolución desta corteza cerebral.

Existe un plan básico para a organización da corteza cerebral en tódolos mamíferos. Estes patróns de organización cortical puideron orixinarse a partir dunha combinación de requisitos ambientais e de cambios nos programas de desenvolvemento. O desenvolvemento é a etapa sensible na que pode actuar a selección. ¿Como operan esas

27 "Evolution of the human mind", en *Advances in Psychological Science*, vol. 2: *Biological and Cognitive Aspects*, M. Sabourin, F. Craik e M. Robert (eds.), páxs. 31-62, Hove, Inglaterra, Psychology Press/Erlbaum.

influencias no ámbito xenético e celular?

A cortiza cerebral dos mamíferos actuais está formada por seis láminas e teñen unha organización modular. Aínda que os tipos neuronais difiren significativamente no detalle, todos utilizan os mesmos grupos de neurotransmisores e receptores. Os diferentes mamíferos elaboran cortizas grandes ó aumenta-las áreas corticais sensoriais primarias e as áreas motoras²⁸ (figura 2) e ó elaborar novas áreas corticais. Un dos acontecementos máis rechamantes da bioloxía evolutiva é o incremento do cerebro homínido (de 400 a uns 1300 gramos) que está asociado a un incremento nas habilidades manuais, á adquisición dunha cultura de útiles de pedra, de vida familiar e, quizais máis tarde, dunha linguaxe e culturas actuais. O aumento de tamaño do cerebro foi acompañado da expansión da cortiza dos lóbulos parietal e temporal, da aparición das áreas corticais da linguaxe e dun incremento na asimetría entre os hemisferios cerebrais. O cerebro do *homo sapiens* non semella ter cambiado un chisco o seu tamaño, forma ou morfoloxía externa des que a especie apareceu hai cen mil anos. Parece difícil de crer, sen embargo, que a transición do home das cavernas ata o actual tivese lugar sen cambios importantes nas características de operación do cerebro (figura 4). Tales cambios evolutivos puideron ocorrer dentro dos parámetros da estrutura cerebral, polo que as modificacións no

procesamento dinámico do cerebro poden non se revelar en cambios do tamaño ou morfoloxía externa.

A preadaptación foi unha das contribucións máis significativas á evolución. A preadaptación é o concepto de que unha estrutura, función ou habilidade pode chegar a modificarse para executar unha función nova, e a miúdo non relacionada. Estudos comparativos da cortiza cerebral están revelando cómo o mapa básico da periferia sensorial chegou a modificarse para propósitos especiais en mamíferos tan apartados como os monotremas e os monos.

Unha forma de preadaptación é que unha estrutura engada novas funcións a outra existente. A boca, que se especializou para respirar e comer, é un exemplo interesante xa que proporcionou unha preadaptación na evolución do home que permitiu o desenvolvemento da fala. Aínda que a lingua e os dentes evolucionaron para manipular a comida, fixéronse esenciais para a articulación lingüística. O achado de neuronas na cortiza do lóbulo prefrontal (área F5) que se activan cando un mono observa outro que realiza xestos ou manipulacións é de grande interese. Estas neuronas, chamadas especulares, xa que reflicten o que outro mono fai, poden se-la evidencia dun sistema que permita a representación directa entre a produción e a percepción de xestos intencionais. A área F5 nos monos é a equivalente á de Broca no home, a área

28 Aquelas zonas da cortiza cerebral de onde saen os axóns que levan as ordes para o movemento.

cortical máis importante involucrada na produción da linguaxe. Como o antepasado común dos monos e do home viviu hai uns trinta millóns de anos, as preadaptacións neurofisiolóxicas para, polo menos, algúns aspectos da linguaxe puideron ter lugar moito antes do que se pensaba.

Aínda que o bipedalismo e a liberación das mans puideron lanza-la comunicación xestual, o primeiro homínido aínda tiña o cerebro dos grandes monos. O enorme incremento do tamaño do cerebro que distingue o home moderno dos grandes monos empezou hai máis de dous millóns de anos (figura 4) coa emerxencia do xénero *homo*, asociada coa primeira evidencia da fabricación de utensilios de pedra. Os cambios no tracto vocal necesarios para produci-la linguaxe parece que ocorreron relativamente tarde na evolución do homínido e aínda do Neandertal, que viviron hai só trinta mil anos, e probablemente eran anatómicamente incapaces de producir unha linguaxe articulada. Algúns investigadores pensan que a linguaxe non apareceu ata que xurdiu o *Homo sapiens*, pero parece bioloxicamente máis plausible que un sistema tan complexo como a linguaxe se desenvolvese gradualmente a través da evolución do homínido.

O paso de usa-la man para xesticular a emprega-la boca traería varias vantaxes: requiríase menos enerxía; a comunicación podía continuar na escuridade e entre grandes distancias; as mans estaban libres. Estes feitos facili-

tarían a ensinanza ó mesmo tempo que se facían demostracións e probablemente se aceleraría a manufactura e a tecnoloxía. O reduci-la linguaxe a un fluxo temporal forza os símbolos a ser menos icónicos e, polo tanto, máis simbólicos, o que aumentaría a capacidade de almacenamento e a habilidade para asociar e abstraer.

Pero eses cambios non se fixeron sen custo, xa que unha forma puramente temporal de comunicación impón unha gran carga na temporización precisa e no patrón temporal. Isto puido proporcionar unha gran presión na asimetría cerebral para a linguaxe, xa que o control preciso da secuencia temporal sería máis doada de executar dentro dun único hemisferio cerebral, sen a necesidade de utilizar conexións entre os dous, que son relativamente lentas. Unha consecuencia do cambio á linguaxe vocal puido ser unha asimetría programada xeneticamente, quizais imposta sobre asimetrías débiles preexistentes, que se reflicten, no home moderno, na forte tendencia da poboación ós destros e na dominancia do hemisferio esquerdo para a linguaxe.

As preadaptacións non teñen que ser por forza só estruturais; moitas actitudes do home, incluíndo a emoción de desgusto ou as manifestacións —mediadas polo sistema nervioso autónomo— do amor, como o avermellarse, poden te-la súa orixe en ancestrais mecanismos protectores ou estratéxicos do homínido.

Outro concepto importante é o de modularidade, a idea de que o cerebro e a mente están formados por moitas unidades, cada unha ó servizo dunha función particular e utilizando mecanismos adaptados a ela, en vez de ser unha máquina de propósito xeral. A organización modular reflíctese no desenvolvemento de habilidades conceptuais nos nenos, e os experimentos que revelaron esas habilidades son un exemplo de 'enxeñaría ó revés', despezar un sistema para ver cómo funciona. O mesmo enfoque, guiado polos principios evolutivos, estase a utilizar para analiza-las funcións da mente tales como a linguaxe, as emocións ou a aparente conducta irracional (por exemplo, comer feces). O enfoque oposto—utilizado por investigadores da vida artificial e por algúns deseñadores de robots—é empregar principios evolutivos para construír un organismo activo desde cero. O máis importante é a demostración de que ve-lo cerebro e a mente a través da lente da selección natural se está revelando un rico filón de ideas. Ó final estas poderían axudar a integra-los enfoques dispares da Neurociencia contemporánea e da Psicoloxía cognitiva.

PERCEPCIÓN²⁹

¿Cal é a relación entre o mundo físico que nos rodea e a nosa experien-

cia perceptiva sensorial? O obxectivo experimental é descubri-los mecanismos cerebrais implicados nas transformacións neuronais que ocorren nas sucesivas etapas do procesamento. As características primitivas dun estímulo (luz, calor, son, forza, substancias químicas) que nos afecta transdúcese³⁰ selectivamente nos terminais periféricos das fibras nerviosas sensoriais (receptores). A nosa experiencia perceptiva está mediada, unha vez que o estímulo desapareceu e cun pequeno atraso temporal, por imaxes abstractas determinadas polas propiedades de transducción dos receptores e polas propiedades de procesamento das redes neuronais cerebrais implicadas. Como estas redes neuronais son propias de cada individuo, a nosa experiencia perceptiva é única. A activación dos receptores xera impulsos nerviosos (potenciais de acción) que se proxectan e reenvían a través das vías sensoriais do sistema nervioso; estes sinais son susceptibles de transformación a cada nivel sináptico, impostos pola microestructura das poboacións neuronais e pola influencia reguladora dos sistemas neurais do sistema nervioso central. Os sistemas sensoriais principais (visión, somestesia, etc.) proxectan as súas conexións ás áreas sensoriais primarias da corteza cerebral coma nun mapa topográfico (figura 2); son as chamadas *representacións*, que nos proporcionan a idea dun reflexo neural no

29 O proceso mediante o cal se recoñecen e interpretan a natureza e o significado dos estímulos sensoriais.

30 Transformación dun tipo de enerxía noutro. Por exemplo, a enerxía electroquímica nos fotorreceptores da retina é a transducción da enerxía luminosa.

cerebro dalgún aspecto particular do mundo sensorial. Algúns sinais van máis ou menos directamente a unha saída motora e realizan as transformacións de coordenadas espaciais unindo as dimensións sensoriais e motoras. Supoñemos que as representacións de entrada se combinan con recordos almacenados de experiencias pasadas, conducindo nun caso a percepción e noutro a patróns de actividade neural que ó se activar producen movementos; en moitos casos están inextricablemente unidos. As representacións neurais no cerebro varían ó longo dun *continuum* desde as isomórficas ó estímulo físico ou patróns de movemento a eses que son máis abstractos.

O método máis productivo utilizado en estudos dos mecanismos cerebrais en percepción é a combinación de medidas psicofísicas³¹ da execución de primates humanos e non humanos mentres realizan tarefas perceptivas, con rexistros simultáneos de sinais da actividade cerebral evocadas polos estímulos das tarefas e as respostas dos suxeitos. A finalidade é identificar as relacións causais entre a conducta e os acontecementos cerebrais e determinar cales deses acontecementos poden mostrarse necesarios e suficientes para a conducta.

Os sinais dos atributos dos diferentes estímulos (por exemplo, de ima-

xes visuais, tacto) proxéctanse a través dos sistemas aferentes a distintas áreas corticais, conectadas entre si, que están especializadas en formas de procesamento dun ou máis atributos, máis que en localización funcional. Non se atopou zona final ningunha de orde superior á que esas zonas proxectasen e na que se integrase unha imaxe neuronal de percepción (figura 6). Unha hipótese é que tales imaxes neuronais están embebidas na actividade dinámica dos mesmos sistemas distribuídos³². En efecto, ó non estar localizada toda a información que necesita o cerebro para realizar unha tarefa determinada, a conclusión inevitable é que os procesos sensoriais, cognitivos e motores resultan de interaccións paralelas entre grandes poboacións de neuronas distribuídas entre múltiples estruturas da corteza cerebral e subcorticais. De aquí derivou a necesidade da 'unión', é dicir, do proceso responsable da unión funcional desta actividade distribuída. Esta hipótese deu lugar ó 'problema da unión': ¿como se unen e recoñecen as actividades neuronais dentro e entre os nodos dun sistema distribuído como un estado de representación coherente da percepción? A solución proposta é que a unión se permite gracias a unha sincronización transitoria da actividade neuronal nas diferentes rexións do sistema. A hipótese da unión está limitada xa que non ofrece solución ó

31 A Psicofísica é a ciencia que correlaciona as características físicas dun estímulo (por exemplo, a súa intensidade) coa resposta a ese estímulo, para explicar os factores psicolóxicos implicados na relación.

32 Un sistema formado por calquera combinación de grupos neuronais interconectados, coa finalidade de transmitir, recibir e procesar información.

eterno problema: ¿que ocorre a continuación? É dicir, ¿que mecanismos neuronais poden imaxinarse que recoñezan a presenza ou ausencia de sincronización a unha frecuencia particular, e identifiquen o patrón como o evocado por un evento externo particular?

¿CALES SON AS FUNCIÓNS BÁSICAS DA CORTIZA CEREBRAL?

A contestación directa é que non o sabemos. Sobre a base do dito ata agora puidera supoñerse que coñecemos moito sobre a función da cortiza cerebral, pero non é así. O coñecemento dispoñible é fenomenolóxico³³, con poucas explicacións dos mecanismos. Sabemos moito da ‘xeografía’ do cerebro e das súas conexións. Foron respostas ás preguntas de ‘onde’, formuladas no século XX. Tales respostas revelan pouco sobre as características operativas do cerebro. O que necesitamos para unha comprensión da función cerebral é coñece-los mecanismos da actividade dinámica de grandes poboacións de neuronas nos sistemas cerebrais.

Dous dos principais problemas da Neurociencia que non se deron resolvido son, o primeiro a natureza das operacións dinámicas nos microcircuitos locais e nos sistemas distribuídos da cortiza cerebral. Atribuíronse moitas funcións da cortiza cerebral no ámbito fenomenolóxico, tales como a

detección do limiar dos estímulos, amplificación, converxencia de características dos estímulos, sincronización, etc. Ningún deles, sen embargo, se comprende completamente no ámbito da operación dos circuitos locais. O segundo problema sitúase a maior escala: ¿cales son as operacións neuronais dentro dos sistemas distribuídos da cortiza cerebral? Aquí o fenómeno de converxencia de características dos estímulos alcanza a súa expresión máxima nos sistemas distribuídos dos lóbulos parietal, temporal e frontal. Nas neuronas do lóbulo parietal intégranse combinacións de características sensoriais e motoras integradas con mecanismos neuronais asociados a estados de motivación. Aínda que coñecemos-las propiedades funcionais dos sistemas distribuídos do lóbulo parietal, descoñecemos-las operacións corticais que as producen.

Esas dúas preguntas tratan con accións en poboacións neuronais que varían en número desde uns centos de neuronas nunha columna cortical a millóns nos sistemas distribuídos. Pero teñen unha calidade en común: as propiedades dinámicas das accións das poboacións neuronais non poden deducirse da acción de neuronas individuais dentro delas. As propiedades das poboacións non son a simple suma das partes, emerxen da actividade dinámica como un todo. As propiedades emerxentes cerebro-mente non son

33 A rama dunha ciencia que clasifica e describe os seus fenómenos sen intentar explicalos.

iguais, da mesma maneira que pulmóns e respiración non son idénticos.

NEUROCIENCIA COGNITIVA

Este novo campo formouse pola unión de certos aspectos da ciencia cognitiva³⁴ coa Neurobioloxía do cerebro humano, coa finalidade de descubrir cómo funcionan os cerebros humanos durante a reflexión. Quizais é a máis humana das ciencias xa que está implicada na natureza do coñecemento e en cómo o adquirimos e usamos. O

tema central das ciencias cognitivas, formulado en termos actuais, é o do concepto das representacións mentais.

Os deseños experimentais dos psicólogos cognitivos e neurocientíficos proceden de deseños da arquitectura cognitiva da percepción, a memoria, a linguaxe, a atención e actividades similares embutidas en tarefas que os suxeitos poidan realizar. Recentemente coincidiu a aparición neste campo dos métodos para ve-lo cerebro do home durante o funcionamento. Son os métodos de imaxe cerebral, como o PET³⁵ e a IRM³⁶. A actividade xerada no cerebro

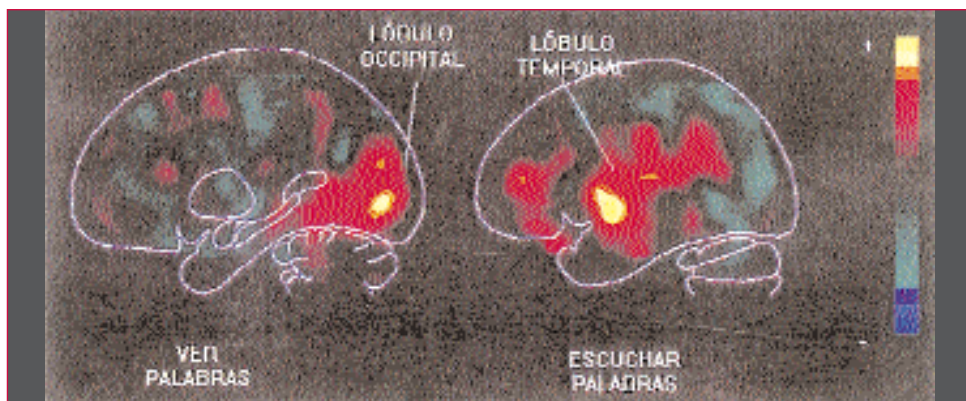


Figura 5. Imaxe de zonas de activación no cerebro do home obtida coa técnica da PET. Cando o suxeito ve palabras prodúcese unha forte activación na rexión occipital, correspondente á área visual. Cando escoita palabras prodúcese unha intensa activación na zona do lóbulo temporal, correspondente á rexión auditiva.

34 Relacionada co proceso de coñecemento, comprensión e aprendizaxe de algo.

35 PET: Positron Emission Tomography (tomografía mediante a emisión de positróns). Require a inhalación ou inxección de moléculas trazadoras marcadas radioactivamente. Proporcionou información da anatomía funcional do cerebro e cómo cambia en diferentes estados de conducta, particularmente cando o home executa tarefas cognitivas.

36 Imaxe por resonancia magnética funcional. A resonancia magnética nuclear (RMN) é un método non invasivo que permite estudos químicos específicos do tecido cerebral vivo. A imaxe mediante resonancia magnética (MRI: magnetic resonance imaging) é un método para visualizar tecidos vivos baseados en sinais de RMN de prótons na auga dos tecidos. O sinal local da auga aumenta co aumento da actividade neuronal. O método proporciona imaxes tridimensionais da anatomía cerebral.

durante a execución das tarefas pode detectarse e localizarse; prodúcense así mapas de actividade cerebral durante os procesos perceptivos, motores e cognitivos (figura 5).

Con esta metodoloxía confirmou-se a localización das áreas sensoriais e

motoras da corteza cerebral do home. Pero eses estudos revelaron que o tamaño desas áreas varía entre individuos e entre hemisferios do mesmo cerebro, e que poden cambiar de tamaño debido a experiencias intensas de tipo sensorial ou motor. Ademais, púxose de manifesto que esas áreas

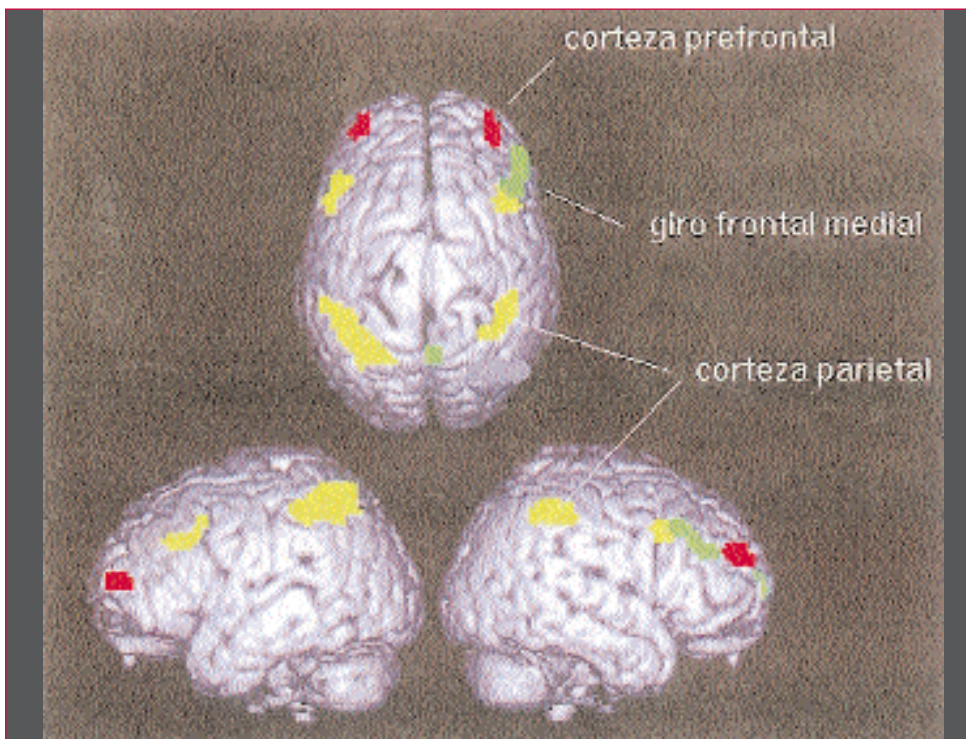


Figura 6. Imaxe obtida mediante RMNf do cerebro humano cando o suxeito realiza unha tarefa na que ten que recordar un obxectivo xeral final mentres executa outras tarefas con obxectivos distintos. Equivalente a cando se nos interrompe cunha pregunta mentres lemos un libro e temos que recordar e volver ó punto onde deixámo-la lectura. As cores amarela, verde e vermella sinalan as áreas da corteza cerebral activadas durante a execución da tarefa. Non hai unha activación de toda a corteza do cerebro, senón que se producen activacións en zonas discretas, distribuídas na corteza cerebral.³⁷

37 Segundo E. Koechlin, *et al.*, *Nature* 399, 148, 1999, 151.

poden estar activas cando un suxeito imaxina experiencias perceptivas ou motoras, pero sen movemento.

De xeito similar tamén se definiu a localización de rexións activas durante operacións perceptivas superiores. Demostrouse que moitas funcións cognitivas que se cría que se localizaban nunha área única da corteza cerebral implican en realidade moitas áreas, frecuentemente moi separadas, nunha disposición distribuída, non xerárquica (figura 6).

Ata a máis simple das operacións cognitivas, incluíndo a linguaxe, a aprendizaxe, o recordo e a atención, están asociadas con grupos máis ou menos diferentes de rexións activas distribuídas por toda a corteza cerebral. Eses nodos de actividade cambian en intensidade e posición no tempo conforme progresa a execución da tarefa cognitiva. É importante notar que as áreas da corteza cerebral entre os lugares activos non amosan signos de activación relacionada coa tarefa. Este é un feito importante, xa que non hai evidencia dunha actividade masiva na corteza cerebral. Finalmente, confirmáronse as funcións da corteza cerebral do lóbulo frontal na memoria do traballo³⁸, en planificación e en accións voluntarias, e mesmo se observaron defectos na activación do lóbulo frontal nalgúns estados psicóticos³⁹ (figura 7).

Estes resultados apoian os conceptos de segregación funcional de certos procesos en rexións localizadas da corteza cerebral e a súa integración funcional na acción dun sistema distribuído formado por moitas rexións locais activas durante a realización de tarefas perceptivas ou cognitivas (figura 6). Pero estes resultados non son máis que respostas elegantes a preguntas 'xeográficas'; só nos informan de 'ónde' ocorren os acontecementos, pero non revelan as operacións neuronais que xeran eses sinais. Esta será a seguinte importante e difícil etapa: descubrir cómo se relacionan eses sinais coa actividade das neuronas que as xeran. Este é un problema crucial que moitos científicos están abordando mediante experimentos con primates non humanos mentres traballan en tarefas perceptivas ou cognitivas. O paradigma experimental inclúe o rexistro simultáneo da actividade cerebral.

A EXPLICACIÓN NEUROBIOLÓXICA DO EU

Unha das preguntas máis problemáticas en filosofía das ciencias biolóxicas é cómo algo chamado 'sentimento' entra nos acontecementos físicos que comprenden un organismo. O problema da consciencia pode describirse en termos de cómo o cerebro xera un sentido de si mesmo (o eu) que é o

38 A memoria é unha función mental complexa que ten catro fases distintas: (1) memorización ou aprendizaxe, (2) retención, (3) recordo e (4) recoñecemento. Clinicamente subdivídese en inmediata, recente e remota. A memoria de traballo é a memoria inmediata, que utilizamos para retermos recordos durante tempos curtos.

39 Trastornos nos que hai unha perda dos límites do *ego* ou unha grande alteración da realidade con delirios ou alucinacións

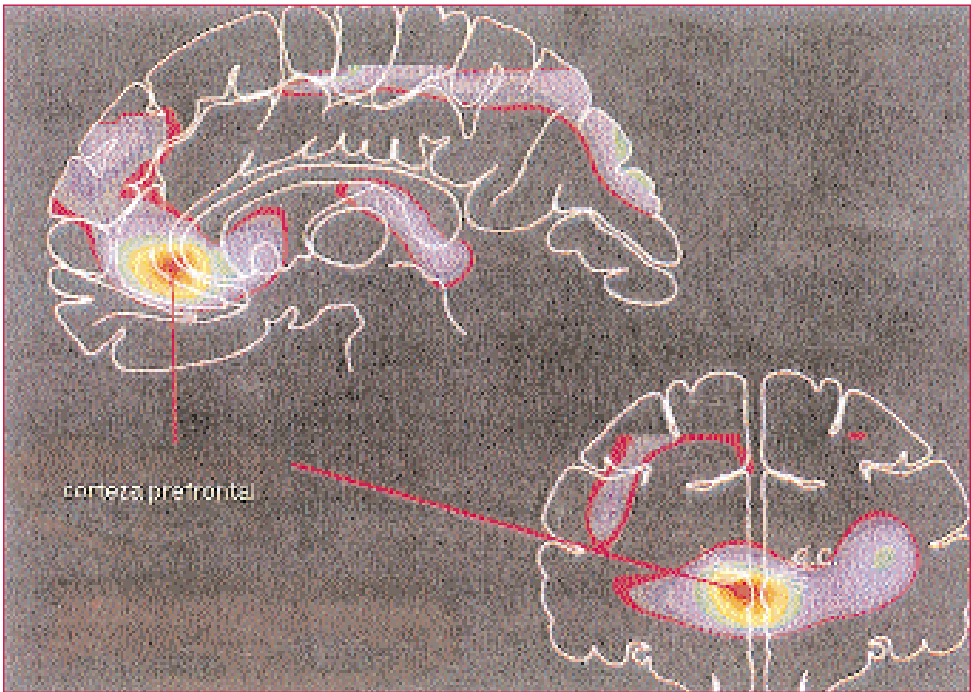


Figura 7. Imaxe obtida mediante a PET nun enfermo psicótico. Hai unha diminución significativa da actividade metabólica na rexión sinalada na corteza prefrontal (á esquerda da imaxe)⁴⁰.

verdadeiro suxeito da experiencia. Moitas das enfermidades que producen os maiores sufrimentos nos seres humanos, como a esquizofrenia⁴¹, son trastornos primarios do eu.

¿Como está organizado o cerebro para facer posible a actividade mental? Esta pregunta, e as súas respostas, é central para comprendeela orixe emerxente da mente. A conciencia dun

mesmo é, quizais, o aspecto evolutivo máis importante: ser consciente de que se é consciente. ¿Cal é a explicación neurobiolóxica do eu? O mantemento dun medio interno estable (homeostase) é imperativo para regula-la vida de calquera organismo. Damasio⁴² suxire que a emerxencia, na evolución, de sistemas neuronais organizados ó servicio desta función proporciona as etapas

40 Baseado en W. C. Drevets *et al.*, *Nature* 386, 1997, 824-827.

41 Un grave trastorno emocional de profundidade psicótica marcado caracteristicamente por un afastamento da realidade con delirios, alucinacións, desharmonía emocional e conducta regresiva.

42 A. Damasio, *The feeling of what happens: Body and emotion in the making of consciousness*, Harcourt Brace, 1999.

iniciais cara á emerxencia do eu. ¿Como xurdiu? ¿Cando xurdiu? A evidencia paleontolóxica apunta a que apareceu moi cedo, nun espazo de centos de miles de anos. Esta evolución tan rápida foi de difícil explicación. A partir de pequenas mutacións nos xenes que regulan a morfoloxía cerebral pódense producir, como levamos visto, grandes cambios na estrutura do cerebro. Estes cambios incorporáranse con gran rapidez ás estruturas cerebrais xa existentes.

A finais da década de 1980, Gerald Edelman propuxo —a partir dun modelo de funcionamento do sistema inmunolóxico, polo que recibiu o premio Nobel de Fisioloxía e Medicina en 1972— que o funcionamento do cerebro podía estar baseado nun sistema de selección, e ofrece unha explicación para esa emerxencia tan rápida no marco da súa Teoría de Selección de Grupo Neuronal. Hai un sistema de selección durante o desenvolvemento do feto e outro determinado pola experiencia durante o resto da vida. Probablemente se ‘programe’ moi pouco durante o desenvolvemento fetal, o que quere dicir que nacemos cun equipo básico moi simple, pero ese deseño permítenos construí-lo noso propio cerebro ó longo da vida. Nesta evolución é crucial o proceso de conectar, correlacionar e xerarquizar-la información. A experiencia —un aspecto importantísimo— non é pasiva, senón que forma parte activa da construción do cerebro.

Naturalmente, o argumento básico está en explicar cómo se incorporan os cambios ós circuítos cerebrais. Para intentar contestar esta pregunta debemos coñecer-la estrutura fundamental do cerebro. É necesario un substrato neuronal, coas súas conexión, é dicir, unha rede neuronal. Ademais, a experiencia utiliza, selecciona ou crea novos circuítos —ou mapas, na terminoloxía de Edelman— nas redes neuronais do cerebro, establecendo conexións adecuadas que permitan soste-la actividade a través de sinais *reentrantes*. Santiago Ramón y Cajal dicíao dunha maneira gráfica: hai que facer ximnasia mental para desenvolve-lo cerebro, da mesma maneira que facemos ximnasia muscular para desenvolve-los músculos do noso corpo.

Para Damasio, o eu ten un precedente pre-consciente biolóxico, o proto-eu, que corresponde a unha colección coherente de patróns neuronais que representan nun mapa, momento a momento, o estado físico do organismo. as principais estruturas do sistema nervioso implicadas inclúen os núcleos do tronco cerebral, hipotálamo, o mesencéfalo e as cortizas insular e somatosensoriais. Este amplo sistema crea unha representación de primeira orde dos estados actuais do corpo. En paralelo créanse mapas sensoriais que representan obxectos, tanto obxectos presentes no mundo coma imaxes mentais. A súa interacción necesariamente altera o estado actual do organismo. Isto conduce á proposición central de que a base para un coñecemento

consciente do eu é un estado de sensación que xorde cando nos organismos se representa un proto-eu non consciente no proceso de ser modificado por obxectos. En esencia, un sentido do eu depende da creación dun mapa de segunda orde, en certas rexións cerebrais, de cómo foi alterado o proto-eu.

Damasio propón distincións conceptuais importantes entre o eu e o eu autobiográfico, entre o núcleo e a consciencia ampla, e entre emoción e sentimento. O núcleo do eu é o protagonista transitorio da consciencia que se xera continuamente a través do encontro con obxectos. En contraste, o eu autobiográfico depende fortemente da formación de recordos duradeiros de experiencias. A identidade persoal é un concomitante obvio do eu autobiográfico.

A consciencia nuclear é unha consecuencia dos mesmos mecanismos que xeran o propio núcleo, co elemento engadido do incremento no procesamento de obxectos que estiveron implicados en xera-lo núcleo. En contraste, a consciencia ampla depende de manter na mente, no tempo, unha multiplicidade de patróns neuronais que describen o eu autobiográfico. Unha implicación importante desta tese é que a consciencia non é o privilexiado dominio dun sistema sensorial, xa que a lesión dunha canle sensorial non ten influencia sobre a consciencia nuclear.

Estamos no albor dunha nova era e nos anos vindeiros participaremos nunha excitante viaxe a través do cerebro e a conducta que nos permitirá comprende-las claves do ser humano.



MEDIO AMBIENTE

Felipe Macías Vázquez
Universidade de Santiago
de Compostela

INTRODUCCIÓN: OS PROBLEMAS AMBIENTAIS

O século XX foi o século del medio ambiente. Ó longo destes pasados cen anos, e de forma particularmente acelerada nos últimos trinta, foise incrementado o noso coñecemento dos procesos que se producen de forma natural na biosfera, e a súa variación ó longo do tempo iniciouse, pero aínda queda moito máis por coñecer: a comprensión da heteroxeneidade e a complexidade das interaccións ambientais. Comprobouse que as actuacións humanas teñen agora un poder de perturbación e modificación das condicións locais moi superior ó existente nos restantes períodos históricos que poden chegar, nalgúns casos, a presentar un carácter global de consecuencias non perfectamente coñecidas pola excesiva simplificación que se realiza na modelización dos procesos ambientais.

Tamén se viu que os recursos necesarios para o desenvolvemento das sociedades humanas son cada vez

máis importantes e diversos, chegando, en moitos casos, ó forzamento da capacidade productiva dos sistemas naturais, e mesmo á súa deterioración ou destrución, con consecuencias serias de modificación de hábitats, perda de biodiversidade e creación de áreas contaminadas que, para seren restauradas requiren, ademais de tempo e coñecementos, importantes esforzos económicos non sempre dispoñibles.

Se a isto se engade o continuo incremento da poboación e as demandas (plenamente xustificadas) de xeneralización da calidade de vida dos países avanzados ós menos desenvolvidos —polo menos das súas manifestacións máis positivas (dispoñibilidade de alimentos, sanidade, acceso á cultura e a unha vida digna para tódolos habitantes...)— compréndese a necesidade de introducir mecanismos legais e políticos de actuación que freeen a deterioración dos recursos, controlen a degradación ambiental e permitan un desenvolvemento das sociedades

* Catedrático de Edafoloxía.

humanas en harmonía co seu contorno. Así é que o medio natural pasou neste século de ser simplemente un subministrador de recursos (en moitos casos de bens libres) a converterse nun elemento importante nos campos científico, económico, lexislativo, político e incluso a ser parte fundamental de moitas das visións ou concepcións do mundo das nosas sociedades.

Emporiso, isto non quere dicir que antes deste século non tivesen importancia os problemas ambientais. Coma en todo, somos herdeiros do noso pasado, das actuacións transformadoras do medio natural realizadas polas sociedades anteriores das que recibimos aspectos negativos como a deforestación (probablemente iniciada desde as primeiras manifestacións humanas pero fortemente acelerada coa Revolución Neolítica e a chegada das 'culturas do lume mediterráneas' coas súas importantes consecuencias de erosión de solos), a intensa transformación en solos agrícolas da maior parte da superficie europea cunha enorme perda de biodiversidade e unha gran simplificación dos hábitats existentes mailos problemas puntuais (nalgúns casos globais) de contaminación dos sistemas naturais, con liberación de elementos retidos nos materiais xeolóxicos á atmosfera, as augas, os solos e organismos bióticos. Cada etapa de desenvolvemento deixou as súas pegadas, sendo particularmente importante o período romano e, sobre todo, desde a Revolución Industrial ata o século XX, se ben hai que dicir que

para a maior parte dos procesos de mobilización de elementos e substancias perigosas de orixe natural e, sobre todo as de orixe antrópica, os últimos trinta ou corenta anos do século XX supoñen cantidades superiores ás do conxunto de tódolos períodos históricos anteriores. Analizaremos este aspecto da contaminación mediante dous esquemas (figs. 1 e 2).

O primeiro, a evolución da liberación de chumbo (un dos metais pesados máis perigosos) á atmosfera ó longo do tempo, para a que existen un gran número de métodos de estudo baseados na análise do contido de

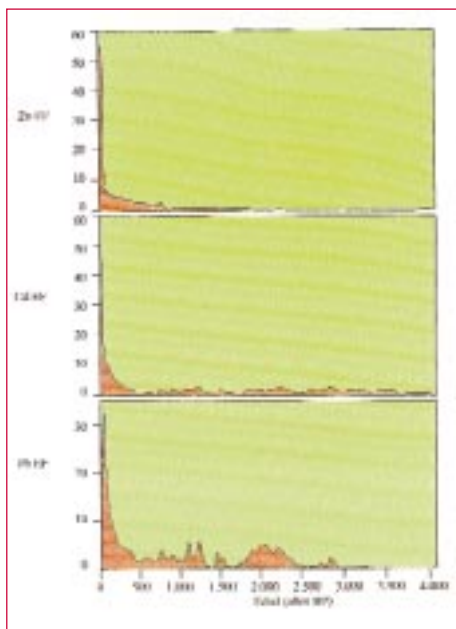


Fig. 1. Variación do contido de Pb, Zn e Cd nos últimos 4000 anos nunha turbeira ombrotrofica da Serra do Xistral. (Martínez Cortizas, *et al.*, 1997).

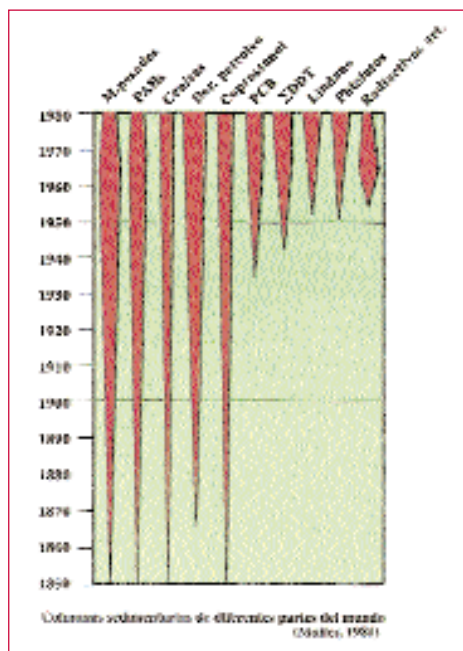


Fig. 2. Presencia de contaminantes en sedimentos de diferentes idades. (Forstner, 1989).

chumbo existente en rexistros de idade coñecida, tales como sedimentos lacustres ou columnas de xeo acumulado nos casquetes polares. No noso caso, dispoñemos dun dos mellores arquivos históricos das condicións paleoambientais, as turbeiras ombrotróficas de Galicia, que foron utilizadas como indicadores das variacións da contaminación metálica atmosférica e como rexistro das variacións de temperatura (Martínez Cortizas, *et al.*, 1997 e 99).

Unha turbeira ombrotrófica é un solo orgánico constituído por restos vexetais, máis ou menos transformados (turberización), de comunidades

bióticas que viven en posicións de cima da paisaxe en ambientes nos que a velocidade de mineralización dos restos vexetais (por mor do frío ou do predominio das condicións de anaerobiose) é inferior á de produción, o que conduce á acumulación dos residuos orgánicos na superficie cun ritmo variable en función das condicións ambientais. A medida que a turbeira aumenta de espesor, as raíces das comunidades vexetais non alcanzan o substrato litolóxico e deben alimentarse fundamentalmente das achegas atmosféricas de chuva e partículas arrastradas polo vento (o que as diferencia das turbeiras mineralotróficas nas que a vexetación se alimenta do substrato litolóxico e das disolucións acuosas que xa tomaron contacto cos solos e material xeolóxico), polo que a composición de cada capa de turba (que se pode datar con C-14) está relacionada coas condicións de equilibrio entre a vexetación da turbeira e as condicións ambientais existentes no período de vida das plantas. Estas formacións atópanse en áreas de montaña do norte de Europa e teñen o seu límite sur nas zonas montañosas do norte de Galicia (fundamentalmente nas serras do Buio e Xistral). Canto maior é o seu espesor, máis longo adoita ser o período histórico recollido; en Galicia dispoñemos das turbeiras ombrotróficas de maior idade de Europa (superiores a 5000 anos), o cal é lóxico se se considera que esta zona foi unha das primeiras áreas europeas con glaciario que foron liberadas dos xeos do último período frío. Pola súa

importancia, estes rexistros deben ser estudiaados e protexidos, por iso están incluídos nas zonas propostas pola Xunta de Galicia para a Rede Natura 2000 derivada da Directiva Hábitat.

Na figura 1 obsérvase a distribución do chumbo nunha turbeira ombrotrófica do Xistral. Ponse de manifesto que o primeiro sinal de contaminación por chumbo (aínda que moi feble) se produce hai uns 4000 anos, polo que dado que este metal foi un dos primeiros en ser utilizados polo home debido á súa doada extracción a partir de sulfuros, o seu baixo punto de fusión e a súa capacidade para se aliar co Sn, permite supor que esta data é o comezo do seu aproveitamento en Galicia. Con pequenas fases de incremento e descenso chégase ó período romano, no que o sinal de contaminación se amplía fortemente en intensidade e duración temporal ata a caída do Imperio, cando de novo hai un importante retroceso do sinal de chumbo atmosférico. Seguen pequenas pulsacións de incremento que coinciden cos reinos visigodos, o esplendor do período musulmán e as guerras dos reinos católicos, ás que segue un novo descenso que coincide co descubrimento de América, quizais pola existencia de períodos de paz en España ou polo traslado das actividades extractivas e de beneficiación do chumbo ó novo continente.

O inicio da Revolución Industrial eleva outra volta o sinal ata niveis similares ós do período romano e o da aparición do automóbil; a utilización

do chumbo nas gasolinas leva as concentracións de chumbo atmosférico retidas a valores moi elevados que só comezan a decrecer coa chegada das gasolinas sen chumbo.

Neste caso viuse que a actividade antrópica, mesmo a das culturas relativamente incipientes, foi quen de modificar fortemente un parámetro de indubidable relevancia como é o contido de chumbo atmosférico. Compróbase a clara relación entre este e a intensidade das actuacións humanas en períodos especiais da historia (guerras, desenvolvemento...) e tamén que hai unha resposta, nese caso rápida, ás medidas de corrección (substitución por gasolinas sen chumbo), se ben aínda non sabémo-las consecuencias que puido ter sobre a herdanza xenética de tódolos seres vivos a exposición ás concentracións de chumbo no aire, na auga e nos alimentos que produciu nestes dous últimos séculos. Efectivamente, a contaminación, en especial a dos medios con escasa capacidade de amortecemento como o aire, a auga e os organismos, é un dos principais problemas ambientais que vai asociado ó avance das culturas humanas con maior ou menor intensidade e variedade de produtos.

Na figura 2, elaborada por Forstner en 1989 a partir do estudio de sedimentos datados e da presenza e abundancia de determinados contaminantes, pode apreciarse que a maioría destes pertencen ó noso século e que conservan unha tendencia crecente ó longo da centuria en moitos casos ou

cun intento de mitigación a partir da década dos sesenta ou setenta noutros. Sen dúbida, estas datas, como logo imos ver, teñen unha gran relevancia na dinámica das actuacións ambientais.

Para unha gran parte dos autores que falan dos problemas ambientais, o acento incide sobre a contaminación polo elevado número de substancias perigosas, moitas delas artificiais, que se liberaron ó ambiente a causa das actividades humanas. É o caso dos organoclorados (DDT, dioxinas, PCB, clorofluocarbonos, lindano...), nitro e fosfoderivados orgánicos (diferentes explosivos, herbicidas, insecticidas), organometálicos (estannosos, mercuriais, arsenicais...), hidrocarburos (carbonos orgánicos volátiles, PAH...), radioactivos procedentes das explosións nucleares ou das centrais nucleares, etc., para os que o 5º Plan Ambiental da Unión Europea consideraba, en 1993, que había máis de dous mil produtos químicos de alta produción dos que debería establecerse unha avaliación da súa actividade no ambiente, mentres que o obxectivo fixado para o ano 2000 era a análise de cincuenta destes produtos e a elaboración de programas de redución de riscos ambientais derivados da súa presenza na biosfera.

A liberación de substancias contaminantes na biosfera é, sen dúbida, unha das nosas principais preocupacións. Para outros autores hai outros problemas tamén importantes: unha das síntesis realizadas asegura que os

principais inimigos da calidade ambiental do noso século poden agruparse en “a serra, a vaca e o automóbil”, expresando que son a deforestación (coa súa perda de biodiversidade, solos, poder de absorción de CO₂ e depuración do aire e da auga, etc.), a transformación de solos forestais e de cultivos en praderías monoespecíficas ou de baixa variabilidade específica adaptados ás necesidades do gando de alta produción cárnica e láctea e os contaminantes liberados nas actividades gandeiras (metano, compostos nitroxenados, fertilizantes fosforados, antibióticos...) xunto coas consecuencias do automóbil (liberación á biosfera de chumbo e outros metais, óxidos de nitróxeno, CO₂, compostos orgánicos volátiles e persistentes... e a necesidade de creación de infraestructuras viarias cada vez máis amplas e numerosas que compartimentan a biosfera e limitan a capacidade de rexeneración de moitas especies) os procesos antrópicos que causan a gran maioría dos nosos problemas.

Sen dúbida, a lista queda curta e podería discutirse a orde de agresividade, pero non é menos certo que a urbanización, a industrialización, a minería, as actividades recreativas... son outras moitas actividades humanas que ocasionan agresións ó medio ambiente. En último termo poderíamos dicir que as agresións ambientais están simplemente producidas polo feito de que unha das especies do planeta, a humana, escapou ós mecanismos reguladores que impuxera a natureza e fíxose

excesivamente numerosa e destructiva, ó ir eliminando paulatinamente tódolos seus competidores polos recursos naturais (desde hai tempo xa só se compite entre humanos) ó tempo que incrementaba exponencialmente as súas necesidades e capacidades de alteración ata facelas de carácter global.

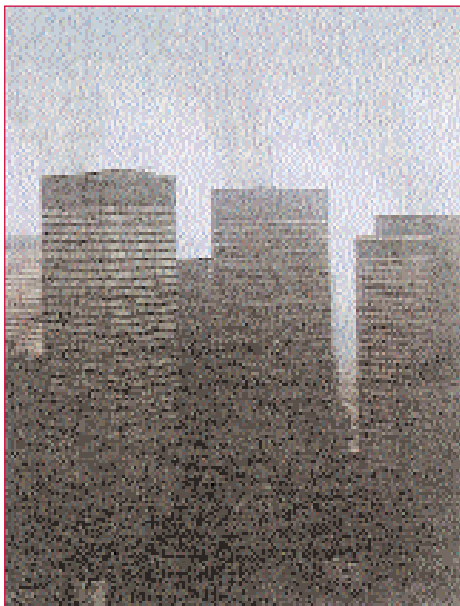
Se somos herdeiros e actores dos problemas ambientais, tamén o somos dos coñecementos xerados polas sociedades anteriores. Coma outras moitas, as Ciencias Ambientais son ciencias de terceira, cuarta ou quinta xeración que se basean na aparición previa de conceptos e métodos de estudo desenvolvidos noutros campos do saber ó longo da historia da Humanidade e, particularmente, nos séculos XVII, XVIII e XIX, nos que o avance da Física e a Química primeiro, xunto coa aplicación dos conceptos matemáticos, abriaron o camiño para converter coñecementos meramente descritivos nas súas orixes nas bases das Ciencias Ambientais, a Xeoloxía e a Bioloxía, e, máis tarde, noutras moitas derivadas delas, pero con maior capacidade de comprensión da heteroxeneidade e de integración da globalidade dos sistemas naturais terrestres como a Edafoloxía, a Bioxeografía ou a Ecoloxía, nas que o compoñente xeográfico desenvolvido polos grandes viaxeiros-científicos do século XIX foi clave. É, polo tanto, este carácter globalizador do medio ambiente, xerado nos séculos anteriores e desenvolvido no XX, no que “todo inflúe en todo” (primeira lei da Ecoloxía segundo Barry Commo-

mer) ou, levándoo ó extremo, “no que o bate-las as dunha bolboreta na China pode se-la causa dunha tormenta no outro extremo do mundo”, o paradigma das nosas concepcións ambientais actuais.

A GLOBALIZACIÓN: ANTECEDENTES E POSIBLES EXCESOS

A finais do século XX o termo ‘globalización’ pasou a ocupar, xunta outros similares, a expresión de moda para manifesta-la interrelación existente entre todo o que ocorre na parte da Terra na que se realiza a actividade humana. O termo aplícase nas Ciencias Ambientais, pero xa foi adoptado ata polas Ciencias Sociais e Económicas. Sen embargo, non é un concepto novo senón que ten antecedentes bastante antigos e moi ben definidos ó longo do século XVIII nas Ciencias Naturais e, por suposto, moito antes, no pensamento filosófico-relixioso.

Deixando á parte as ideas unitarias filosóficas-relixiosas sobre a natureza e o seu funcionamento, quizais o concepto científico ambiental mellor desenvolvido fora o de biosfera. Vernadsky foi o gran divulgador deste termo que, parece, xa utilizaba Lamarck a comezos do século XIX, e posteriormente foi retomado por Suess (1875) para quen a biosfera é a “envoltura específica da codia terrestre na que asenta a vida que é quen rexe a súa composición, propiedades e dinámica”. Estas ideas básicas foron



Arriba, polución atmosférica en Nova York.

Abaixo, polución de auga en Chicago.

ampliadas e dotadas de formato científico por Vernadsky ó longo dos seus numerosos escritos e, particularmente, na súa obra *La Biosfera*, publicada en ruso en 1926 e en francés en 1929. Segundo este autor “a Biosfera é a esfera terrestre resultante da interacción da atmosfera (máis ben da troposfera xunto coa capa protectora da ozonosfera), hidrosfera, biosfera e litosfera”. Idea moi parecida á de que “o solo é a interacción da litosfera, hidrosfera, biosfera e atmosfera” ou de que “o solo é o produto da interacción ó longo do tempo dos factores de formación clima, rocha ou material orixinal, topografía e organismos”.

Segundo os inventores do termo e o seu desenvolver principal, a biosfera ten, ademais do seu carácter complexo, o aspecto esencial de que é a propia vida a que leva o papel activo da creación de substancias, da súa dinámica de transformación e, en consecuencia, dos procesos e leis que a rexen. En palabras de Vernadsky, “a biosfera pode definirse como unha rexión da codia terrestre sementada de transformadores que converten as radiacións cósmicas en enerxía terrestre activa, enerxía eléctrica, química, mecánica, térmica, etc. Os compostos que eran estables no campo termodinámico da materia viva, vólvense inestables cando penetran, unha vez que perece o organismo, dentro do campo termodinámico da biosfera onde orixinan unha fonte de enerxía libre”. É dicir, é a vida a que capta a enerxía solar transformándoa en compostos que só son

posibles mentres existe vida, e que son posteriormente transformados noutros termodinamicamente estables no medio ambiente creado (máis ben modificado) pola propia vida, ó tempo que se logra un certo mantemento da enerxía captada mercé ós ciclos metabólicos que utilizan as substancias inicialmente formadas e os seus produtos de degradación ata que se alcanzan as condicións de equilibrio que, novamente, serán rotas pola actividade vital. En palabras de Vernadsky, “a vida perturba permanente e incansablemente a inercia química sobre a superficie terrestre”, o que nos leva á conclusión de que é o continuo cambio de enerxía, alimentos e información o que caracteriza os sistemas naturais, e que a globalidade de funcionamento dos sistemas ambientais é, simplemente, unha consecuencia de que todos están dirixidos pola actividade vital.

Segundo Margalef (1997), tralas achegas de Vernadsky, “la palabra biosfera ha pasado a ser de uso corriente para referirse a la porción de nuestro planeta habitada por seres vivos y manifiestamente organizada por ellos. La composición de las envolturas líquida y gaseosa no se entienden sino a través de la propia actividad vital y la propia litosfera está también sometida a la acción de los seres vivos en su parte externa”. A vida ten o papel clave nos ciclos principais dos elementos químicos na superficie terrestre, en substancias como o O_2 e o CO_2 , ata o punto de modifica-la propia atmosfera terrestre que pasou de ser anosixénica nos dous

mil primeiros millóns de anos da súa existencia a osixénica nos seguintes ata os nosos días. É pois o continuo cambio inducido polas manifestacións vitais na súa interacción coa capa externa da Terra o que, ó cabo, mantén a vida sobre a Terra. Margalef expresábo así en 1980: “los cambios en la biosfera han estimulado la evolución. Las áreas que han estado menos sometidas a alteraciones, son, notoriamente, un archivo de especies que en una buena proporción tienen carácter arcaico o de reliquia” e, repetindo as súas palabras de 1974, “la climax es la utopía de los ecólogos”.

Heteroxeneidade, globalidade, cambio e control e dirección destes pola propia vida é entón o que caracteriza a biosfera e, polo tanto, o medio ambiente a partir das ideas de Vernadsky ampliadas e comentadas por Margalef (1980 e 1997). Os problemas xorden cando os cambios se producen a un ritmo anormalmente rápido producido por unha das especies viventes que, como xa se dixo, quizais escapara ó control natural en moitos aspectos.

Antes de continuar, parece adecuado reflexionar sobre o personaxe de Vernadsky para tratar de comprendelas causas que o levaron ás súas xeniais intuicións. Nado en San Petersburgo en 1863, matricúlase no Departamento de Ciencias Naturais da Universidade de San Petersburgo onde estudia Física, Matemáticas, Química (con Mendeleiev) e Xeografía, Mineraloxía e Cristalografía con V. V. Dokuchaev, o fundador da Edafoloxía

científica, do que chega a ser axudante impregnándose das súas ideas sobre o solo, a súa formación, propiedades, distribución xeográfica e, sobre todo, a visión unificada da natureza (Demolon —1949— considérao o discípulo máis brillante da escola rusa fundada por Dokuchaev). Máis tarde estudia Cristalografía e Mineraloxía en Múnic e Mineraloxía, Termodinámica (con Le Chatelier), Química, Física e Cristalografía (con Pierre Curie) en París. Regresa a Moscova e é nomeado profesor non titular en 1898. Na Universidade de Moscova dá cursos sobre a historia da ciencia e, en particular, sobre a visión científica do mundo, así como de cristalografía e mineraloxía.

A obra do xeoquímico norteamericano Frank W. Clarke, *Los datos de la Geoquímica*, lévaos a esta ciencia, que el considera a de maior interese no século XX. En 1909 publica numerosos artigos e, finalmente, engade ós seus coñecementos sobre a materia inerte o seu interese polos ciclos biolóxicos. Coñece a Vavilov (o autor que estableceu os centros de diseminación das plantas cultivadas) e, progresivamente, establece que “os fenómenos xeoquímicos son a base da biosfera”. En 1923 fala xa do seu laboratorio como Laboratorio de Bioxeoquímica. Regresa a París onde ensina os seus saberes e coñece a Theilard de Chardin e Roy cos que crea o novo concepto de ‘noosfera’ ou “esfera da intelixencia que segue a biosfera na ruta evolutiva da materia”. Publica o seu libro *La Geochimie* en 1924 que, segundo Oparin, o inspirou fortemente

para a súa obra *El origen de la Vida*. Pouco despois, en 1926, publica *La Biosfera*, á que seguen libros e artigos sobre a xeoquímica das augas, isótopos e organismos vivos, oceanografía e xeoquímica, problemas da radioxeoloxía, ensaios bioxeoquímicos, a estrutura química da biosfera e o seu contorno... ata a súa morte en 1945.

Non cabe dúbida de que, ademais da súa inquietude, a súa importante formación básica en Química, Mineraloxía, Termodinámica, Edafoloxía, Bioxeografía... capacitouno para chegar ó campo da Bioxeoquímica cunha visión clara da interrelación de tódolos constituíntes da biosfera e unha gran capacidade para interpretar de forma sintética e unificada os procesos químicos nos que intervén a materia inerte e a actividade biolóxica. Cabe preguntarse se isto sería posible coa formación que reciben dos seus profesores e cos traballos tan especializados que realizan os nosos actuais e futuros ambientalistas.

A idea de globalidade de Vernadsky e outros moitos autores que estudaron os procesos bioxeoquímicos da Terra foi enormemente ampliada nalgunhas concepcións recentes que alcanzaron un certo recoñecemento público en amplos sectores sociais, pero que, en contraposición, teñen recibido fortes críticas por parte dos xeoquímicos e algúns ecólogos (Margalef, 1997, entre eles). Referímonos á idea de *Gaia*, tal como foi expresada por Lovelock e colaboradores (1982). Segundo este autor, “as respostas do

planeta como unha entidade unificada levan a recoñecer na propia biosfera enteira os trazos esenciais dun organismo ou superorganismo”, ó que denominan Gaia pola deusa ou personificación da Terra. Sen dúbida, desde o punto de vista científico, hai unha clara esaxeración ó considerar que procesos que na maioría dos casos se deben a mecanismos reguladores derivados da composición físico-química da biosfera, ou da interacción de diferentes organismos coa materia inanimada, son consecuencia da actuación dun organismo independente constituído pola totalidade da biosfera. Esta visión da natureza é similar á que se utiliza desde hai pouco nas Ciencias do Solo cando se di que un “solo nace, evoluciona e morre” ou cando se fala da “saúde dun solo”, conceptos que se ben parecen admisibles como figuras ou conceptos didácticos, non resultan correctos, xa que tanto o solo coma a biosfera son medios ou sistemas nos que se produce a vida e que a consecuencia da actividade dos organismos que conteñen adquieren determinadas propiedades, sen que por iso poidan ser considerados como sistemas vivos con funcionamento independente. Son medios de vida pero non organismos vivos.

DESENVOLVEMENTO E/OU MEDIO AMBIENTE

O medio ambiente é o marco onde se desenvolve a vida dos organismos, e os seus problemas derivan das transformacións producidas nese mar-

co por causas naturais ou antrópicas ás que os organismos que viven nel non poden adaptarse.

Sempre se fala das actuacións antrópicas como as grandes causantes da perda de biodiversidade e da calidade do ambiente, pero esquecese que na historia da Terra producíronse momentos de enormes extincións, provocados por cambios bruscos nas condicións ás que só uns poucos organismos foron quen de adaptarse. As grandes extincións do Precámbrico, do Pérmico ou do Mesozoico poñen de manifesto que a ecosfera está en continua mutación desde o principio dos tempos. Mutacións ás veces rápidas e traumáticas ás que non poden adaptarse moitos organismos prodúcense, aínda que son raras, pero predominan os cambios máis lentos nos que a adaptación é máis doada a través dunha serie de ‘desequilibrios sucesivos’ nos que as modificacións se producen pouco e pouco.

Algunhas modificacións naturais, como a que se supón causada polo meteorito que, entre outros, parece que causou a extinción dos grandes vertebrados da Era Secundaria, deberon de ser case instantáneas; outras, aínda que moito máis lentas como o cambio de atmosfera do Precámbrico, deberon de ter importantes consecuencias para o sistema e para os organismos que o habitaban. Sen embargo, a situación á que chegaron o home e a biosfera no século XX é nova, xa que se trata de investigar se o desenvolvemento da especie humana non acabará primeiro

co medio ambiente e, como consecuencia, consigo mesmo.

A actividade humana, ó utilizar productos naturais cunha velocidade e intensidade crecente, adquiriu a capacidade de producir cambios a ritmos que, sen dúbida, forzaron a capacidade de adaptación de moitos organismos e causaron a súa extinción. Moitas especies desaparecen sen que nos decatemos, como consecuencia directa ou indirecta do noso modo de vida. Ó longo da historia da Humanidade, esta capacidade variou espacialmente en función do predominio das diferentes culturas, pero a partir da Revolución Industrial e, sobre todo, da Segunda Guerra Mundial, esta capacidade de produción/alteración multiplicouse e xerou os grandes problemas ambientais do presente.

Por citar algunhas catástrofes con consecuencias graves para o ambiente e o home producidas desde a Segunda Guerra, temos: o *smog* de Donora (Pensilvania) de 1948, ou de Londres en 1952, con miles de mortos, a contaminación por dioxinas de Seveso (Italia) en 1976, a morte lenta por contaminación do lago Baikal en Rusia ou do Eire (EUA), o centenar de mortos por inxestión de peixes contaminados de Minamata (Xapón) en 1969, os accidentes das centrais nucleares de Harrisburg e Chernobil, a contaminación do Rin, a traxedia de Bhopal (India) que supuxo máis de dous mil mortos e decenas de miles de feridos polo escape de gases tóxicos, as mareas negras, as inversións de temperatura,

as chuvias ácidas de Sudbury (Ontario), etc.

Sen embargo, malia estas catástrofes máis ou menos puntuais, a maior parte dos autores están de acordo en que os problemas do ambiente se producen, de forma insidiosa e continua, por mor do incremento de poboación e das necesidades humanas, o que conduce á explotación intensiva dos recursos naturais coa ameaza do seu esgotamento. Quizais o argumento máis forte neste sentido foi o exposto polo Club de Roma que, na súa primeira mensaxe realizada na década dos setenta, "Os límites do crecemento", indicaba a imposibilidade de mante-los ritmos do crecemento económico e da poboación. Segundo eles, os recursos non renovables estaban esgotándose en moitos casos e os renovables estaban sendo explotados por riba da capacidade de renovación, polo que cómpre enlentece-lo crecemento.



Medindo os niveis de radiación exterior en Chernobil.

Estas ideas de crecemento cero e da necesidade de aplicar fortes restriccións ó incremento da poboación foron posteriormente moi discutidas e, tras algúns fallos importantes nas predicións, chegouse ó convencemento na década dos noventa de que as ideas do Club de Roma eran excesivamente catastrofistas e malthusianas (Margalef, 1987). A este cambio de filosofía contribuíron feitos como o descubrimento de novos depósitos, a aparición de substitutos dalgúns produtos que se consideraban imprescindibles, o menor crecemento da demanda, o claro enlentecemento no crecemento da poboación, o grande incremento tecnolóxico e a demostración da capacidade de eliminar moitos dos produtos nocivos dos procesos industriais e de corrixi-los efectos degradativos producidos, etc., todo o cal contribuíu a crear unhas previsións moito máis optimistas cás que se tiñan no período da crise do petróleo.

Do tema de discusión dos setenta, “o límite dos recursos”, pasouse nos noventa a formula-los problemas dos “límites dos recipientes de residuos humanos”, o que indicaba que unha nova etapa productivista se iniciaba. Outros cambios de concepción entre o setenta e o noventa, indicados por diferentes autores, son, entre outros, o paso da preocupación polos impactos relacionados coa produción ó maior interese polos impactos producidos durante o uso dos produtos e, sobre todo, polos residuos; da atención ás fontes puntuais de contaminación e os danos

loais, á maior preocupación polas fontes difusas e os riscos; da preocupación pola escaseza do gas e o carbón á consideración de que hai e se utiliza demasiado. É dicir, pasouse dunha preocupación ambiental polas actuacións puntuais de contaminación industrial a considerar máis as consecuencias globais do noso modo de vida, o que sen dúbida ten que ver coas importantes modificacións que sufriu a actividade industrial, primeiro con solucións de ‘final de entubado’, que reduciron fortemente a emisión de contaminantes atmosféricos e, máis tarde, de ‘modificación dos procesos productivos’, o que permitiu un maior control ambiental na cantidade e natureza dos residuos producidos. Este cambio de situación e algunhas consideracións sociais sobre a necesidade dun certo crecemento reactivaron as ideas *desenvolvemntistas* na última década, se ben se conserva e amplía a preocupación polos problemas ambientais, sendo o ‘crecemento sostible’ a idea básica desta fin de século tal como o recolle o 5º Plan da Comunidade Europea (ampliado ata o 2002) que leva por título *Hacia un crecimiento sostenible*.

A pesar deste importante cambio de tendencia entre os setenta e os noventa, o certo é que continúa existindo un importante debate sobre as concepcións ambientais e coexisten posturas catastrofistas con postulados fortemente *desenvolvemntistas*. Non cabe dúbida de que existen problemas ambientais e que cómpre acometelos con rigor científico para atopar medi-

das tecnolóxicas e socioeconómicas que permitan evitalos o mitígalos. Hai produtos que comezan a ser escasos: petróleo, ouro, cobre. Tamén os recursos renovables están sometidos a uns límites de utilización xa que non se pode forza-lo seu uso cando se pon en perigo a sostibilidade da súa capacidade de renovación. Isto por exemplo é o que está ocorrendo coa auga nalgúns rexións do planeta onde a contaminación supera a capacidade depuradora do ciclo hidrolóxico. Tamén a fauna salvaxe experimentou unha forte redución nos últimos cincuenta anos tanto en cantidade coma en variedade, debido á forte presión da caza e a pesca combinada coa destrución dos seus hábitats. No Programa para o Medio Ambiente das Nacións Unidas 2000-2001, afirmase que “ha desaparecido el 50 % de los humedales y de los bosques, la degradación ha afectado a los 2/3 de las tierras agrícolas en los últimos 50 años y el 60 % de los grandes ríos están fragmentados por presas y canales, ha desaparecido el 30 % de las especies marinas de agua dulce y se ha producido degradación incluso en terrenos antes inalcanzables tales como la tundra, el ártico o las profundidades más remotas”.

Á vista do anterior non é estraño que autores como Goodland (1991) afirmen que chegamos ós límites do crecemento, sinalando, para xustificar a súa afirmación as seguintes probas:

— O enorme incremento da erosión dos solos producido en amplas zonas da Terra.

— As importantes perdas de diversidade biolóxica.

— O excesivo consumo humano de biomasa: o home utiliza aproximadamente o 40 % da produción neta total da fotosíntese (25 % se se considera a fotosíntese, oceánica). Se se duplica a poboación (o que está previsto aproximadamente para o 2016), utilizaríase respectivamente o 80 % ou o 50 % da capacidade da fotosíntese co que a seguinte duplicación sería xa imposible a non ser que se incrementase a eficiencia do proceso fotosintético que, segundo a maioría dos autores, é moi baixa, de arredor do 1 % da enerxía solar ou se descubrisen outras formas de producir biomasa.

— O efecto invernadoiro: pola súa importancia, analizáremolo con máis detalle. O denominado ‘efecto invernadoiro’ ou ‘quentamento climático’ é un tema xa clásico nas discusións ambientais. A partir das medidas de concentración de CO₂ na atmosfera iniciadas por Keeling na cima do Mauna Loa en Hawai, a finais dos cincuenta, quedou en seguida claro que se estaba producindo un incremento do contido deste gas na atmosfera e, dado que as emisións producidas pola queima de combustibles fósiles experimentou un forte aumento desde finais da Segunda Guerra Mundial, atribuíuselle a este proceso o incremento do C atmosférico. Cálculos posteriores deron como resultado que se produciu un aumento da orde do 25 % nos últimos cento trinta anos e, de seguir ese ritmo, a concentración de CO₂ atmosférico (arredor do

0,03 % na década dos sesenta) duplicaría a do período preindustrial (IPCC, 1966). Este feito, xunto co incremento da presenza doutros gases de efecto invernadoiro, como o CH₄, NO_x e os clorofluocarbonos (a contribución ó efecto invernadoiro, segundo o European Environmental Assessment, é: CO₂: 65 %, CH₄: 20 %; CFC: 10 % e H₂O: 5 %) levou a diferentes expertos climáticos a predicir un incremento da temperatura media da Terra que inicialmente se estimou nuns 8 °C para o 2100 e na actualidade considérase que podería oscilar entre 1 e 3,5 °C (IPCC, 1998).

As consecuencias dun quentamento como o previsto polo Panel Internacional do Cambio Climático (IPCC) serían moi graves para a biodiversidade e producirían importantes trastornos socioeconómicos. Fisicamente produciríase un incremento do nivel do mar (sobre 50 cm, IPCC 1998), causado pola fusión total ou parcial dos casquetes polares, co alagamento de grandes superficies de terreo e a práctica desaparición dalgúns países (pequenas illas do Pacífico ou zonas de extensos litorais como Birmania...), un cambio na circulación atmosférica con fortes modificacións das temperaturas e distribución das precipitacións e tormentas, o que leva consigo unha importante modificación dos cultivos e dos recursos económicos (o millo ou o eucalipto poderían cultivarse en Escandinavia e quizais as zonas de turismo estival se situasen ó norte de Escocia). Con todo, os maiores proble-

mas ambientais serían sufridos polas comunidades bióticas que non poden trasladarse seguindo os cambios climáticos, a vexetación, os invertebrados e sobre todo os microorganismos, verían modificado bruscamente o seu hábitat e os que non puideran adaptarse ás novas condicións serían eliminados.

Esta situación obriga a realizar importantes modificacións nas emisións ou ben nos sistemas de retirada do CO₂ e os outros gases de efecto invernadoiro da atmosfera. Deberían reducirse do 30 ó 35 % as emisións de gases de invernadoiros para que os incrementos sexan compatibles coa sostibilidade dos ecosistemas e do 50 ó 70 % para que no ano 2010 se tivese unha concentración de XO₂ similar á de 1990. Estas cifras son bastante superiores ás aprobadas na Conferencia de Kioto (Europa 8 % menos en 2010 ca en 1990), polo que algúns países europeos (Austria, Finlandia, Suecia e Noruega) propuxeron taxas engadidas para as enerxías térmicas obtidas a partir de combustibles fósiles.

Outros investigadores consideran que non está claro o grao de quentamento que se producirá (de feito o descenso das estimacións do propio IPCC dos 8 °C iniciais ós entre 1 e 3,5 actuais indica que a calidade das modelizacións primeiras era bastante mala) e que, polo tanto, hai dúbidas razoables para estima-lo grao de quentamento que se producirá, fundamentalmente porque os modelos de predicción son basicamente modelos físicos que non teñen en conta a capacidade de

amortecemento dos procesos que ten a Terra. Así, non se inclúen nos modelos o incremento da alteración mineral e do transporte de ións bicarbonato ó mar que se producirá como consecuencia da maior acidez das chuvias ó estar en contacto a auga cunha maior presión de CO_2 , nin tampouco se inclúen os efectos do incremento de absorción de CO_2 pola biomasa (efecto fertilizante do CO_2), nin o incremento da fixación de C en corais, moluscos, etc. É dicir, hai un gran número de mecanismos reguladores dos sistemas biosféricos que interveñen na temperatura da Terra e que non foron considerados, entre outras cousas porque se descoñece a súa capacidade e velocidade de actuación e, como consecuencia, utilízanse só magnitudes físicas. O debate está aberto e,

se ben queda demostrado que hai un incremento do CO_2 atmosférico claramente atribuíble á queima dos combustibles fósiles, non o é menos que se descoñece a capacidade reguladora dos mecanismos bioxeoquímicos e, polo tanto, as prediccións dos nosos modelos físicos poden ser erróneas. De aí que moitos investigadores falen só da 'hipótese do efecto invernadoiro' e non dun feito que se producirá inexorablemente.

De tódalas formas é importante sinalar que o efecto invernadoiro é un proceso natural producido pola presenza de pequenas cantidades de gases que teñen esta propiedade na atmosfera. Se esta só contivese osíxeno e nitróxeno, a temperatura da Terra

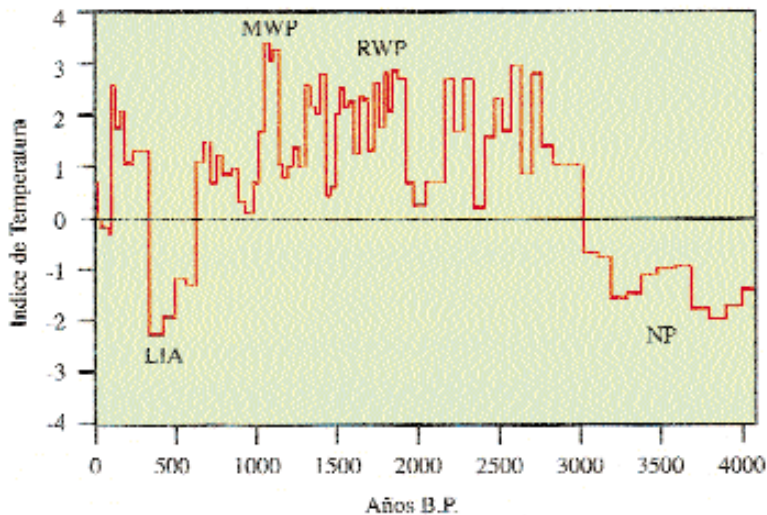


Fig. 3.- Variación do índice de temperatura nos últimos 4000 anos de acordo co contido de Hg nunha turbeira do Xistral (Martínez Cortizas, *et al.*, 1999).

sería duns 33 °C máis baixa, co cal a vida, tal como a coñecemos, non existiría. Tamén é preciso sinalar que non estamos nun dos momentos máis cálidos e de maior presión de CO₂ da historia da Terra, senón que en realidade estamos nun dos máis fríos e case acabados de saír do último episodio glaciario. Así, o modelo BLAG, elaborado por tres grandes xeoquímicos —Berner, Lasaga e Garrels (1983)—, indica que no Mioceno a concentración de CO₂ debía de ser en volta de dez veces a actual e no Cretáceo unhas cincuenta veces máis, coas conseguíntes elevacións da temperatura que neste último período se estima que debía superalos 25 °C de media. Tamén as investigacións nas columnas de xeo de diferentes lugares —principalmente a gran columna de xeo estudada en Vostok, na Antártida, por un equipo franco-ruso (Lorius, *et al.*, 1990)— indican que a temperatura hai uns cento cincuenta mil anos era superior á actual e que tralo avance dos xeos se produciron diferentes períodos intermedios nos que a temperatura e a concentración de CO₂ atmosférico subiron a ritmos similares ós observados actualmente, é dicir, unha duplicación en períodos por volta dos cento cincuenta anos. Máis recentemente, Martínez Cortizas *et al* (1999) puideron precisar que os cambios de temperatura da orde dos que agora espera o IPCC son normais na historia recente do planeta: nos últimos catro mil anos presentáronse episodios fríos como a pequena glaciación, xunto a períodos máis cálidos, como os óptimos do ano 1000 e do período roma-

no (fig. 3) cando a temperatura era superior á actual (uns 3 °C) e similar á que se espera polo IPCC para o ano 2100. É dicir, que a suba de temperatura prevista na estimación máis desfavorable actual é semellante ás oscilacións naturais experimentadas na Terra incluso en períodos próximos, se ben quizais cunha variación algo máis rápida.

Por outra parte, datos recentes demostraron que o normal da historia da Terra é que non existan polos (máis do 90 % do tempo). Non é estraño, logo, que se discuta bastante verbo da intensidade do forzamento climático producido polo home e que, curiosamente, mentres científicos como os físicos, meteorólogos e ecólogos, que estudian series de tempo relativamente curtas, se pronuncian claramente polo cambio climático, outros, como os xeólogos, xeoquímicos... que estudian series maiores de tempo, poñan en cuestión a importancia destes mesmo admitindo que, efectivamente, hai un considerable incremento das emisións de gases de efecto invernadoiro e que o interglaciario no que nos atopamos está sendo algo máis longo do normal. Allégre (1990) sintetizao dicindo: ¿induciría o home un superinterglaciario? A resposta depende da capacidade dos sistemas de biorregulación da composición da atmosfera que teña a Terra e da súa velocidade de resposta, así como, por suposto, das medidas tomadas polo home, se ben parece claro xa que, considerando grandes períodos, a temperatura da Terra depende fundamentalmente da enerxía

que recibe do espazo, é dicir, da súa posición astronómica, sendo menor o efecto producido polos cambios na composición dos gases da atmosfera.

A controversia sobre o efecto invernadoiro creou un novo principio ambiental denominado 'principio de precaución' (WCED, 1987), que foi adoptado internacionalmente naqueles casos en que hai un risco de consecuencias ambientais irreversibles. Segundo este principio, a carencia de seguridade nas probas científicas non debe ser un argumento para frear as accións e medidas que reduzan os problemas ambientais, ou, como se di en *World in Environmental Transition*, "os custos de rexeita-la hipótese de efecto invernadoiro, se é correcta, son moi superiores ós que se producirían aceptando a hipótese aínda que se probe posteriormente que era falsa". En esencia, este principio de prevención ou precaución para os *feddbacks difusos* deriva do feito de que resulta moito máis custoso corrixi-los problemas cando xa se produciron cós custos que se invisten na prevención para evitar que se produzan, que é o principio en que asenta a Avaliación de Impacto Ambiental.

Non cabe dúbida de que este principio debe ser aplicado sempre, pero tamén hai críticas no sentido de que moitos problemas ambientais con causas perfectamente coñecidas e cientificamente demostradas non son atendidos e, sen embargo, no caso do efecto invernadoiro hai un importante interese por parte dalgúns países en

consideralo como prioritario. Por outra parte, aplicar indiscriminadamente o principio de precaución podería levar a un certo colapso nas actuacións humanas, polo que autores como Cameron e Wade-Gery (1992) consideran que o principio de precaución debe utilizarse só cando existan bases científicas e só referíndose a procesos con consecuencias irreversibles. A mesma idea de poder aplica-los coñecementos dispoñibles atópase no concepto de 'Carga Crítica de Contaminantes', que na súa definición sinala que é a "máxima cantidade de contaminante que un sistema pode recibir sen que se modifiquen a longo prazo nin a súa composición nin a súa función, polo menos segundo os coñecementos dispoñibles", admitindo que a pesar de que non se coñece todo poden planificarse actuacións de acordo coa información existente. Este principio foi a base dos acordos internacionais para a redución das emisións de xofre dentro do Convenio de Contaminación Atmosférica Transfronteiriza (Convenio de Xenebra) e ultimamente da Directiva de Teitos de Emisión de S (2000).

En síntese, os problemas ambientais existen pero son complexos e non sempre se posúe o coñecemento científico suficiente para comprender tódalas interaccións, polo que non resulta extraña a polarización entre posturas catastrofistas ou excesivamente optimistas acerca da capacidade da Terra para soporta-las nosas actuacións. A pesar disto, parece que a postura europea é bastante coherente.

Medio ambiente e desenvolvemento poden ser compatibles se se realizan as consideracións precisas, localizando as actuacións que causen maiores impactos nos lugares resistentes e protexendo as zonas sensibles, é dicir, coñecendo previamente a sensibilidade do espacio ás nosas actuacións. Métodos como os Estudos de Avaliación de Impacto Ambiental e conceptos como o de 'cargas críticas' ou o de 'bombas químicas' (Macías, 1996) deben utilizarse como instrumentos básicos da planificación dun desenvolvemento sostible mesmo a pesar de tódalas dúbidas que efectivamente seguen existindo sobre a posibilidade da sostibilidade.

Para entender correctamente este concepto debe terse en conta que as Nacións Unidas consideran que "o desenvolvemento só o é se permite un incremento da calidade de vida". Neste sentido, é coñecida a conclusión da Conferencia de Nacións Unidas de Nairobi na que se afirma que a pobreza é a peor das contaminacións. Na mesma liña, o informe de 1987 da Comisión Mundial para o Medio Ambiente e o Desenvolvemento, máis coñecido como "Informe Brudtland", insiste en que a actividade humana ten que desenvolverse de xeito sostible para todo o planeta no camiño cara ó futuro, entendendo por desenvolvemento sostible o que satisfai as necesidades do presente sen poñer en perigo a capacidade das xeracións futuras para cubri-las súas propias necesidades. Isto implica que debe protexerse o equilibrio xeral e o valor da reserva de

capital natural e te-las seguintes características: mante-la calidade de vida xeral, permitir un acceso continuo ós recursos naturais, impedir que perduren os danos ó medio natural. De forma didáctica: "Non cóma-las sementes coas que has sementa-la colleita de mañá".

A XESTIÓN AMBIENTAL: O MEDIO AMBIENTE E AS POLÍTICAS SECTORIAIS

Hai só trinta anos, os problemas ambientais eran similares ou incluso máis intensos, nalgúns casos, cós que se producen hoxe en día; sen embargo, a sensibilidade social fronte ás múltiples alteracións do contorno era moito menor. Os problemas da contaminación considerábanse consecuencias lóxicas e inevitables do 'progreso', polo que se asumían como algo que debía aceptarse a cambio das melloras no nivel de vida. Emporiso, xa daquela algúns científicos advertían sobre o perigo que se aveciñaba se as 'externalidades' ou os 'custos sociais dos procesos productivos' seguían medrando. Ó tempo naceron os primeiros movementos sociais sensibilizados pola crecente deterioración do contorno natural. Desde entón a sensibilidade ou o respecto á natureza incrementouse. En Europa, esta sensibilidade pasou a tódalas políticas de actuación. No cumio de 1972 aparece a primeira mención explícita dos xefes de Estado e de Goberno europeos sobre a necesidade de prestar unha atención especial ó medio. Esa primeira declaración

concretouse máis tarde nos Programas de Acción multianuais, dos que se desenvolveron cinco.

Os Programas Comunitarios de Acción sobre o Medio Ambiente derivan da Conferencia de Nacións Unidas de Estocolmo (1972) e iníciase en 1973. Os dous primeiros estaban dirixidos a paliar os danos ambientais ocasionados polas actividades produtivas. No terceiro (1983-86) postulábase unha política de protección baseada na prevención dos danos mediante a integración das esixencias ambientais na planificación e execución das actividades económicas, afirmándose que a prevención é máis barata cá reparación. No cuarto (1987, Ano Europeo do Medio Ambiente-1992), refórzase o proxecto integrador e rexítase a concepción do medio ambiente como restricción ó desenvolvemento, recoñecendo-se pola contra que a política de protección ambiental pode e debe contribuír ó crecemento e á creación de empregos (Medio Ambiente motor de desenvolvemento). Derivado deste cuarto programa, a política ambiental alcanza unhas dimensións tales que a fan formar parte esencial de tódalas políticas económicas, industriais, agrícolas e sociais que poñan en práctica a Comunidade e os Estados membros. Sen embargo, é importante insistir en que a política ambiental non debe ser unha máis das políticas sectoriais (concepción baseada na vella idea napoleónica da organización do Estado) senón algo integrador que impregne tódalas demais políticas. De xeito paralelo a

este esforzo, a política ambiental foi subindo de nivel: a Acta Única Europea engade en 1987 un título específico no Tratado Constitutivo da Comunidade Europea e formula a relación co medio ambiente como un dos obxectivos e principios fundamentais da acción europea. Este tratado, asinado en Roma en 1957, non tiña en conta o medio ambiente entre os seus obxectivos de regulación e, por outra parte, o desenvolvemento económico da década dos sesenta acompañase de agresións importantes contra o medio. A súa degradación vai creando na opinión pública un sentimento crecente de preocupación. O Cumio de Xefes de Estado e de Goberno da Comunidade Europea, celebrada en París en 1972, afirma na súa resolución final que se “concederá unha atención particular ós valores e bens non materiais e á protección do medio ambiente co fin de poñer-lo progreso ó servizo dos homes”. En 1973 iníciase o primeiro programa ambiental e, a partir de aí, produciuse unha enorme proliferación de normativas sobre augas, residuos, aire, natureza, etc. A Acta Única Europea modifica os Tratados Constitutivos da Comunidade Europea introducindo, entre outras cousas, un novo título na terceira parte do Tratado de Roma: “O medio ambiente”.

En 1993 dáse un avance de extraordinaria importancia coa entrada en vigor do Tratado da Unión Europea no que se introduce o crecemento sostible, respectuoso co medio ambiente, entre as misións da Comunidade Europea. No

apartado 2 do artigo 130 R dise que as “esixencias da protección do medio ambiente deberán integrarse na definición e na realización das demais políticas da Comunidade”, o que queda especificamente consagrado no artigo 6 do Tratado de Amsterdam en 1996. Tamén en 1993 se introduce o denominado ‘principio de cautela’ e en xuño de 1998 o cumio de Cardiff senta as bases dunha actuación coordinada a escala comunitaria no que se refire á integración das esixencias ambientais nas políticas da Unión. Os primeiros sectores para os que se elabora unha estratexia de integración son os de Enerxía, Transporte e Agricultura. No Transporte, esta política de integración incide na necesidade de reducir as emisións de CO₂ de acordo co cumio de Kioto, mentres que en 1992 a reforma da PAC introduciu algúns cambios para reducir a excesiva intensificación da agricultura que producira e que, se ben elevara moi considerablemente as cotas de produción de alimentos, tamén ocasionou graves desequilibrios ambientais. De acordo coa reunión de Cardiff en 1999, a Comisión presenta as “Orientacións para unha agricultura sostible”, expoñendo con forza os problemas ambientais da agricultura actual. En 1998, o Cumio de Viena invita os Consellos do Mercado Interior, Industria e Desenvolvemento a definir as súas propias estratexias de integración ambiental. En 1999 preséntase a Comunicación sobre Mercado Interior e Medio Ambiente con propostas de impostos e gravames ambientais. En abril do mesmo ano o Consello de

Industria presenta novos modelos de produción e consumo sostibles nos que se formula a necesidade de combinar a protección do medio ambiente coa competencia industrial. Tamén en 1999 se presenta a Comunicación sobre a Pesca, cunha estratexia sostible de redución da presión da pesca, a reordenación integrada das zonas costeiras, a mellora das investigacións científicas, etc. En novembro é o Medio Urbano o que se trata no Parlamento Europeo.

En resumo, xa é moi difícil que en calquera das políticas non se fale de medio ambiente e que non se discutan criterios ambientais. Agora o que se necesita é que se aumente o coñecemento, que este se poña en acción e que as consideracións ambientais pasen a realizarse desde unha disciplina máis, aínda que moi complexa e difícil, do campo do saber científico.

BIBLIOGRAFÍA

- Allègre, C., *Economiser la planète*, Ed. Fayard, 1990.
- Berner, R. A., A. Lasaga, R. M. Garrels, “The carbonate-silica geochemical cycle and its effect on atmospheric carbon dioxide over the past 100 million years”, *Am. Sci.*, 283, 1983, 641-683.
- Cameron, J., e W. Wade-Gery, “Addressing Uncertainty, Law, Policy and the Development of the Precautionary Principle”, *SERGE Working Paper*, GEC, Reino Unido,

- Norwich, University of East Anglia, 1992, 92-43.
- Commomer, B., *Making Peace with the Planet*, Nova York, Pantheon Books, 1990.
- European Environment Agency, *Europe's Environment: The Second Assessment*, Elsevier, 1998.
- Förstner, U., *Contaminated Sediments*, Berlín, Springer-Verlag, 1989.
- Goodland, R., *The case that the world has reached limits*, en *Environmental sustainable Economic Development: Building on Brundtland*, París, United Nations Educational, Scientific and cultural Organization, 1991.
- Holmberg, J., *Principles and tools in planning for sustainability. In sustainability in the Municipal planning. SBI Report 92*, Copenhagen, The National Institute for Construction Research, 1992.
- Hoyer, K.G., *World in environmental Transition. In The Global Environment. Science, Technology and Management*, ed. By Brune, D, et al., John Wiley, 1997.
- Lorius, C., et al., "The ice-core record climate sensitivity and future greenhouse warming", *Nature*, 347, 1990, 139-145.
- Lovelock, J. E., *Gaia: A New Look at Life on Earth*, Oxford Univ. Press, 1982.
- Macías, F., *Nuevos conceptos de planificación y gestión ambiental. Evaluación de Impactos y Cargas Críticas de Contaminantes*, Conferencia invitada en XIII Congreso Latinoamericano de Ciencias do Solo, Brasil, CD Software Grafico Comercio e Serviços Ltda., 1996.
- Margalef, R., *La biosfera. Entre la termodinámica y el juego*, Ed. Omega, 1980.
- _____, *Prólogo de la Biosfera de Vladimir I. Vernadsky*, Fundación Argentaria, 1997.
- Martínez Cortizas, A., et al., "Four thousand years of a atmospheric Pb, Cd and Zn deposition recorded by the ombrotrophic peat bog of Penido Vello (Northwestern Spain)", *Water, Air and soil Pollution*, 100, 1997, 387-403.
- Martínez Cortizas, A., et al., "Mercury in a Spanish Peat Bog: Archive of Climate Change and Atmospheric Metal Deposition", *Science*, 284, 1999, 939-942.
- Naciones Unidas, *Guía Mundial de los Recursos 2000-2001: Pueblos y ecosistemas: la deshilachada red de la vida*, Naciones Unidas, Programa para el Medio Ambiente, 2000.
- Odum, E. P., "Input management of production systems", *Science*, 1989, 243.
- Vernadsky, V. I., *La Géochimie*, 1924.
- _____, *La biosfera*, Fundación Argentaria, 1997.



Premios Nobel

PREMIOS NOBEL DE FISIOLOXÍA OU MEDICINA

Ano	Laureados	Motivos
1901	Emil Adolf von Behring	“polo seu estudio da terapia de soro, en especial para combate-la difteria, co que abriu unha nova vía no campo da ciencia médica e mais puxo nas mans dos médicos unha arma victoriosa contra a doenza e a morte”
1902	Ronald Ross	“polo seu estudio da malaria, co que amosou cómo se introduce no organismo e sentou os alicerces para unha magnífica investigación sobre esta doenza e os métodos para combatela”
1903	Niels Ryberg Finsen	“en recoñecemento da súa contribución ó tratamento con radiación luminosa dalgunhas doenzas, especialmente a <i>lupus vulgaris</i> , co que abriu unha nova vía para a ciencia médica”
1904	Ivan Petrovich Pavlov	“en recoñecemento do seu estudio da fisioloxía da dixestión, co que transformou e ampliou o coñecemento sobre aspectos vitais desta cuestión”
1905	Robert Koch	“polas súas investigacións e descubrimentos relacionados coa tuberculose”
1906	Camillo Golgi Santiago Ramón y Cajal	“en recoñecemento do seu estudio da estrutura do sistema nervioso”
1907	Charles Louis Alphonse Laveran	“en recoñecemento do seu estudio do papel dos protozoos como causa das doenzas”
1908	Ilya Ilyich Mechnikov Paul Ehrlich	“en recoñecemento do seu estudio da inmunoloxía”
1909	Emil Theodor Kocher	“polo seu estudio da fisioloxía, a patoloxía e a cirurxía da glándula tiroide”
1910	Albrecht Kossel	“en recoñecemento das contribucións ó noso coñecemento da química celular a través do seu estudio das proteínas, incluídas as substancias nucleicas”
1911	Allvar Gullstrand	“polo seu estudio das dioptrías do ollo”
1912	Alexis Carrel	“en recoñecemento do seu estudio das suturas vasculares e os transplantes de vasos sanguíneos e órganos”
1913	Charles Robert Richet	“en recoñecemento do seu estudio da anafilaxe”

1914	Robert Bárány	"polo seu estudio da fisioloxía e a patoloxía do aparello vestibular"
1919	Jules Bordet	"polos seus descubrimentos relativos á inmunoloxía"
1920	Schack August Steenberger Krogh	"polo seu descubrimento da capilaridade como mecanismo regulador"
1922	Archibald Vivian Hill	"polo seu descubrimento relativo á produción de calor no músculo"
	Otto Fritz Meyerhof	"polo seu descubrimento da relación estable entre o consumo de osíxeno e o metabolismo do ácido láctico no músculo"
1923	Frederick Grant Banting John James Richard Macleod	"polo descubrimento da insulina"
1924	Willem Einthoven	"polo seu descubrimento do mecanismo do electrocardiograma"
1926	Johannes Andreas Grib Fibiger	"polo seu descubrimento do carcinoma <i>Spiroptera</i> "
1927	Julius Wagner-Jauregg	"polo seu descubrimento do valor terapéutico da inoculación da malaria no tratamento da demencia paralítica"
1928	Charles Jules Henri Nicolle	"polo seu estudio do tifo"
1929	Christiaan Eijkman	"polo seu descubrimento da vitamina antineurítica"
	Frederick Gowland Hopkins	"polo seu descubrimento das vitaminas que estimulan o crecemento"
1930	Karl Landsteiner	"polo seu descubrimento dos grupos sanguíneos humanos"
1931	Otto Heinrich Warburg	"polo seu descubrimento da natureza e o modo de actuación da enzima respiratoria"
1932	Charles Scott Sherrington Edgar Douglas Adrian	"polos seus descubrimentos relativos ás funcións das neuronas"
1933	Thomas Hunt Morgan	"polos seus descubrimentos relativos ó papel do cromosoma na herdanza"
1934	George Hoyt Whipple George Richards Minot William Parry Murphy	"polos seus descubrimentos relativos á terapia do fígado nos casos de anemia"
1935	Hans Spemann	"polo seu descubrimento do efecto organizador no desenvolvemento embrionario"

1936	Henry Hallett Dale Otto Loewi	“polos seus descubrimentos relativos á transmisión química dos impulsos nerviosos”
1937	Albert Szent-Györgyi von Nagyrápolyi	“polos seus descubrimentos relacionados cos procesos de combustión biolóxica, con especial referencia á vitamina C e a catálise do ácido fumárico”
1938	Corneille Jean François Heymans	“polo descubrimento do papel dos mecanismos que regulan a respiración”
1939	Gerhard Domagk	“polo descubrimento dos efectos antibacterianos do pron-tosil”
1943	Henrik Carl Peter Dam Edward Adelbert Doisy	“polo seu descubrimento da vitamina K” “polo seu descubrimento da natureza química da vitamina K”
1944	Joseph Erlanger Herbert Spencer Gasser	“polos seus descubrimentos relativos ás funcións altamente diferenciadas das fibras nerviosas”
1945	Alexander Fleming Ernst Boris Chain Howard Walter Florey	“polo descubrimento da penicilina e o seu efecto curativo en varias doenzas infecciosas”
1946	Hermann Joseph Muller	“polo descubrimento da produción de mutacións pola irradiación de raios X”
1947	Carl Ferdinand Cori Gerty Theresa Cori (nada Radnitz)	“polo seu descubrimento do curso da conversión catalítica do glicóxeno”
	Bernardo Alberto Houssay	“polo seu descubrimento do papel da hormona do lóbulo anterior pituitario no metabolismo do azucre”
1948	Paul Hermann Müller	“polo seu descubrimento da alta eficacia do DDT como veneno contra varios artrópodos”
1949	Walter Rudolf Hess	“polo seu descubrimento da organización funcional do cerebro como coordinador das actividades dos órganos”
	Antonio Caetano de Abreu Freire Egas Moniz	“polo seu descubrimento do valor terapéutico da leucotomía en certas psicoses”
1950	Edward Calvin Kendall Tadeus Reichstein Philip Showalter Hench	“polos seus descubrimentos relativos ás hormonas do córtex, a súa estrutura e os seus efectos biolóxicos”
1951	Max Theiler	“polos seus descubrimentos relativos á febre amarela e ó xeito de combatela”
1952	Selman Abraham Waksman	“polo seu descubrimento da estreptomicina, o primeiro antibiótico efectivo contra a tuberculose”

1953	Hans Adolf Krebs	"polo seu descubrimento do ciclo do ácido cítrico"
	Fritz Albert Lipmann	"polo seu descubrimento da coenzima A e a súa importancia no metabolismo"
1954	John Franklin Enders Thomas Huckle Weller Frederick Chapman Robbins	"polo seu descubrimento da capacidade dos virus da poliomielite de crecer en cultivos de varios tipos de tecido"
1955	Axel Hugo Theodor Theorell	"polos seus descubrimentos relativos á natureza e ó modo de actuación das enzimas oxidantes"
1956	André Frédéric Cournand Werner Forssmann Dickinson W. Richards	"polos seus descubrimentos relativos á caterización do corazón e ós cambios patolóxicos no sistema circulatorio"
1957	Daniel Bovet	"polos seus descubrimentos relativos ós compoñentes sintéticos que iniben a actuación de certas substancias do corpo, e especialmente a súa actuación sobre o sistema vascular e os músculos"
1958	George Wells Beadle Edward Lawrie Tatum	"polo seu descubrimento de que os xenes actúan regulando sucesos químicos"
	Joshua Lederberg	"polos seus descubrimentos relativos á recombinación xenética e á organización do material xenético da bacteria"
1959	Severo Ochoa Arthur Kornberg	"polo seu descubrimento dos mecanismos da síntese biolóxica do ácido ribonucleico e do ácido desoxirribonucleico"
1960	Frank Macfarlane Burnet Peter Brian Medawar	"polo descubrimento da tolerancia inmunolóxica adquirida"
1961	Georg von Békésy	"polos seus descubrimentos do mecanismo físico da estimulación no <i>cochlea</i> "
1962	Francis Harry Compton Crick James Dewey Watson Maurice Hugh Frederick Wilkins	"polos seus descubrimentos relativos á estrutura molecular dos ácidos nucleicos e a súa importancia para a transferencia de información en materiais biolóxicos"
1963	John Carew Eccles Alan Lloyd Hodgkin Andrew Fielding Huxley	"polos seus descubrimentos relativos ós mecanismos iónicos implicados na excitación e na inhibición nas partes periféricas e centrais da membrana da célula nerviosa"
1964	Konrad Bloch Feodor Lynen	"polos seus descubrimentos relativos ó mecanismo e á regulación do colesterol e do metabolismo do ácido graxo"
1965	François Jacob André Lwoff Jacques Monod	"polos seus descubrimentos relativos ó control xenético da síntese de enzimas e virus"

1966	Peyton Rous Charles Brenton Huggins	“polo seu descubrimento dos virus que inducen tumores” “polos seus descubrimentos relativos ó tratamento hormonal do cancro de próstata”
1967	Ragnar Granit Haldan Keffer Hartline George Wald	“polos seus descubrimentos relativos ós procesos visuais primarios, fisiolóxicos e químicos no ollo”
1968	Robert W. Holley Har Gobind Khorana Marshall W. Nirenberg	“pola súa interpretación do código xenético e a súa función na síntese de proteínas”
1969	Max Delbrück Alfred D. Hershey Salvador E. Luria	“polos seus descubrimentos relativos ó mecanismo de replicación e á estrutura xenética dos virus”
1970	Bernard Katz Ulf von Euler Julius Axelrod	“polos seus descubrimentos relativos ós transmisores humorais nos terminais nerviosos e ó mecanismo do seu almacenamento, liberación e inactivación”
1971	Earl W. Jr. Sutherland	“polos seus descubrimentos relativos ós mecanismos de actuación das hormonas”
1972	Gerald M. Edelman Rodney R. Porter	“polos seus descubrimentos relativos á estrutura química dos anticorpos”
1973	Karl von Frisch Konrad Lorenz Nikolaas Tinbergen	“polos seus descubrimentos relativos á organización dos modelos de comportamento individual e social”
1974	Albert Claude Christian de Duve George E. Palade	“polos seus descubrimentos relativos á organización estrutural e funcional da célula”
1975	David Baltimore Renato Dulbecco Howard Martin Temin	“polos seus descubrimentos relativos á interacción entre os virus tumorais e o material xenético da célula”
1976	Baruch S. Blumberg D. Carleton Gajdusek	“polos seus descubrimentos relativos ós novos mecanismos para a orixe e a diseminación das doenzas contaxiosas”
1977	Roger Guillemin Andrew V. Schally Rosalyn Yalow	“polos seus descubrimentos relativos á produción da hormona péptida do cerebro” “polo desenvolvemento de probas radioinmunolóxicas das hormonas péptidas”
1978	Werner Arber Daniel Nathans Hamilton O. Smith	“polo descubrimento das enzimas de restricción e a súa aplicación ós problemas da xenética molecular”

1979	Alan M. Cormack Godfrey N. Hounsfield	"polo desenvolvemento da tomografía asistida por ordenador"
1980	Baruj Benacerraf Jean Dausset George D. Snell	"polos seus descubrimentos relativos ás estruturas xeneticamente determinadas sobre a superficie celular que regulan as reaccións inmunolóxicas"
1981	Roger W. Sperry	"polos seus descubrimentos relativos á especialización funcional dos hemisferios cerebrais"
	David H. Hubel Torsten N. Wiesel	"polos seus descubrimentos relativos ó procesamento de información no sistema visual"
1982	Sune K. Bergström Bengt I. Samuelsson John R. Vane	"polos seus descubrimentos relativos ás prostaglandinas e ás substancias bioloxicamente activas relacionadas"
1983	Barbara McClintock	"polo descubrimento dos elementos xenéticos móbiles"
1984	Niels K. Jerne George J. F. Köhler César Milstein	"polas teorías relativas á especificidade do desenvolvemento e o control do sistema inmunolóxico e o descubrimento do principio para a produción de anticorpos monoclonais"
1985	Michael S. Brown Joseph L. Goldstein	"polos seus descubrimentos relativos á regulación do metabolismo do colesterol"
1986	Stanley Cohen Rita Levi-Montalcini	"polo seu descubrimento dos factores de crecemento"
1987	Susumu Tonegawa	"polo seu descubrimento do principio xenético para a xeración da diversidade de anticorpos"
1988	James W. Black Gertrude B. Elion George H. Hitchings	"polos seus descubrimentos de importantes principios para o tratamento con fármacos"
1989	J. Michael Bishop Harold E. Varmus	"polo seu descubrimento da orixe celular dos oncoxenes retrovirais"
1990	Joseph E. Murray E. Donnall Thomas	"polos seus descubrimentos relativos ó transplante de órganos e células no tratamento de doenzas humanas"
1991	Erwin Neher Bert Sakmann	"polos seus descubrimentos relativos á función das canles iónicas nas células"
1992	Edmond H. Fischer Edwin G. Krebs	"polos seus descubrimentos relativos á fosforilación reversible de proteínas como mecanismo biolóxico regulador"
1993	Richard J. Roberts Phillip A. Sharp	"polos seus descubrimentos independentes sobre o desdoblamento dos xenes"

1994	Alfred G. Gilman Martin Rodbell	“polo seu descubrimento das proteínas G e do papel destas proteínas na transdución de sinais nas células”
1995	Edward B. Lewis Christiane Nüsslein-Volhard Eric F. Wieschaus	“polos seus descubrimentos relativos ó control xenético do desenvolvemento embrional temperán”
1996	Peter C. Doherty Rolf M. Zinkernagel	“polos seus descubrimentos relativos á especificidade da defensa inmune celular”
1997	Stanley B. Prusiner	“polo seu descubrimento dos prions —un novo principio biolóxico da infección—”
1998	Robert F. Furchgott Louis J. Ignarro Ferid Murad	“polos seus descubrimentos relativos ó óxido nítrico como molécula sinaladora no sistema cardiovascular”
1999	Günter Blobel	“polo descubrimento do feito de que as proteínas posúen sinais intrínsecos que rexen o seu transporte e localización na célula”

PREMIOS NOBEL DE FÍSICA

	Ano	Laureados	Motivos
1901	Wilhelm Conrad Röntgen		“en recoñecemento dos extraordinarios servizos prestados ó descubri-los notables raios que, en consecuencia, recibiron o seu nome” ¹
1902	Hendrik Antoon Lorentz Pieter Zeeman		“en recoñecemento do extraordinario servizo que prestaron coas súas investigacións sobre a influencia dos campos magnéticos nos fenómenos de radiación”
1903	Antoine Henri Becquerel Pierre Curie Marie Curie (nada Sklodowska)		“en recoñecemento dos extraordinarios servizos que prestou co seu descubrimento da radioactividade espontánea” “en recoñecemento dos extraordinarios servizos que prestaron coas súas investigacións conxuntas sobre os fenómenos da radiación descubertos polo profesor Henri Becquerel”
1904	John William Strutt Rayleigh		“polas súas investigacións sobre as densidades dos máis importantes gases e polo seu descubrimento do argon en relación con estes estudos”
1905	Philipp Eduard Anton Lenard		“polo seu traballo sobre os raios catódicos”
1906	Joseph John Thomson		“en recoñecemento dos grandes méritos das súas investigacións teóricas e experimentais sobre a condución da electricidade en gases”
1907	Albert Abraham Michelson		“polos seus instrumentos ópticos de precisión e as investi-

		gacións espectroscópicas e metrolóxicas levadas a cabo coa súa axuda"
1908	Gabriel Lippmann	"polo seu método de reprodución fotográfica de cores baseado no fenómeno da interferencia"
1909	Guglielmo Marconi Karl Ferdinand Braun	"en recoñecemento das súas contribucións ó desenvolvemento da telegrafía sen fíos"
1910	Johannes Diderik van der Waals	"polo seu traballo sobre a ecuación do estado para os gases e os líquidos"
1911	Wilhelm Wien	"polos seus descubrimentos relativos ás leis que rexen a radiación de calor"
1912	Nils Gustav Dalén	"pola súa invención de reguladores automáticos para usar en conxunción con acumuladores de gas para iluminar faros marítimos e boias"
1913	Heike Kamerlingh-Onnes	"polas súas investigacións sobre as propiedades da materia a baixas temperaturas, que conduciron, entre outras cousas, á obtención do helio líquido"
1914	Max von Laue	"polo seu descubrimento da difracción dos raios X polos cristais"
1915	William Henry Bragg William Lawrence Bragg	"polos seus servizos na análise da estrutura dos cristais mediante os raios X"
1917	Charles Glover Barkla	"polo seu descubrimento da radiación de raios X característica dos elementos"
1918	Max Karl Ernst Ludwig Planck	"en recoñecemento dos servizos prestados ó progreso da Física co seu descubrimento dos cuantos de enerxía"
1919	Johannes Stark	"polo seu descubrimento do efecto Doppler en raios canles e o desdoblamento de liñas espectrais en campos eléctricos"
1920	Charles Edouard Guillaume	"en recoñecemento do servizo prestado ás medicións de precisión na Física co seu descubrimento das anomalías en aliaxes de níquel e aceiro"
1921	Albert Einstein	"polos seus servizos á Física teórica, e especialmente polo seu descubrimento da lei do efecto fotoeléctrico"
1922	Niels Bohr	"polos seus servizos na investigación da estrutura dos átomos e da radiación que emana deles"
1923	Robert Andrews Millikan	"polo seu traballo sobre a carga elemental da electricidade e sobre o efecto fotoeléctrico"

1924	Karl Manne Georg Siegbahn	"polos seus descubrimentos e investigacións no campo da espectrografía de raios X"
1925	James Franck Gustav Hertz	"polo seu descubrimento das leis que rexen o impacto dun electrón nun átomo"
1926	Jean Baptiste Perrin	"polo seu traballo sobre a estrutura descontinua da materia, e en especial polo seu descubrimento do equilibrio de sedimentación"
1927	Arthur Holly Compton Charles Thomson Rees Wilson	"polo seu descubrimento do efecto que leva o seu nome" "polo seu método de detección de partículas electricamente cargadas a través da condensación de vapor"
1928	Owen Willans Richardson	"polo seu traballo sobre o fenómeno termoiónico e especialmente polo descubrimento da lei que leva o seu nome"
1929	Louis-Victor de Broglie	"polo seu descubrimento da natureza ondulatoria dos electróns"
1930	Chandrasekhara Venkata Raman	"polo seu traballo sobre a difusión da luz e polo descubrimento do efecto que leva o seu nome"
1932	Werner Heisenberg	"pola creación da mecánica cuántica, que, entre outras cousas, levou ó descubrimento das formas alotrópicas do hidróxeno"
1933	Erwin Schrödinger Paul Adrien Maurice Dirac	"polo descubrimento de novas formas productivas da teoría atómica"
1935	James Chadwick	"polo descubrimento do neutrón"
1936	Victor Franz Hess Carl David Anderson	"polo seu descubrimento da radiación cósmica" "polo seu descubrimento do positrón"
1937	Clinton Joseph Davison George Paget Thomson	"polo seu descubrimento experimental da difracción de electróns a través dos cristais"
1938	Enrico Fermi	"polas súas demostracións da existencia de novos elementos radioactivos producidos polo bombardeo de neutróns, e polo seu descubrimento das reaccións nucleares producidos por neutróns lentos"
1939	Ernest Orlando Lawrence	"pola invención e o desenvolvemento do ciclotrón e polos resultados obtidos con el, especialmente en relación cos elementos radioactivos artificiais"
1943	Otto Stern	"pola súa contribución ó desenvolvemento do método de raios moleculares e o seu descubrimento do momento magnético do protón"

1944	Isidor Isaac Rabi	“polo seu método de resonancia para rexistra-las propiedades magnéticas dos núcleos atómicos”
1945	Wolfgang Pauli	“polo descubrimento do principio de exclusión, tamén chamado principio de Pauli”
1946	Percy Williams Bridgman	“pola invención dun aparello para producir presións extremadamente altas, e polos descubrimentos que con el levou a cabo no campo da física de altas presións”
1947	Edward Victor Appleton	“polas súas investigacións en física da atmosfera superior, e especialmente polo descubrimento da chamada capa de Appleton”
1948	Patrick Maynard Stuart Blackett	“polo seu desenvolvemento do método da cámara de nubes de Wilson, co que fixo descubrimentos nos eidos da Física nuclear”
1949	Hideki Yukawa	“pola súa predicción da existencia de mesóns sobre a base dun traballo teórico sobre as forzas nucleares”
1950	Cecil Frank Powell	“polo seu desenvolvemento do método fotográfico para estudia-los procesos nucleares e os seus descubrimentos relativos ós mesóns feitos con este método”
1951	John Douglas Cockcroft Ernest Thomas Sinton Walton	“polo seu traballo pioneiro sobre a transmutación dos núcleos atómicos por medio de partículas aceleradas artificialmente”
1952	Felix Bloch Edward Mills Purcell	“polo seu desenvolvemento de novos métodos para a medición nuclear magnética de precisión e por outros descubrimentos relacionados”
1953	Frits (Frederik) Zernike	“pola súa demostración do método de contraste de fase, e especialmente pola súa invención do microscopio de contraste de fase”
1954	Max Born	“pola súa fundamental investigación sobre Mecánica cuántica, e especialmente pola súa interpretación estatística da función de onda”
	Walther Bothe	“polo método de contadores en coincidencia e os seus descubrimentos feitos con el”
1955	Willis Eugene Lamb	“polos seus descubrimentos relativos á estrutura do espectro do hidróxeno”
	Polykarp Kusch	“pola súa determinación precisa do momento magnético do electrón”
1956	William Shockley John Bardeen Walter Houser Brattain	“polas súas investigacións sobre semicondutores e o seu descubrimento do efecto transistor”

1957	Chen Ning Yang Tsung-Dao Lee	“pola súa penetrante investigación das chamadas leis de paridade, que conduciu a importantes descubrimentos relativos ás partículas elementais”
1958	Pavel Alekseievich Cherenkov Il’ia Mikhailovich Frank Igor Ievgenievich Tamm	“polo descubrimento e a interpretación do efecto Cherenkov”
1959	Emilio Gino Segrè Owen Chamberlain	“polo seu descubrimento do antiprotón”
1960	Donald A. Glaser	“pola invención da cámara de burbullas”
1961	Robert Hofstadter	“polos seus estudos pioneiros sobre a difusión de electróns en núcleos atómicos e os conseguintes descubrimentos relativos á estrutura dos nucleóns”
	Rudolf Ludwig Mössbauer	“polas súas investigacións relativas á absorción por resonancia da radiación gamma e mailo seu conseguinte descubrimento do efecto que leva o seu nome”
1962	Lev Davidovich Landau	“polas súas teorías pioneiras acerca da materia condensada, especialmente o helio líquido”
1963	Eugene Paul Wigner	“polas súas contribucións á teoría do núcleo atómico e das partículas elementais, en particular a través do descubrimento e a aplicación de principios fundamentais da simetría”
	Maria Goeppert-Mayer J. Hans D. Jensen	“polos seus descubrimentos relativos á estrutura de capas nucleares”
1964	Charles H. Townes Nicolai Gennadiyevich Basov Aleksandr Mikhailovich Prokhorov	“polo traballo fundamental no campo da electrónica cuántica, que conduciu á construción de osciladores e amplificadores baseados no principio máser-láser”
1965	Sin-Itiro Tomonaga Julian Schwinger Richard P. Feynman	“polo seu traballo fundamental na cuántica dos campos electromagnéticos, de profundas consecuencias para a Física das partículas elementais”
1966	Alfred Kastler	“polo descubrimento e o desenvolvemento de métodos ópticos para o estudo das resonancias herzianas nos átomos”
1967	Hans Albrecht Bethe	“polas súas contribucións á teoría das reaccións nucleares, e especialmente os seus descubrimentos relativos á produción de enerxía nas estrelas”
1968	Luis W. Alvarez	“polas súas contribucións decisivas á Física das partículas elementais, e en particular o descubrimento dun gran número de estados de resonancia feitos posibles a través

		do seu desenvolvemento da técnica do uso a cámara de burbullas de hidróxeno e a análise de datos"
1969	Murray Gell-Mann	"polas súas contribucións e descubrimentos relativos á clasificación das partículas elementais e as súas interaccións"
1970	Hannes Alfvén	"polo traballo fundamental e os descubrimentos na hidrodinámica magnética, con fructíferas aplicacións en diferentes partes da física do plasma"
	Louis Néel	"polo traballo fundamental e os descubrimentos relativos ó antiferromagnetismo e o ferromagnetismo, que conduciron a importantes aplicacións na física do estado sólido"
1971	Dennis Gabor	"pola súa invención e desenvolvemento do método holográfico"
1972	John Bardeen Leon N. Cooper J. Robert Schrieffer	"pola súa teoría da superconductividade, usualmente chamada teoría BCS, desenvolvida conxuntamente"
1973	Leo Esaki Ivar Giaever	"polos seus descubrimentos experimentais relativos ós fenómenos do efecto túnel nos semicondutores e superconductores, respectivamente"
	Brian D. Josephson	"polas súas predicións teóricas sobre as propiedades dunha supercorrente a través dunha barreira de túnel, en particular aqueles fenómenos que xeralmente se coñecen por efectos Josephson"
1974	Martin Ryle Antony Hewish	"pola súa investigación pioneira na Astrofísica: a Ryle polas súas observacións e os seus inventos, en particular o da técnica da síntese de apertura, e a Hewish polo seu papel decisivo no descubrimento dos púlsares"
1975	Aage Bohr Ben Mottelson James Rainwater	"polo descubrimento da conexión entre os movementos colectivos e os movementos das partículas nos núcleos atómicos e o desenvolvemento da teoría do núcleo atómico baseada nesta conexión"
1976	Burton Richter Samuel C. C. Ting	"polo seu traballo pioneiro no descubrimento dun novo tipo de partícula elemental pesada"
1977	Philip W. Anderson Neville F. Mott John H. van Vleck	"polas súas investigacións teóricas fundamentais da estrutura electrónica dos sistemas magnéticos e desordenados"
1978	Piotr Leonidovich Kapitsa	"polas súas invencións básicas e descubrimentos na área da física a baixas temperaturas"
	Arno A. Penzias Robert W. Wilson	"polo seu descubrimento da radiación cósmica de fondo"

1979	Sheldon Lee Glashow Abdus Salam Steven Weinberg	“polas súas contribucións á teoría da unificación das interaccións débil e electromagnética entre partículas elementais, incluída, entre outras cousas, a predicción da corrente neutra débil”
1980	James W. Cronin Val L. Fitch	“polo descubrimento da violación dos principios dunha simetría fundamental na desintegración dos mesóns K neutros”
1981	Nicolaas Bloembergen Arthur L. Schawlow	“pola súa contribución ó desenvolvemento da espectroscopia con láser”
	Kai Manne Siegbahn	“pola súa contribución ó desenvolvemento do espectrómetro de electróns de alto poder de resolución”
1982	Kenneth G. Wilson	“pola súa teoría dos fenómenos críticos en conexión coas transicións de fase”
1983	Subramanyan Chandrasekhar	“polos seus estudos teóricos dos procesos físicos relevantes para a estrutura e a evolución das estrelas”
	William A. Fowler	“polos seus estudos teóricos e experimentais sobre as reaccións nucleares relevantes para a formación dos elementos químicos no universo”
1984	Carlo Rubbia Simon van der Meer	“polas súas contribucións decisivas ó gran proxecto que conduciu ó descubrimento das partículas de campo W e Z, comunicadoras da interacción débil”
1985	Klaus von Klitzing	“polo descubrimento do efecto Hall cuántico”
1986	Ernst Ruska	“polo seu traballo fundamental na óptica electrónica, e polo deseño do primeiro microscopio electrónico”
	Gerd Binnig Heinrich Rohrer	“polo seu deseño do microscopio electrónico de efecto túnel”
1987	Johannes Georg Bednorz Karl Alexander Müller	“polo seu importante descubrimento da superconductividade nos materiais cerámicos”
1988	Leon Max Lederman Melvin Schwartz Jack Steinberger	“polo método de feixes de neutrinos e a demostración da estrutura dos leptóns a través do descubrimento do neutrino muónico”
1989	Norman Foster Ramsey	“pola invención do método dos campos oscilatorios separados e o seu uso nos reloxo de máser de hidróxeno e outros reloxo atómicos”
	Hans Georg Dehmelt Wolfgang Paul	“polo desenvolvemento da técnica para atrapar ións”

1990	Jerome I. Friedman Henry W. Kendall Richard E. Taylor	“polas súas investigacións pioneiras relativas á difusión profundamente inelástica de electróns sobre protóns e neutróns ligados, que foron de esencial importancia para o desenvolvemento do modelo dos <i>quarks</i> na física de partículas”
1991	Pierre-Gilles de Gennes	“por descubrir que os métodos desenvolvidos para estudar os fenómenos ordenados en sistemas simples poden ser xeneralizados para as formas máis complexas de materia, e en particular para os cristais líquidos e os polímeros”
1992	Georges Charpak	“pola súa invención e desenvolvemento de detectores de partículas, e en particular a cámara proporcional multi-chispas”
1993	Russell A. Hulse Joseph H. Taylor Jr.	“polo descubrimento dun novo tipo de púlsar, que abriu novas posibilidades para o estudo da gravitación”
1994	Bertram N. Brockhouse Clifford G. Shull	“polo desenvolvemento da espectroscopia de neutróns” “polo desenvolvemento da técnica de difracción de neutróns”
1995	Martin L. Perl Frederick Reines	“polo descubrimento do leptón tau” “pola detección dos neutrinos”
1996	David M. Lee Douglas D. Osheroff Robert C. Richardson	“polo seu descubrimento da superfluidez no helio 3”
1997	Steven Chu Claude Cohen-Tannoudji William D. Phillips	“polo desenvolvemento de métodos para arrefriar e atrapar átomos con luz láser”
1998	Robert B. Laughlin Horst L. Störmer Daniel C. Tsui	“polo seu descubrimento dunha nova forma de fluído cuántico con excitacións con carga fraccionaria”
1999	Gerardus 't Hooft Martinus J. G. Veltman	“por explica-la estrutura cuántica das interaccións electrodébiles na física”

PREMIOS NOBEL DE QUÍMICA

Ano	Laureados	Motivos
1901	Jacobus Henricus van 't Hoff	“en recoñecemento dos extraordinarios servizos prestados mediante o descubrimento das leis da dinámica química e da presión osmótica en solucións”
1902	Hermann Emil Fischer	“en recoñecemento dos extraordinarios servizos prestados co seu traballo sobre a síntese de azúcre purinas”

1903	Svante August Arrhenius	"en recoñecemento dos extraordinarios servizos prestados no progreso da Química coa súa teoría da disociación electrolítica"
1904	William Ramsay	"en recoñecemento dos seus servizos co descubrimento dos gases nobres no aire e maila súa determinación do seu lugar no sistema periódico"
1905	Johann Friedrich Wilhelm Adolf von Baeyer	"en recoñecemento dos seus servizos no progreso da Química orgánica e da industria química co seu traballo sobre cores orgánicas e compostos hidroaromáticos"
1906	Henri Moissan	"en recoñecemento dos grandes servizos prestados coa súa investigación e o illamento da fluorina, e pola adopción, ó servizo da ciencia, do forno eléctrico que leva o seu nome"
1907	Eduard Buchner	"polas súas investigacións biomédicas e o seu descubrimento da fermentación sen células"
1908	Ernest Rutherford	"polas súas investigacións sobre a desintegración dos elementos e maila química das substancias radioactivas"
1909	Wilhelm Ostwald	"en recoñecemento do seu traballo sobre a catálise, e polas súas investigacións sobre os principios fundamentais que rexen os equilibrios químicos e as velocidades de reacción"
1910	Otto Wallach	"en recoñecemento dos seus servizos á Química orgánica e á industria química co seu traballo pioneiro no eido dos compostos acíclicos"
1911	Marie Curie (nada Sklodowska)	"en recoñecemento dos seus servizos ó progreso da Química co descubrimento dos elementos radio e do polonio, o illamento do radio e o estudio da natureza e os compoñentes deste notable elemento"
1912	Victor Grignard	"polo descubrimento do chamado reaxente de Grignard, que nos últimos anos permitiu un gran progreso da Química orgánica"
	Paul Sabatier	"polo seu método de hidroxenación de compostos orgánicos na presenza de metais finamente divididos, co que a Química orgánica progresou grandemente nos últimos anos"
1913	Alfred Werner	"en recoñecemento do seu traballo sobre as relacións de enlace de átomos en moléculas, co que deitou unha nova luz sobre investigacións anteriores e abriu novos campos de investigación, especialmente na Química inorgánica"
1914	Theodore William Richards	"en recoñecemento das súas determinacións do peso atómico dun amplo número de elementos químicos"

1915	Richard Martin Willstätter	“polas súas investigacións sobre os pigmentos das plantas, e en particular a clorofila”
1918	Fritz Haber	“polas síntese do amoníaco a partir dos seus elementos”
1920	Walther Hermann Nernst	“en recoñecemento do seu traballo sobre termoquímica”
1921	Frederick Soddy	“polas súas contribucións ó noso coñecemento da química das substancias radioactivas e polas súas investigacións sobre a orixe e a natureza dos isótopos”
1922	Francis William Aston	“polo seu descubrimento, a través do seu espectrógrafo de masas, de isótopos nun gran número de elementos non-radioactivos, e pola formulación da regra do número enteiro”
1923	Fritz Pregl	“pola súa invención do método de microanálise de compostos orgánicos”
1925	Richard Adolf Zsigmondy	“pola súa demostración da natureza heteroxénea das solucións de coloides e polos métodos utilizados, que se converteron en fundamentais na moderna química de coloides”
1926	The (Theodor) Svedberg	“polo seu traballo sobre os sistemas dispersos”
1927	Heinrich Otto Wieland	“polas súas investigacións sobre a constitución dos ácidos da bile e as substancias relacionadas”
1928	Adolf Otto Reinhold Windaus	“polos servizos prestados a través da súa investigación sobre a constitución dos esteroides e a súa relación coas vitaminas”
1929	Arthur Harden Hans Karl August Simon von Euler-Chelpin	“polas súas investigacións sobre a fermentación de azúcre e enzimas”
1930	Hans Fischer	“polas súas investigacións sobre a constitución da haemina e a clorofila e especialmente pola súa síntese da haemina”
1931	Carl Bosch Friedrich Bergius	“en recoñecemento das súas contribucións á invención e o desenvolvemento de procesos químicos a altas presións”
1932	Irving Langmuir	“polos seus descubrimentos e investigacións sobre química de superficies”
1934	Harold Clayton Urey	“polo seu descubrimento do hidróxeno pesado”
1935	Frédéric Joliot Irène Joliot-Curie	“en recoñecemento da súa síntese de novos elementos radioactivos”

1936	Petrus (Peter) Josephus Wilhelmus Debye	“polas súas contribucións ó noso coñecemento da estrutura molecular a través das súas investigacións sobre momentos dipolares e sobre a difracción de raios X e de electróns en gases”
1937	Walter Norman Haworth	“polas súas investigacións sobre os hidratos de carbono e a vitamina C”
	Paul Karrer	“polas súas investigacións sobre os carotenoides, as flavinas e as vitaminas A e B2”
1938	Richard Kuhn	“polo seu traballo sobre os carotenoides e as vitaminas”
1939	Adolf Friedrich Johann Butenandt	“polo seu traballo sobre as hormonas sexuais”
	Leopold Ruzicka	“polo seu traballo sobre os polimetilenos e os terpenos máis altos”
1943	George de Hevesy	“polo seu traballo sobre a aplicación de isótopos como indicadores na investigación dos procesos químicos”
1944	Otto Hahn	“polo seu descubrimento da fisión de núcleos pesados”
1945	Artturi Ilmari Virtanen	“pola súa investigación e os inventos na área da Química agrícola e dos alimentos, especialmente polo seu método de protección da forraxe”
1946	James Batcheller Sumner	“por descubrir que as enzimas poden ser cristalizadas”
	John Howard Northrop Wendell Meredith Stanley	“pola súa preparación de enzimas e proteínas de virus en forma pura”
1947	Robert Robinson	“polas súas investigacións sobre os produtos vexetais de importancia para a Bioloxía, especialmente os alcaloides”
1948	Arne Wilhelm Kaurin Tiselius	“pola súa investigación sobre a electroforese e a análise de adsorción, e especialmente polos seus descubrimentos relativos á natureza complexa das proteínas do soro”
1949	William Francis Giauque	“polas súas contribucións no eido da Termodinámica química, e en especial no relativo ó comportamento das substancias a temperaturas extremadamente baixas”
1950	Otto Paul Hermann Diels Kurt Alder	“polo seu descubrimento e desenvolvemento da síntese de diens”
1951	Edwin Mattison McMillan Glenn Theodore Seaborg	“polos seus descubrimentos na química dos elementos transuránicos”
1952	Archer John Porter Martin Richard Laurence Millington Synge	“pola súa invención da cromatografía”

1953	Hermann Staudinger	"polos seus descubrimentos no eido da Química macro molecular"
1954	Linus Carl Pauling	"polas súas investigacións sobre a natureza do enlace químico e a súa aplicación á elucidación da estrutura das substancias complexas"
1955	Vincent du Vigneaud	"polo seu traballo sobre os compostos sulfurosos bioquimicamente importantes, e en especial pola primeira síntese dunha hormona polipéptida"
1956	Cyril Norman Hinshelwood Nikolai Nikolaevich Semenov	"polas súas investigacións sobre o mecanismo das reaccións químicas"
1957	Alexander R. Todd	"polo seu traballo sobre os nucleótidos e as coenzimas nucleótidas"
1958	Frederick Sanger	"polo seu traballo sobre a estrutura das proteínas, e en especial da insulina"
1959	Jaroslav Heyrovsk	"polo seu descubrimento e desenvolvemento dos métodos polarográficos de análise"
1960	Willard Frank Libby	"polo seu método para aplica-lo carbono 14 para a determinación da idade na Arqueoloxía, a Xeoloxía, a Xeofísica e outras ramas da ciencia"
1961	Melvin Calvin	"pola súa investigación sobre a asimilación do ácido carbónico polas plantas"
1962	Max Ferdinand Perutz John Cowdery Kendrew	"polos seus estudos sobre as estruturas das globulinas"
1963	Karl Ziegler Giulio Natta	"polos seus descubrimentos no eido da Química e a tecnoloxía dos polímeros altos"
1964	Dorothy Crowfoot-Hodgkin	"polas súas determinacións por raios X das estruturas de importantes substancias bioquímicas"
1965	Robert Burns Woodward	"polos seus logros sobresalientes na arte da síntese orgánica"
1966	Robert S. Mulliken	"polo seu fundamental traballo relativo ós enlaces químicos e a estrutura electrónica das moléculas polo método orbital"
1967	Manfred Eigen Ronald George Wreyford Norrish George Porter	"polos seus estudos sobre as reaccións químicas extremadamente rápidas provocadas mediante a perturbación do equilibrio mediante impulsos moi curtos de enerxía"

1968	Lars Onsager	“polo descubrimento das relacións recíprocas que levan o seu nome, que son fundamentais para a termodinámica dos procesos irreversibles”
1969	Derek H. R. Barton Odd Hassel	“polas súas contribucións ó desenvolvemento do concepto de conformación e a súa aplicación á Química”
1970	Luis F. Leloir	“polo seu descubrimento de nucleótidos azucres e o seu papel na biosíntese dos hidratos de carbono”
1971	Gerhard Herzberg	“polas súas contribucións ó coñecemento da estrutura electrónica e da xeometría das moléculas, e en particular das radicais libres”
1972	Christian B. Anfinsen	“polo seu traballo sobre a ribonucleasa, e en especial sobre a conexión entre a secuencia dos aminoácidos e a confirmación bioloxicamente activa”
	Stanford Moore William H. Stein	“pola súa contribución á comprensión da conexión entre estrutura química e actividade catalítica do centro activo da ribonucleasa”
1973	Ernst Otto Fischer Geoffrey Wilkinson	“polo seu traballo pioneiro, levado a cabo independentemente, sobre a química dos compostos organo-metálicos, chamados compostos <i>sándwich</i> ”
1974	Paul J. Flory	“polos seus logros fundamentais, tanto teóricos como experimentais, na química física das macromoléculas”
1975	John Warcup Cornforth	“polo seu traballo sobre a estereoquímica das reaccións catalíticas das enzimas”
	Vladimir Prelog	“pola súa investigación sobre a estereoquímica das moléculas orgánicas e reaccións”
1976	William N. Lipscomb	“polos seus estudos sobre a estrutura dos borados, que deitaron luz sobre os problemas dos enlaces químicos”
1977	Ilya Prigogine	“polas súas contribucións á termodinámica dos procesos irreversibles, e en particular á teoría das estruturas disipativas”
1978	Peter D. Mitchell	“pola súa contribución á comprensión da transferencia de enerxía biolóxica a través da formulación da teoría quimiosmótica”
1979	Herbert C. Brown Georg Wittig	“polo seu desenvolvemento da aplicación de compostos orgánicos borados e fosforados, respectivamente, en reagentes importantes da síntese orgánica”
1980	Paul Berg	“polos seus estudos fundamentais da bioquímica dos ácidos nucleicos, con especial atención ó DNA recombinante”

	Walter Gilbert Frederick Sanger	“polas súas contribucións relativas á determinación das secuencias básicas nos ácidos nucleicos”
1981	Kenichi Fukui Roald Hoffmann	“polas súas teorías, desenvolvidas independentemente, relativas ó curso das reaccións químicas”
1982	Aaron Klug	“polo seu desenvolvemento do microscopio electrónico cristalográfico para elucidar estruturalmente complexos proteínicos e nucleicos bioloxicamente importantes”
1983	Henry Taube	“polo seu traballo sobre os mecanismos de reacción de transferencia de electróns, especialmente nos complexos de metais”
1984	Robert Bruce Merrifield	“polo seu desenvolvemento da metodoloxía para a síntese química sobre unha matriz sólida”
1985	Herbert A. Hauptman Jerome Karle	“polos seus logros sobresalientes no desenvolvemento de métodos directos para a determinación de estruturas cristalinas”
1986	Dudley R. Herschbach Yuan Tseh Lee John C. Polanyi	“polas súas contribucións relativas á dinámica dos procesos químicos elementais”
1987	Donald J. Cram Jean-Marie Lehn Charles J. Pedersen	“polo seu desenvolvemento e aplicación de moléculas con interaccións estruturalmente específicas de alta selectividade”
1988	Johann Deisenhofer Robert Huber Hartmut Michel	“pola determinación da estrutura tridimensional do centro dunha reacción de fotosíntese”
1989	Sidney Altman Thomas Robert Cech	“polo seu descubrimento das propiedades catalíticas do ácido ribonucleico”
1990	Elias James Corey	“polo seu desenvolvemento da teoría e da metodoloxía da síntese orgánica”
1991	Richard Robert Ernst	“polas súas contribucións ó desenvolvemento da metodoloxía da espectroscopia de resonancia magnética nuclear de alta resolución”
1992	Rudolph A. Marcus	“polas súas contribucións á teoría das reaccións de transferencia electrónica nos sistemas químicos”
1993	Kary Banks Mullis	“pola súa invención do método da reacción en cadea polimerasa”
	Michael Smith	“polas súas contribucións fundamentais ó establecemento da mutaxénese baseada nos oligonucleótidos e o seu desenvolvemento para os estudos das proteínas”

1994	George A. Olah	“pola súa contribución á química da carbocación”
1995	Paul Crutzen Mario Molina Frank Sherwood Rowland	“polo seu traballo sobre química atmosférica, e en particular a relativa á formación e á descomposición do ozono”
1996	Robert F. Curl Jr. Harold W. Kroto Richard E. Smalley	“polo seu descubrimento dos fulerenos”
1997	Paul D. Boyer John E. Walker	“pola súa elucidación do mecanismo enzimático subxacente na síntese do trifosfato de adenosina (ATP)”
	Jens C. Skou	“polo primeiro descubrimento dunha enzima que transporta un ión, Na^+ , K^+ -ATPase”
1998	Walter Kohn	“polo seu desenvolvemento da teoría da densidade funcional”
	John A. Pople	“polo seu desenvolvemento de métodos computacionais na Química cuántica”
1999	Ahmed H. Zewail	“polos seus estudos sobre os estados de transición das reaccións químicas por medio da espectroscopia de femto segundo”

PREMIOS NOBEL DE CIENCIAS ECONÓMICAS

Ano	Laureados	Motivos
1969	Ragnar Frisch Jan Tinbergen	“por teren desenvolvido e aplicado modelos dinámicos para a análise dos procesos económicos”
1970	Paul A. Samuelson	“polo traballo científico a través do cal desenvolveu unha teoría económica estática e dinámica e contribuíu activamente a eleva-lo nivel da análise na ciencia económica”
1971	Simon Kuznets	“pola súa interpretación empiricamente fundamentada do crecemento económico, que conduciu a unha visión nova e máis profunda da estrutura económica e social e o proceso do desenvolvemento”
1972	John R. Hicks Kenneth J. Arrow	“polas súas contribucións pioneiras á teoría do equilibrio económico xeral e á teoría do benestar”
1973	Wassily Leontief	“polo desenvolvemento do método <i>input-output</i> e pola súa aplicación a importantes problemas económicos”
1974	Gunnar Myrdal Friedrich August von Hayek	“polo seu traballo pioneiro na teoría do diñeiro e as fluctuacións económicas e mais pola súa penetrante análise da

		interdependencia dos fenómenos económicos, sociais e institucionais"
1975	Leonid Vitaliyevich Kantorovich Tjalling C. Koopmans	"polas súas contribucións á teoría da colocación óptima dos recursos"
1976	Milton Friedman	"polos seus logros nos campos da análise do consumo, a historia e a teoría monetaria, e mais pola súa demostración da complexidade da política de estabilización"
1977	Bertil Ohlin James E. Meade	"polas súas innovadoras contribucións á teoría do comercio internacional e dos movementos internacionais de capital"
1978	Herbert A. Simon	"pola súa investigación pioneira do proceso de toma de decisións nas organizacións económicas"
1979	Theodore W. Schultz Arthur Lewis	"pola súa investigación pioneira sobre o desenvolvemento económico, con especial consideración dos problemas dos países en vías de desenvolvemento"
1980	Lawrence R. Klein	"pola creación de modelos econométricos e a aplicación á análise das fluctuacións e das políticas económicas"
1981	James Tobin	"pola súa análise dos mercados financeiros e as súas relacións coas decisións sobre os gastos, o emprego, a produción e os prezos"
1982	George J. Stigler	"polos seus estudos seminais sobre as estruturas industriais, o funcionamento dos mercados e as causas e os efectos da regulación pública"
1983	Gerard Debreu	"por ter incorporado novos métodos analíticos na teoría económica e pola súa reformulación rigorosa da teoría do equilibrio xeral"
1984	Richard Stone	"polas súas contribucións fundamentais ó desenvolvemento de sistemas de contabilidade nacional, que melloraron grandemente as bases da análise económica empírica"
1985	Franco Modigliani	"pola súa análise pioneira do aforro e dos mercados financeiros"
1986	James M. Buchanan Jr.	"polo seu desenvolvemento das bases contractuais e constitucionais da teoría económica e política da toma de decisións"
1987	Robert M. Solow	"polas súas contribucións á teoría do crecemento económico"
1988	Maurice Allais	"polas súas contribucións pioneiras á teoría dos mercados e da utilización eficiente dos recursos"

1989	Trygve Haavelmo	“pola súa clarificación da teoría da probabilidade, os fundamentos da econometría e as súas análises das estruturas económicas simultáneas”
1990	Harry M. Markowitz Merton H. Miller William F. Sharpe	“polo seu traballo pioneiro na teoría da economía financeira”
1991	Ronald H. Coase	“polo seu descubrimento e clarificación do significado dos custos de transacción e dos dereitos de propiedade para a estrutura institucional e o funcionamento da economía”
1992	Gary S. Becker	“por ter estendido o dominio da análise microeconómica a un amplo abano de comportamentos e interaccións humanos, incluído o comportamento non de mercado”
1993	Robert W. Fogel Douglass C. North	“por teren renovado a investigación da historia económica ó aplicaren a teoría económica e os métodos cuantitativos para explica-lo cambio económico e institucional”
1994	John C. Harsanyi John F. Nash Reinhard Selten	“pola súa análise pioneira dos equilibrios na teoría de xogos non cooperativos”
1995	Robert E. Lucas Jr.	“por ter desenvolvido e aplicado a hipótese das expectativas racionais, co que transformou a análise macroeconómica e afondou no noso coñecemento da política económica”
1996	James A. Mirrlees William Vickrey	“polas súas contribucións fundamentais á teoría económica dos incentivos baixo información asimétrica”
1997	Robert C. Merton Myron S. Scholes	“por un novo método para determina-lo valor de derivados”
1998	Amartya Sen	“polas súas contribucións á economía do benestar”
1999	Robert A. Mundell	“pola súa análise da política monetaria e fiscal baixo diferentes réximes de tipos de cambio, e a súa análise das áreas de monetarias óptimas”





Normas para os autores

NORMAS PARA OS AUTORES

Comité de Redacción

Os profesores interesados en remitir estudos, prácticas, recensións de libros ou noticias para a súa publicación na *Revista Galega do Ensino* (RGE) deberán aterse ás seguintes indicacións, tendo en conta que non se aceptarán os traballos que non as respecten:

1ª) As colaboracións serán inéditas. Consistirán en investigacións teóricas ou prácticas relacionadas co ensino. Deben presentar especial interese para calquera dos tres niveis —primario, secundario, universitario—integrados no contido multidisciplinar da RGE. Preferiranse os traballos dun só firmante e non se aceptarán os asinados por máis de dous. O nome e os apelidos do autor, seguidos do do centro docente ou institución onde traballe, figurarán debaixo do título. As recensións darán noticia de libros de actualidade (enténdese do mesmo ano en que se envían á Revista) e nelas o nome, apelidos e centro do autor poranse ó final. Cando se trate dunha primeira colaboración, indicaranse, en folio á parte nome, centro, enderezo e teléfono. Axuntarase un breve currículo (15 a 20 liñas).

2ª) Os autores presentarán os traballos en disquete, acompañados de copia impresa en letra Courier tamaño 12, paso non compensado. Cada páxina debe ter 2.275 matrices (caracteres + espazos en branco), o que equivale a folios Din A4 de 35 liñas con 65 matrices por liña.

Aplicacións soportadas.

Ficheiros de texto.

Sempre que sexa posible, o ficheiro deberá estar almacenado en formato *Word 97 para Windows*.

Word 97 para Windows soporta ficheiros de:

Word Perfect ata a versión 5.x para MS.DOS e Windows,

Microsoft Publisher 2.0

E ficheiros MS.DOS e ASCII

Word Perfect 5.1 para MS-DOS.

QuarkXPress 3.3 para Power Macintosh

Postscript con formato MAC ou PC.

Follas de cálculo:

O xestor de follas de cálculo utilizado é *Excel 97 para Windows*.

Soporta conversión desde formato.

Lotus 1-2-3,
QuattroPro/DOS,
Microsoft Works,
dBASE,
 versións anteriores de *Excel*.

Bases de datos:

O xestor de base de datos é *Acces 97* 2.5 para *Windows*. Os ficheiros con formato *dBASE* son recoñecidos pola aplicación.

3ª) Os orixinais deberán estar correctamente redactados e puntuados, e escritos, se for posible, en lingua galega. A RGE, que seguirá as normas oficiais do idioma galego, incluso nas opcións preferidas por elas, resérvase a capacidade de facer correccións de estilo, maiormente naqueles puntos que poidan resultar escuros ou ambiguos. Non se usará letra negra (grosa). A cursiva ou as comiñas deberán responder ás convencións internacionais. Toda sigla ha de ser desenvolvida entre parénteses a primeira vez que se cite nun traballo. Exemplo: RAG (Real Academia Galega).

4ª) Así mesmo, a RGE prégalles ós autores o envío de ilustracións de boa calidade, en cor ou en branco e negro (fotografías, fotocopias, mapas, debuxos, gráficos). Para a publicación das recensións é imprescindible a fotocopia da cuberta do libro.

5ª) Os traballos terán a extensión seguinte (cítanse a mínima e a máxima en folios Din A4, entendendo incluídos cadros e esquemas): “Colaboracións Especiais”, 15-25; “Estudios”, 10-25; “Prácticas”, 6-15; “Recensións”, 3-5; “Noticias”, 1-4.

6ª) No caso de estaren divididos en apartados e subapartados, os orixinais han ir acompañados do correspondente índice, organizado con cifras ou letras. Este índice non se publicará.

7ª) O Comité de Redacción decidirá a conveniencia da publicación dos traballos, que serán avaliados por especialistas nas materias de que se trate.

8ª) Os colaboradores da RGE recibirán unha ficha, que cubrirán cos seus datos e o seu perfil académico e profesional.

9ª) A cada autor dun traballo publicado na RGE enviaránselle tres exemplares dela e vinte e cinco separatas.

10ª) Os estudos con notas presentarán estas preferentemente a pé de páxina.

11ª) As referencias bibliográficas que aparezan no corpo do traballo disporanse abreviadamente segundo un dos modos seguintes, máis adiante detallados:

(A. Parrilla, *La integración...*, p. 18)
 — sistema europeo:

(Parrilla, 1992a, 18) — sistema americano:

Debe terse en conta que o sistema europeo prefere a substitución das referencias bibliográficas incrustadas no corpo do traballo por chamadas e notas a pé de páxina, nas que non hai orde alfabética e os nomes dos autores figuran antes dos apelidos; nelas adoitan usarse as referencias bibliográficas cos datos editoriais completos.

O sistema americano permite suprimir-las notas a pé de páxina cando son exclusivamente bibliográficas, polo que resulta indispensable unha bibliografía final na que se detallen tódolos datos.

12ª) A bibliografía consultada como base das colaboracións colocárase ó final delas, ordenada alfabeticamente polos apelidos dos autores, seguidos dos seus nomes, completos ou abreviados coa letra inicial; despois poñerase coma ou dous puntos. Debe entenderse que, feita calquera destas eleccións, non se mesturará coa outra.

Utilizarase sangría francesa, é dicir, sangraranse tódalas liñas, agás a primeira de cada entrada.

Os títulos de libros, revistas e xornais irán en letra cursiva; os de capítulos de libros, de artigos aparecidos en revistas e xornais, ou de traballos en libros colectivos poñeranse entre comiñas, indicando a continuación o xornal, revista ou libro en que se integran.

Escribíranse logo tódolos datos editoriais, sempre pola mesma orde: lugar de edición, editorial, ano (se non se citou antes, segundo o sistema americano) e, se se desexa, colección. No caso das revistas abonda con poñer-lo número e o ano; no de xornais, a data completa.

Indicarase o número da edición do libro, abreviadamente ou voado, só cando non sexa a primeira.

Sinalaranse as páxinas que comprenden o capítulo ou o artigo ós que se fai referencia.

Cando se citen dous ou máis traballos dun autor, ordenaranse cronoloxicamente, pero o apelido e o nome só aparecerán na primeira entrada: nas seguintes substituiranse por un trazo longo ó que seguirá, sen puntuación intermedia, o título que corresponda.

Elixido un sistema (o europeo ou o americano), non se mesturará co outro.

Prégase un uso atento e rigoroso da puntuación, tal como se observa nos exemplos que seguen. Os apartados, que aparecen aquí por razóns de claridade, non se reproducirán na lista de referencias bibliográficas, que debe compoñerse con atención exclusiva á orde alfabética.

Reitérase, así mesmo, que esta orde non se respecta nas notas a pé de páxina, nas que os nomes propios van antepostos ós apelidos. En todo caso, os números xa publicados da RGE poden servir de guía para estas ou outras dúbidas.

SISTEMA EUROPEO

A) LIBROS dun só autor:

Goldstein, A., *Prescription for child mental health and education*, New York, Pergamon, 1978.

Parrilla, A., *La integración escolar y los profesores*, Madrid, Cincel, 2ª ed., 1992 (ou 1992ª).

Tarrío Varela, A., *Literatura galega. Aportacións a unha Historia crítica*, Vigo, Xerais, 1995.

B) LIBROS de varios autores:

Cando os autores son dous ou tres, só se inverte o nome do primeiro. Se son máis de tres adóitase citar só o primeiro, seguido de "e outros". Se foran moitos e ningún deles figurase como coordinador, editor, director, recompilador, etc., utilizaranse as siglas AA.VV. ou VV. AA. (Varios Autores).

Ares Vázquez, M. Carme, e outros, *Diccionario Xerais da Lingua*, Vigo, Xerais, 1986.

López Casanova, A., e E. Alonso, *El análisis estilístico. Poesía /Novela*. Valencia, Bello, 1975.

Santamaría, Andrés, Augusto Cuartas e Joaquín Mangada, *Diccionario de incorreccións, particularidades y curiosidades del lenguaje*, Madrid, Paraninfo, 1995.

VV. AA., *Comprensión lingüística en estudiantes de Primaria y ESO*, Madrid, Ministerio de Educación y Cultura, 1996.

C) ARTIGOS aparecidos en revistas e xornais:

Laín Entralgo, P., "¿Generación del 98?", *El País*, 26-XI-1996, pp. 13-14.

Siguán, M., "O ensino bilingüe. Unha perspectiva de conxunto", *Revista Galega do Ensino*, 1, 1993, pp. 13-30.

Theilgaard, A., "Aggression and the XYZ personality", *International Journal Law & Psychiatric*, 6, 1983, pp. 413-421.

D) CAPÍTULOS de libros dun só autor:

Moreno Báez, E., "Manierismo y Barroco", en *Reflexiones sobre el 'Quijote'*, Madrid, Prensa Española, 1971², pp. 107-125.

E) TRABALLOS en publicacións colectivas (libros de varios autores, dicionarios, enciclopedias, actas, misceláneas...):

Fernández Mosquera, S., "Quevedo y los emblemas: una comunicación difícil", en S. López Poza (ed.), *Literatura emblemática hispánica. Actas del I Simposio Internacional*, A Coruña, Universidade, 1996, pp. 447-459.

Oliveira, A. Resende de, "Pai Gómez Charinho", en G. Tavanni e G. Lanciani (eds.), *Diccionario de Literatura Medieval Galega e Portuguesa*, Lisboa, Caminho, 1993, pp. 502-503.

Requejo Osorio, A., "Desarrollo Comunitario y Educación", en J. M. Quintana (coord.), *Iniciativas sociales en educación informal*, Madrid, Rialp, 1991, pp. 349-360.

SISTEMA AMERICANO

O sistema americano permite unha maior brevidade debido ás referencias bibliográficas intercaladas no corpo do traballo e ó aforro de notas a pé de páxina. Na bibliografía todo se pon igual ca no europeo, con excepción da data, que figura entre parénteses despois do nome do autor. Cando se mencionen varios

libros dun autor publicados no mesmo ano, usaranse letras minúsculas comezando polo *a*. Daremos só algúns exemplos elixidos entre os dos apartados anteriores:

A)

Parrilla, A. (1992a): *La integración escolar y los profesores*, Madrid, Cincel, 2ª ed.

Tarrío Varela, A. (1995): *Literatura galega. Aportacións a unha Historia crítica*, Vigo, Xerais.

B)

López Casanova, A., e E. Alonso (1975): *El análisis estilístico. Poesía/Novela*, Valencia, Bello.

C)

Siguán, M. (1993): "O ensino bilíngüe. Unha perspectiva de conxunto", *Revista Galega do Ensino*, 1, 13-30.

D)

Moreno Báez, E (1971²): "Manierismo y Barroco", en *Reflexiones sobre el 'Quijote'*, Madrid, Prensa Española, 107-125.

E)

Oliveira, A. Resende de (1993): "Pai Gómez Charinho", en G. Tavanni e G. Lanciani (eds.), *Diccionario de Literatura Medieval Galega e Portuguesa*, Lisboa, Caminho, 502-503.

13ª) Nas RECENSIÓNS deben figurar sempre os mesmos datos e pola mesma orde:

Título: *Letra cursiva minúscula.*

Autor: Nome e apelidos.

Traductor: Cando sexa pertinente.

Editorial: Nome dela, lugar e ano de edición.

Colección: Se a hai e desexa mencionarse.

Núm. pp.: Número de páxinas.

Tamaño: Número de cm de alto por número de cm de largo.

14ª) Os repertorios de NOVIDADES EDITORIAIS respectarán as indicacións bibliográficas descritas.

15ª) Enténdense como NOTICIAS as que informen sobre investigación, educación e ensino. Poderán anunciarse congresos, cursos, certames, bolsas, actos culturais, etc., sempre que sexa coa anticipación conveniente e non resulten desfasadas no momento da aparición da RGE.

Así mesmo, mediante breves resumos, pódense dar NOTICIAS de acontecementos recentes: congresos, cursos, exposicións, estreas teatrais, concertos e actos culturais diversos.

16ª) O Comité de Redacción resérvase a facultade de introduci-las modificacións que estime oportunas na aplicación das normas publicadas. Os orixinais non serán devoltos.





Revista Galega do Ensino



Revista Galega do Ensino

COMITÉ DE REDACCIÓN

Ana María Platas Tasende / Dirección
M. del Mar Lorenzo Moledo / Subdirección
María Natividad Rodríguez López / Secretaría
Javier Vilarinho Pintos / Ilustración

CONSELLO ASESOR

Antonio de Ron Pedreira
Agustín Dosil Maceira
Constantino García González
Carlos García Riestra
Xesús P. González Moreiras
Venancio Graña Martínez
José Eduardo López Pereira
Senén Montero Feijóo
José Carlos Otero López
Carlos Pajares Vales
Vicente Peña Saavedra
María Pilar Mar Pérez Marsó
Ángel Rebolledo Varela
Manuel Regueiro Tenreiro
María Jesús Suárez Sixto
José Luis Valcarce Gómez

TRADUCCIÓN E CORRECCIÓN LINGÜÍSTICA

Begoña Méndez Vázquez

COLABORACIÓN, CORRESPONDENCIA, INTERCAMBIO E PEDIDOS

Consellería de Educación e Ordenación Universitaria
Dirección Xeral de Política Lingüística
Edificio Administrativo San Caetano
15704 Santiago de Compostela
e-mail: revista.galega.ensino@mail.xunta.es



Número especial

Balances dun século

Volume II

HUMANIDADES

COORDINADORA

Ana María Platas Tasende

*O Comité de Redacción non asume
necesariamente as opinións expostas
polos autores*

Prohibida a reprodución total ou parcial
do contido sen a autorización expresa da RGE

© Xunta de Galicia

Edita: Consellería de Educación e Ordenación Universitaria
Dirección Xeral de Política Lingüística

Imprime: Grafinova, S. A.

Depósito Legal: C - 818 - 96

ISSN: 1133 - 911X



Índice

Presentacións

❧	Presentación	
	<i>Manuel Fraga Iribarne</i>	páx. 15
❧	Para unha fin de século	
	<i>Celso Currás Fernández</i>	páx. 17
❧	Limiar	
	<i>Ana María Platas Tasende</i>	páx. 19

Colaboracións

❧	Cen anos de Historia	
	<i>Xosé Ramón Barreiro Fernández</i>	páx. 23
❧	Políticas de inmigración e multiculturalismo en Europa	
	<i>Ramón Máiz</i>	páx. 37
❧	A Filosofía no século XX	
	<i>Manuel Maceiras Fafián</i>	páx. 55

❧	A Ética ou o preguntar polo ben	
	<i>Alfonso Pérez de Laborda</i>	páx. 85
❧	Pensamento relixioso no século XX	
	<i>Manuel Cabada Castro</i>	páx.111
❧	A democracia en Europa: entre o final da utopía e a fin da Historia (reflexións sobre un século)	
	<i>Roberto L. Blanco Valdés</i>	páx.133
❧	Trazos xurídicos dun século	
	<i>Pedro Ortego Gil</i>	páx.155
❧	A Psicoloxía no século XX. Balance e perspectiva no limiar dunha nova centuria	
	<i>Helio Carpintero</i>	páx. 177
❧	A Educación do século XX: unha mirada a propostas, avances e herdanzas	
	<i>Alejandro Mayordomo</i>	páx. 199

❧	A Lingüística no século XX	
	<i>Francisco García Gondar / Guillermo Rojo</i>	páx. 221
❧	Un século de Literatura	
	<i>Luis Iglesias Feijoo</i>	páx. 247
❧	A Pintura e o Debuxo no século XX. O mercado da liberdade	
	<i>Lino Cabezas Gelabert</i>	páx. 267
❧	Apuntamentos sobre a Arquitectura do século XX	
	<i>José Manuel García Iglesias</i>	páx. 287
❧	O Teatro no século XX	
	<i>César Oliva</i>	páx. 311
❧	Contribucións cinematográficas a un século que remata	
	<i>Ángel Luis Hueso Montón</i>	páx. 333
❧	Unha reflexión sobre a Música do século XX	
	<i>Roberto Relova Quinteiro</i>	páx. 353

***Premios
Nobel***



Premios Nobel de Literatura

pág. 373



Premios Nobel da Paz

pág. 380

***Normas para
os autores***



Comité de Redacción

pág. 387



Presentacións

PRESENTACIÓN

Cómpre —e bo sería facelo con talante e espírito críticos— un repaso ás evolucións e variacións habidas nas diferentes áreas do coñecemento no que o xénero humano está inmerso e se desenvolve.

É costume das nosas culturas occidentais facer balances periódicos dos logros acadados a partir das propostas presentadas. Deste xeito avalíanse moitas veces os resultados nas áreas científicas e técnicas nas que as posibilidades de lograr metas están supeditadas de contino á metodoloxía e, sobre todo, á tecnoloxía alcanzable en cada momento.

Outra cousa é o pensamento, a ideoloxía, o criterio ou criterios con que se elixe unha liña de actuación. Isto non é cuestión de menor importancia, pois sabemos que as conductas mudaron a miúdo os rumbos da nosa historia.

Desde as ideoloxías ata as maquinarias científicas e técnicas, todo pode quedar obsoleto. Adaptarse ós tempos ten moito que ver con ser capaces de coñece-lo pasado e entende-la súa evolución nos diferentes ámbitos da actuación humana. Este coñecemento e mais este entendemento poderán ofrecernos un punto de apoio para seguirmos avanzando en ciencia, en tecnoloxía, en pensamento, e axudarannos outrosí a discernirmos entre o que é verdadeira evolución e o que é un simple cambio.

A *Revista Galega do Ensino* —non podía ser doutra maneira— súmase a esas reflexións con este número extraordinario, *Balances dun século*, dedicado a comprobalas evolucións e pescudar nos métodos baixo diferentes puntos de vista, coa calidade e o rigor ós que xa nos ten acostumados.

Manuel Fraga Iribarne
Presidente da Xunta de Galicia

PARA UNHA FIN DE SECULO

Os remates dos séculos inclinan sempre á reflexión. Non ía ser menos o deste, tan axitado nos terreos da historia, da sociedade e da política coma innovador nos eidos do pensamento, das diversas ciencias, das comunicacións, do ensino, das leis ou das artes.

A *Revista Galega do Ensino*, coa que esta Consellería, desde hai anos, quere ofrecer ó profesorado vías de expresión dos seus achados e de actualización dos seus coñecementos, comprácese en editar, con motivo destas datas tan singulares, un número especial no que se recollen estudos varios sobre o século XX.

As particulares visións dun nutrido grupo de especialistas en diferentes disciplinas sobre os principais acontecementos, as ideas ou os descubrimentos máis transcendentales deste século demostran canto houbo de inqedanzas, canto de inventos e de poderosa forza creativa na última centuria, que parece se-la porta que abre ó infinito as posibilidades da nova, na que tan axiña nos corresponde entrar.

Sen dúbida, estes *Balances dun século* han gozar dunha entusiasta acollida por parte dos lectores e servir de punto de referencia para docentes e estudiosos interesados no desenvolvemento da cultura. Moito do que acadaron os nosos predecesores lémbrese nas seguintes páxinas. Algúns, por certo, nin sequera foron os nosos predecesores: son os nosos coetáneos, e viven e alentan canda nós mentres lle arrincan ó mundo os seus máis agochados segredos e nos entregan os logros finais das súas incontables horas de dedicación. Non pode ser outra a maneira de conquistar un futuro que xa é presente.

Celso Currás Fernández
Conselleiro de Educación
e Ordenación Universitaria

LIMIAR

Parece lóxico que diversas publicacións periódicas dediquen centos de páxinas e numerosos monográficos á análise dos aspectos máis caracterizadores deste século XX que agora acaba. Tal circunstancia non pasou inadvertida ós responsables da *Revista Galega do Ensino*, que, desde hai tempo, queriamos ofrecer unha ollada comprensiva do que sucedeu nas distintas facetas da actividade humana, convencidos de que tódalas voces ían ser diferentes, e todas poucas, para proceder ó estudio de cen anos tan polémicos. Así xurdiu *Balances dun século*, que sae dividido en dous volumes dedicados respectivamente ás Ciencias e ás Humanidades.

Para unha publicación dirixida ós docentes tíñase que intentar a maior amplitude posible no sometido a exame, co fin de non deixar fóra moito do que un espectador aséptico considerase esencial. Calquera lector, sen embargo, poderá botar en falta determinadas materias, feitos ou invencións. Non se perseguíu a exhaustividade, senón compendiar e valorar algo do máis relevante.

Polo que respecta ás disciplinas de base humanística, tampouco foi doado escollelas debido ós límites que impoñía a extensión do volume. Procurouse que as elixidas formasen un corpus coherente e que os ilustres autores que asinan os artigos esbozasen panoramas do século XX ou abordasen cuestións concretas de transcendencia extraordinaria acaecidas no seu discorrer. Tanto as opinións individuais como o resultado da súa integración no conxunto habían ser de interese e utilidade para os destinatarios. Todo o labor se subordinou a esta esperanza.

A Dirección da RGE desexa manifesta-lo seu agradecemento ós colaboradores que escoitaron a súa chamada e a do profesor Carlos Pajares, e dirixir así mesmo un recordo agarimoso a aqueles que, sen formaren parte do abnegado Comité de Redacción, prestaron axudas inestimables.

Por último —o último, desde a Biblia, é case sempre o primeiro— quede constancia da gratitude debida a don Celso Currás Fernández, Conselleiro de Educación e Ordenación Universitaria, pois, sen o seu apoio e a súa tolerancia, a *Revista Galega do Ensino* non podería segui-la traxectoria de liberdade que vén amosando.

Ana María Platas Tasende
Directora da *Revista Galega do Ensino*
Coordinadora do volume de Humanidades



Colaboracións

CEN ANOS DE HISTORIA

*Xosé Ramón Barreiro Fernández**
Universidade de Santiago
de Compostela

Se hai algo que define o século XX é o proceso imparable cara á integración do mundo. Había unha fronteira, imposible de violar, que pretendía presentar un modelo alternativo ó do liberalismo e ó do capitalismo. Resistiu durante décadas, pero esa derradeira fronteira tamén caeu. A URSS hoxe é xa historia e os cidadáns das repúblicas ex soviéticas soben, en marcha, a ese tren.

A integración faise en torno a un modelo económico que os estados asumen e a unhas normas de convivencia política que, cada vez, deixan menores marxes de autonomía a cada un dos estados en beneficio dun poder supranacional. Neste contexto é practicamente imposible que os conflitos interestatais non atopen unha solución de consenso. Por iso, hoxe as guerras están localizadas nos suburbios da gran cidade global, constituída polos estados que lideran o proxecto integrador.

A globalización é algo máis cá integración. Pretende, utilizando os espectaculares avances tecnolóxicos, con-

figurar unha cultura única, impoñer un novo código de valores e mesmo substituí-la pluralidade idiomática por unha linguaxe común. Pensamento único, moral única, idioma único é, no fondo, a grande utopía que perseguen os adoradores do progreso. ¿Chegaremos a iso? As páxinas que seguen pretenden historia-lo evidente proceso de integración que é, sen dúbida, a característica máis sobresaliente destes últimos cen anos. A globalización, en troques, é un fenómeno iniciado, en camiño, pero aínda está lonxe de aniñar nas consciencias de millóns de humanos. E mentres non domine a conciencia será unha batalla perdida.

1. A ECONOMÍA, MOTOR DO CAMBIO

1.1 A FORMACIÓN DUNHA ECONOMÍA INTEGRADA

Unha das características do período comprendido entre 1870 e 1914 foi a integración da economía mundial nun conxunto interdependente nun

* Catedrático de Historia Contemporánea

grao que resulta inconcibible en épocas anteriores.

O núcleo dese proceso foi Europa, cos Estados Unidos como centro subsidiario. Deste núcleo saíron os impulsos que abriron grandes extensións do Globo para a exploración e a penetración europea e americana.

O funcionamento dun único sistema multinacional de comercio mundial, con centro en Londres, foi imposible coa adopción do patrón ouro polas moedas dos principais estados europeos. Engádese a isto o investimento estranxeiro, é dicir, a transferencia de capitais desde os estados máis avanzados ós máis pobres, que era un fenómeno exclusivo de Europa e de Norteamérica.

Gran Bretaña constituíuse na maior fonte de investimento no estranxeiro e Londres era o centro bancario máis importante ata 1914. No ano 1914 os investimentos británicos alén mar ascendían a 4000 millóns de libras, mentres que os de Francia, Alemaña, Bélxica, Holanda e os Estados Unidos non chegaban ós 5500 millóns de libras.

Capitais destes países abriron os camiños de ferro no mundo axudando a intercomunicación. En 1870, Europa tiña abertos 97.250 quilómetros, os Estados Unidos e Canadá 90.643 e o resto do mundo 14.650. Pero no ano 1911 había no mundo 1.060.000 quilómetros abertos, dos cales 281.750 pertencían xa ós países alleos a Europa, Estados Unidos ou Canadá.

Paralelamente, o comercio exterior triplicou o seu volume entre 1870 e 1914.

O proceso de integración económica anda a par do proceso da emigración mundial. As grandes correntes emigratorias proceden sempre de Europa e secundariamente da China, Xapón, e África. A medida que o capital estranxeiro abría nos novos países fontes de riqueza, o caudal emigratorio rebordaba, en beneficio daqueles países que entraban no desenvolvemento: os Estados Unidos, Centroamérica, Sudamérica e, subsidiariamente, Australia e Nova Celandia. É dicir, a emigración segue inexorablemente o camiño do investimento europeo.

Marcar estes feitos históricos non comporta, pola nosa parte, ningún tipo de xuízo ético ou simplemente económico. Ben sabemos que os investimentos europeos só pretendían a multiplicación do capital e o beneficio. Sen dúbida o sistema axudou e mesmo acelerou o progresou económico dos países prestameiros cando os investimentos serviron para a construción de infraestruturas, pero cando servían para outros intereses, os préstamos non fixeron máis que hipoteca-lo futuro destes países e convertíanse en formas máis sutís de colonialismo e dominación.

1.2 A CRISE DO SISTEMA

O proceso de integración económica experimentou retrocesos e crises que tiveron unha influencia decisiva na

construcción social e política do mundo.

A sobreexplotación laboral que impuña o sistema capitalista, mesmo nas nacións que lideraban a economía mundial, e a explotación colonial sobre os países máis débiles produciron movementos, rebeldías e ata a gran revolución socialista que fragmentou o mundo durante case un século.

Ademais destas crises, o propio sistema capitalista experimentou a chamada Gran Depresión, con epicentro no ano 1929, pero cunha maior extensión no tempo que obrigou a reformu-



A Gran Depresión nos EUA. Os cidadáns que perderon na Bolsa tanto diñeiro coma o que se gastou na Gran Guerra ofrecen o seu traballo por un dólar á semana.

la-los principios e as estratexias económicas no ámbito nacional e internacional.

Na análise que o socialismo facía do problema das relacións entre capital e traballo non se pretendía reduci-lo progreso económico que, evidentemente, beneficiaba o propio proletariado, senón que se tentaba elimina-la dialéctica capital-traballo mediante o sistema de eliminación do capitalismo como sistema, non como factor de riqueza. Para iso era preciso conquista-lo Estado pola clase traballadora (a chamada Dictadura do Proletariado) e impoñer un capitalismo de Estado que por ser un Estado proletario, automaticamente eliminaba aquela dialéctica.

Foi así como apareceron os movementos socialistas no mundo, con todas as súas variantes, empregando estratexias de loita ata que no ano 1917 por fin se impón a Dictadura do Proletariado en Rusia.

Aparecía desta forma un modelo económico e tamén social e político enfrontado ó modelo capitalista na súa fase de integración mundial.

A Primeira Guerra Mundial, que afectaba os principais estados, permitiulle ó comunismo ruso irse consolidando pouco a pouco. Comezou a expansionarse no seu hábitat máis ou menos histórico, foi construíndo unha articulación pluriestatal que deu orixe á unión de repúblicas socialistas soviéticas, e cando considerou que estaba suficientemente consolidado o sistema iniciou a súa expansión ideolóxica e



A Gran Depresión en Francia. Os folguistas pedindo traballo ou pan.

diplomática. Foi daquela cando os chamados países capitalistas comprenderon que o comunismo ruso non era unha anécdota na historia, era unha seria ameaza ó modelo occidental.

Cando chegou o momento da Gran Depresión, os analistas do comunismo creron ver confirmadas tódalas hipóteses da autodestrución do sistema capitalista.

Xa sabemos que a depresión foi causada pola crise financeira. A grande alza especulativa de finais dos anos vinte, que xa era un síntoma de debilidadade do investimento, deu paso á caída

precipitada da cotización de valores en outubro de 1929. No conseguinte esforzo para atopar liquidez, os fondos volveron ós Estados Unidos, causando o derrubamento da insegura prosperidade europea. Cando Inglaterra abandonou o patrón ouro, permitindo a depreciación da libra esterlina en setembro de 1931, practicamente o mundo enteiro se veu afectado. Na maior parte dos países industrializados máis da cuarta parte da poboación activa quedou sen traballo. Os prezos e salarios caeron en picado, a produción industrial de Alemaña e dos Estados Unidos descendeu ó 53 % do nivel de 1929.

Parecía que o sistema capitalista entraba en crise definitiva e a URSS agardaba tranquila o momento do derrubamento absoluto para, sen esforzo, impoñe-lo seu modelo alternativo no mundo.

Pero o modelo comunista non foi o único que ofertou unha saída naquela situación crítica. No centro e no sur de Europa, nos países con escasa consolidación do sistema liberal, apareceu un novo modelo alternativo: o nacionalsocialismo.

O nacionalsocialismo acusaba o capitalismo salvaxe, e o modelo de Estado liberal que o fixera posible, de ser responsable da crise económica, é dicir, do paro, dos salarios baixos, das crebas bancarias. Nacía, xa que logo, o nacionalsocialismo cunha veta revolucionaria e anticapitalista. Pero, a diferenza do comunismo, non pretendía elimina-lo capitalismo senón sometelo ó Estado, o novo Estado. O Estado nacionalsocialista era un ente que totalizaba todo o poder posible: o económico, o social, o político. O Estado asumía co poder a responsabilidade de arbitrar sistemas de xustiza para tódolos que aceptaran e asumiran os principios do Estado. Os que se negaran eran reos de lesa patria.

Os novos Estados alemán e Italiano crearon unha mística popular, radicalmente unitaria, antiliberal, anti-comunista, que produciu de inmediato importantes éxitos económicos capaces de consolidalo ante a opinión pública.

O estatalismo do sistema de seguida se converteu nun hipernacionalismo. A grande industria orientouse decididamente cara á produción bélica e mentres crecía o emprego e subían os niveis económicos, o país preparouse para aquilo ó que a súa propia dinámica o levaba: para a guerra.

Xa sabemos que aquel modelo tivo que ser destruído por unha guerra mundial, a Segunda, que producirá importantísimos efectos na reordenación do sistema capitalista.

1.3 A RESTAURACIÓN DO SISTEMA DE ECONOMÍA INTEGRADA

A Segunda Guerra Mundial eliminou nos Estados Unidos as consecuencias da Gran Depresión. As necesidades de produción masiva para cubri-las necesidades da guerra permitiu recupera-la súa economía.

A paz non representou ningunha interrupción seria para a tendencia ascendente que se prolongou durante vinte anos, triplicando o produto interior bruto dos Estados Unidos entre 1950 e 1980 e duplicando a renda *per capita*.

A restauración dos sistemas de economía integrada significou o traslado do liderado económico mundial de Europa ós Estados Unidos. Foi isto posible pola conxunción de varios factores: o aumento da poboación, os avances tecnolóxicos, a aparición de novos bens de consumo, o repentino aforro dos gastos de guerra, os

programas de rearmamento relacionados coa Guerra Fría.

A intelixente política de Truman-Marshall de facer grandes empréstitos a Europa resultou perfecta para a centralización do poder económico nos Estados Unidos: axudaba á reindustrialización de Europa, abríanse por conseguinte amplos mercados no Vello Continente para os produtos americanos e as economías europeas quedaban definitivamente atadas ó dólar como unidade monetaria.

Neste momento, sen embargo, e aínda que os Estados Unidos seguen a mante-lo seu liderado, reforzado polo seu poder militar e político especialmente desde a desarticulación da URSS, creáronse outros dous focos de potencia económica que, se ben naceron integrados cos de Estados Unidos, poden significar no futuro o relevo de tal liderado. Referímonos á CEE e a Xapón.

Co fin da ocupación en 1951, Xapón iniciou un extraordinario crecemento económico que lle permitiu, ó cabo de vinte anos, converterse nunha potencia mundial, desde o punto de vista económico, porque politicamente nunca exerceu o liderado.

Nos anos cincuenta desenvolveron a súa industria pesada. Foi así como o Xapón se converteu no principal constructor de barcos no mundo, e o terceiro país maior produtor de ferro e aceiro.

A partir dos anos sesenta a industria xaponesa empezou a fabricar produtos de consumo de alta tecnoloxía (automóbiles, televisores, cámaras e ordenadores) dirixidos en gran parte ós mercados de exportación de todo o mundo. Os gigantes industriais xaponeses (Mitsui, Toyota, Mitsubishi) estableceron plantas de produción e montaxe no estranxeiro sobre todo no sueste asiático, pero tamén en Europa e mesmo no Estados Unidos de América.

A súa extraordinaria expansión económica fúndase na peculiar relación entre a empresa e os empregados, baseada no vello concepto da lealdade de grupo, e nunha moi intelixente intervención do Estado a través do poderoso Ministerio de Comercio e Industria Internacional, o MITI.

O espectacular crecemento económico xaponés realízase, sen embargo, dentro do modelo do capitalismo liberal e non pon en perigo —ó contrario, refórza— o sistema de economía integrada vixente xa en todo o mundo.

Polo que respecta á CEE, lembremos que foron os seis países da Comunidade Europea do Carbón e o Aceiro, formada no ano 1952, os que no ano 1957 puxeron as bases do chamado entón Mercado Común Europeo.

No ano 1973 incorporáronse Inglaterra, Irlanda e Dinamarca, e a partir deste momento e dadas as extraordinarias vantaxes para o crecemento económico dos países, a CEE foi aumentando os seus efectivos, constituíu a moeda única que se imporá proximamente, e

non pasa pola mente de ningún dirixente rachar un sistema que coordina positivamente as economías nacionais.

A CEE tamén se sitúa no sistema de economía integrada e, sobre todo, é un mecanismo que impedirá no futuro que as diferencias interestatais teñan que recorrer á guerra como fórmula para solucionar os problemas.

Por iso hoxe os analistas do fenómeno económico falan dunha *Triade* de bloques, formada polos Estados Unidos-Canadá, pola CEE e por Xapón cun mesmo concepto de economía.

2. AS CONSECUENCIAS: UN MUNDO SEN GRANDES GUERRAS PERO CON POBREZA

O feito de que a economía lograra a súa integración e vaia camiño da globalización non significou que a repartición de riqueza fora equilibrada nin xusta. Falamos de globalización pero sempre daqueles estados prósperos ou, dito dunha maneira máis gráfica, só 1/5 da poboación mundial participa da riqueza do mundo mentres que as 4/5 partes seguen a vivir na pobreza. Máis alá das consideracións éticas que poderíamos facer, interesa agora tiralas consecuencias de tal situación da propia racionalidade económica.

2.1 A DESCOLONIZACIÓN E A INTEGRACIÓN ECONÓMICA

O fenómeno da descolonización que, a partir do remate da Segunda Guerra Mundial, se foi xeneralizando, non veu acompañado dunha integra-

ción das economías dos novos estados na economía mundial. Quen hoxe contemple un mapa de Asia, de África ou mesmo de Oceanía, decátase de seguida de que un enxame de novos estados ocupa o lugar que hai só cen anos tiñan os grandes países colonizadores de Europa.

O escaso rendemento da maior parte destes novos estados foi o resultado do seu rápido crecemento demográfico que non contaba cun paralelo aumento da renda nacional. É certo que a explosión demográfica comezou a diminuír a finais dos anos oitenta, pero o aumento demográfico a longo prazo seguiu sendo un gravísimo problema. Por outra parte, a mellora dos servizos sanitarios reduciu os índices da mortalidade, especialmente da infantil, e ampliou a esperanza de vida, pero sempre en zonas con faltas de alimentos, como a África sahariana, e a fame seguiu e segue a facer estragos.

Pero non é só a presión demográfica a causante desta situación catastrófica. Nos anos oitenta hai unha radical desviación dos mecanismos económicos nos países desenvolvidos: o cambio do comercio ó capital, é dicir, que o mecanismo máis importante de incidencia no segundo mundo xa non vai se-lo comercial senón o investimento directo estranxeiro (IDE). O investimento directo estranxeiro medra trinta veces máis rápido entre 1984 e 1990 cós comercio. Por outra parte, o crecemento de artigos para o comercio mundial diminúe do 8,5 % en 1988 ó 3 % en 1991.



A descolonización trouxo consigo un enxame de novos estados (Tomado de *La Tierra*. Edit. Salvat).

O investimento directo, é dicir, a adquisición de bens materiais nun país estranxeiro, foi importante mentres foron baixos os custos de man de obra, e iso explica a atracción do IDE por parte de moitos países subdesenvolvidos, o que significou unha importante axuda. Pero hoxe cos avances tecnolóxicos que permiten acurta-los ciclos de produción gracias á maquinaria asistida por ordenador, o baixo custo da man de obra pasou a un segundo lugar á hora de atraer capital estranxeiro.

Por iso caeu así mesmo nos anos noventa o IDE dun 25 % a un 16 % e os grandes prexudicados son aqueles países que precisaban emprega-lo seu excedente demográfico e atraer capital para o seu desenvolvemento.

Debe engadirse a isto que a Tría-de (CEE, Xapón e Estados Unidos-Canadá) crearon fortes barreiras restrinxindo o acceso ós mercados mundiais. É dicir, que a integración económica, e moito máis a globalización, aumenta a distancia entre un mundo desenvolvido, consumista, con acceso practicamente a tódolos bens e un mundo atrasado, pobre e que non ten resoltos os niveis de supervivencia.

¿Significa isto que é preciso agardar a que a propia dinámica do capitalismo chegue a unha fase na que se precise novamente man de obra procedente do segundo mundo? Entón teríamos que dudar da ética dun desenvolvemento económico que impide que 4/5 partes do mundo teñan acceso á supervivencia. Pero quizais estas

reflexións as fagamos a xente normal e non os economistas nin os políticos.

2.2 A SUPERVIVENCIA EN PERIGO

O novo sistema económico e político de carácter integrador e mesmo globalizador pode gabarse do fin das grandes guerras. Están aínda sen curar as cicatrices que deixou a Segunda Guerra Mundial: cincuenta millóns de civís e militares mortos (entre eles vinte millóns da URSS, seis millóns de xudeus, catro millóns e medio de polacos), outros tantos millóns de feridos, vinte de desterrados e exiliados. A economía europea en creba e a Rusia europea en ruínas.

Hoxe certamente resulta case imposible que en Europa poida haber unha nova guerra mundial. A integración económica e política está en condicións de garantir que os conflitos interestatais se poidan resolver pola vía do consenso e non a través da irracionalidade da guerra.

As guerras son agora periféricas e están localizadas, aínda que xeograficamente afecten o corazón de Europa. Pero hai outros perigos moi graves que ameazan incluso a supervivencia humana. Só citaremos tres.

O primeiro é o control da tecnoloxía, especialmente daquela dedicada á guerra. Desde o descubrimento e a utilización da bomba atómica e posteriormente da bomba de hidróxeno mailos posteriores inventos, corre pola conciencia do home reflexivo unha especie de medo cósmico. O feito, ademais, de

que se trate de mecanismos mortíferos controlados por escasas persoas no mundo non axuda precisamente a evita-la angustia. Desde a destrución da URSS sabemos que determinados aparellos e compostos circulan sen control polo mundo. É a consecuencia do almacenamento de poderes destrutivos durante a longa Guerra Fría.

O segundo gran perigo constitúeo a produción e distribución de drogas. No ano 1992, un informe dos Estados Unidos dicía que o negocio anual da droga mobilizaba 500.000 millóns de dólares, negocio só superado polo comercio mundial de armas. Emporiso, a comercialización da droga é un fenómeno inseparable da integración económica. As facilidades que a nova economía dá para as transaccións e o branqueo de diñeiro e maila eliminación de fronteiras financeiras, permiten un tráfico mundial de millóns de dólares facilmente camuflables.

No ano 1998, calculábase que só nos Estados Unidos se branquearon 85.000 millóns de dólares. Catro anos despois, no 1992, aumentara a 250.000 millóns.

A produción de drogas ofrece unha fonte vital de moeda forte e emprego. Só en Bolivia, cunha poboación de 6,5 millóns de habitantes, o 25% da poboación activa traballa directa ou indirectamente na produción e comercio da droga. Por conseguinte, a droga é o factor principal da economía deste país.

No ano 1990 os cultivadores peruanos de coca obtiñan uns ingresos por hectárea quince veces superior ós que cultivaban café, e vintecinco veces superior ós cultivadores de arroz.

A caída dos controis na Unión Soviética facilitou a aparición de novas zonas de produción de marihuana no leste de Europa. Só no ano 1992, púidose comprobar que en Ucraína 1.200.000 hectáreas estaban destinadas a produción de marihuana.

O capitalismo salvaxe, a filosofía de gañar ó prezo que sexa, o afán depredatorio de miles de compañías está detrás doutro gravísimo problema: a degradación ambiental. A emisión de polución e gases con efecto invernadoiro, resultado principalmente da dependencia continua de combustibles fósiles como fontes de enerxía barata, expoñen a Terra a un potencial requentamento que é desastroso para o clima.

A economía dos países superindustrializados, causantes en gran parte da contaminación, permitíralles adaptar novas tecnoloxías menos prexudiciais. Sen embargo, estes países temen a aparición dun novo obstáculo ó seu crecemento económico.

Os países industrialmente máis débiles procuraron compensacións dos máis ricos para adaptaren a súa produción a plans modelos. As Nacións Unidas fixaron en 125.000 millóns de dólares a achega mínima para fomentar un desenvolvemento sostible e non pernicioso (un 0,7 % da renda). Os países máis desenvolvidos só aceptaron

unha compensación de 55.000 millóns de dólares (o 0,45 % da renda).

As Nacións Unidas desempeñaron un papel destacado ó trata-lo tema da degradación do medio. Gracias ó seu esforzo foi posible a Conferencia da ONU sobre Medio Ambiente, celebrada en Río de Xaneiro (un dos países máis prexudicados polo liberalismo salvaxe e incontrolado) no mes de xuño de 1992. Participaron 185 estados e 131 xefes de Estado. Os avances da conferencia foron diversos, axudaron a crear unha mentalidade e preocupación pola supervivencia do planeta, pero as resolucións máis importantes, aquelas que afectaban os intereses económicos dos países máis industrializados, foron bloqueadas sistematicamente.

3. EVOLUCIÓN E RUPTURAS SOCIAIS

Non todo o que afecta o século foi creación súa. O século XX foi o século da liberación social, filosófica e política. Foi o século da burguesía e do proletariado, dúas clases que substitúen historicamente a aristocracia e o clero no control da sociedade. Foi o século do laicismo, é dicir, da construción dunha imaxe do mundo non sometida ós dictados das relixións e das igrexas, non por exclusión das crenzas senón pola redución da orde relixiosa ó mundo privado. Foi o século da prensa, do comercio libre, da electricidade.

Sen embargo, a aceleración experimentada en varios sectores levou a

comunicación e o progreso a situacións nunca imaxinadas.

3.1 A ALDEA GLOBAL

Cando se pensa e se fala das grandes batallas gañadas pola información só se fai desde unha perspectiva humanitaria, benéfica para a sociedade. Hoxe, evidentemente, estamos moito mellor informados que hai un século: sen saírmos da propia casa, pola radio, a prensa, a televisión, a internet, temos acceso a todo o mundo.

Pero esquecemos que todo iso é un negocio, que todo se fai porque xera beneficios e esta contrapartida poucas veces se ten en conta. Máis aínda: o control dos medios de comunicación imposto polos elevados recursos que hoxe supón crealos, recursos impensables sen unha dependencia dos centros de poder económico, filtran a información, o que ten consecuencias quizais máis nefastas ca antes. Que trece millóns de españois estean pendentes da 'información' do *Gran Hermano* fai tremar. É dicir, eses trece millóns son os que deciden qué partido e qué persoa gobernan España.

Cando tivo lugar a chamada invasión de Iraq, o mundo enteiro tivo só a información que lle chegou por unha canle, información previamente pactada co Goberno dos Estados Unidos. Por conseguinte, a globalidade da información non significa necesariamente maiores marxes de liberdade e de opinión. É o negocio que multiplica

os seus beneficios a cambio dunha información controlada. ¿Somos por iso máis libres agora ca no século XIX cando podíamos dispor dunha información moito máis limitada pero plural?

3.2 A LIBERACIÓN DA MULLER

Estamos posiblemente ante o feito máis innovador da sociedade, un feito revolucionario.

As mulleres sempre traballaron, especialmente as do campo que colaboraban de cotío no traballo agrícola e levaban en exclusiva o traballo da casa. O que significa a liberación da muller é a súa incorporación ó mercado de traballo, a dispoñibilidade dun soldo propio e, xa que logo, o dereito a



Rosie 'a remachadora' foi un símbolo no que se vían representadas as traballadoras da industria nos EUA.

face-lo que queira coa súa vida. Liberación sen independencia económica é unha utopía.

A liberación da muller reformulou todo o tema da familia. Aínda que subsisten amplos sectores que por motivos relixiosos e ideolóxicos rexeitan o traballo da muller, estamos ante un fenómeno que medra, que xa non se detén e que alterará no futuro a composición familiar e o papel de cada un dentro da familia.

3.3 A CRISE RELIXIOSA

En douscentos anos a sociedade europea pasou de vivir tutelada pola Igrexa a vivir conforme a outro modelo no que aínda que o cristianismo ten unha considerable forza, carece sen embargo dos controis sociais de que antes dispuxo.

Sabían moi ben os pontífices do século XIX cando condenaron o laicismo que a sociedade camiñaba en dereitura a un modelo no que o compromiso relixioso era algo privativo dun mesmo e non un modelo de obrigado cumprimento social.

O proceso de laicización non só comporta a liberdade para ritualizar ou non a vida, vai moito máis alá e pon en dúbida o dereito a fixar unha lexislación de acordo cos preceptos relixiosos. Temas como o do divorcio, o aborto voluntario, a eutanasia, a homosexualidade, etc., enténdese que teñen que ser lexislados non conforme a unha

perceptiva relixiosa, senón estritamente social.

O proceso de liberación está, entón, a medio camiño aínda, pois a meta parece ser que ningunha instancia relixiosa, ningunha crenza, deba interferir no sistema de autorregulación da sociedade.

En España a duración do franquismo ata 1975 retardou este proceso. A Igrexa católica española descoñecía que baixo a tona dunha confesionalidade imposta había unha radical oposición a un modelo de relixiosidade que se cría era ó mesmo tempo o modelo social de convivencia. Cando o episcopado espertou do seu longo sono atopouse cunha España na que a indiferencia relixiosa é unha actitude tan xeneralizada que igual produce actos de deferencia que non de relixiosidade ritual (para bautizos, vodas, primeiras comunións e enterros) como ó mesmo tempo de defensa de actitudes tan irreconciliables con esa deferencia como optar polo divorcio, polo aborto, etc.

Iso, máis a crise de vocacións que está esgotando tódalas reservas de man de obra sacerdotal posible (mesmo o recurso a diáconos e diaconisas) conduce a Igrexa española a unha crise de identidade, de non saber qué camiño coller ou qué aposta facer. Eliminada a pastoral do compromiso, a Igrexa española parece unha nave sen guía, unha especie de holandés errante condenada a sobrevivir sen porto nin acougo.

4. CONSIDERACIÓN FINAL: A GLOBALIZACIÓN E ASCULTURAS MINORITARIAS

A eliminación da bipolaridade, que foi a característica máis acusada da política internacional desde o remate da Segunda Guerra Mundial, e a consecuente primacía do bloque occidental, especificamente dos Estados Unidos de América, na dirección do mundo, o proceso de conquista de tódolos espazos económicos polo sistema capitalista, practicamente sen alternativa —agás algúns países que manteñen o modelo socialista residual—, a concentración en moi poucos entes e persoas do poder decisorio en materia económica, informativa e política, a universalización da información de forma que en poucos segundos chega dun extremo a outro do mundo, todos estes fenómenos e outros que sería longo expoñer levaron a varios analistas do mundo contemporáneo a falar do fenómeno da globalización (dos medios, económica e política) e mesmo da fin da historia por non se albiscar, polo de agora, unha alternativa.

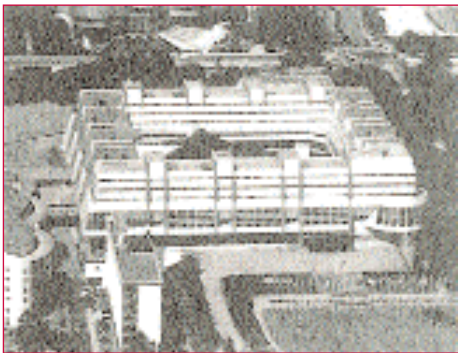
Non me interesa agora formula-la cuestión da fin da historia, tese que xa recibiu diversas e sólidas correccións, senón preguntarme cál pode ser-lo futuro que lles queda ás culturas minoritarias, como a nosa, se están chamadas a desaparecer, asimiladas por unha gran cultura mestiza que se está a crear.

Para situar axeitadamente a cuestión, invitámo-los lectores a teren en conta as seguintes consideracións:

1) É un feito empiricamente verificable que na medida en que crece o chamado proceso de globalización, medra igualmente a tensión centrífuga nos estados, provocando a aparición de novos estados. Non nos referimos só a aquelas nacionalidades que agardan a independencia —casos do Canadá Francés, do Sáhara Occidental ou Timor—, senón ós novos estados que apareceron en Europa no momento do derrubamento da URSS: Letonia, Lituania, Estonia, Bielorrusia, Armenia, Xeorxia, Acerbaixán, Ucraína, Kazaxistán, Quirguizistán, Tadžikistán, Uzbekistán, Turkmenistán. Ou ós estados que aparecen no centro de Europa, como Eslovaquia, Eslovenia, Croacia, Bosnia e Macedonia.

A constitución dun novo estado non só significa a aparición de novas fronteiras, de novas moedas, de novos centros de decisión económica e política, significa así mesmo un incremento e acrecentamento dos caracteres culturais propios, un reforzamento da identidade. Todo isto coincide con ese proceso de globalización mundial e deberá incluírse nas análises feitas non poucas veces desde as grandes metrópoles, é dicir, sen pisa-la realidade que está a agromar a fío.

2) Simultaneamente ou en relación con este mesmo fenómeno, está o proceso de rexionalización, polo menos en Europa, proceso que ten un



A Sede do Concello de Europa en Estrasburgo. ¿Cara a unha Europa das rexións?

tratamento importante na política da CEE. Debería saberse que a CEE protexe e fomenta a Europa das rexións, destinando importantes cantidades orzamentarias a favorece-los procesos de crecemento económico rexionais e mesmo a cultura das nacionalidades. Non poucos proxectos de sociolingüística que se están a facer en Galicia, Cataluña e o País Vasco, por referírmolos a tres nacionalidades de España, están subvencionadas por Europa.

3) O fenómeno da globalización está coincidindo en toda Europa cunha reviviscencia dos movementos nacionalistas. Quizais o fenómeno teña moito que ver precisamente con esa globalización, porque os pobos, por unha especie de instinto de conservación e de supervivencia, néganse a entrar nunha dinámica de suicidio da súa identidade.

¿Poderá a globalización producir unha civilización asimiladora de tantas culturas no mundo sen que iso produza a dinamitación do propio modelo globalizador? Os historiadores estamos afeitos a concibi-lo mundo en perspectivas globais e de séculos, e por iso non nos deixamos arrastrar pola proximidade dos acontecementos. Sabemos que Roma, unha perfecta máquina asimiladora, foi incapaz de borralas culturas indíxenas. Sabemos que o imperio español, con todo o seu inmenso peso, non deu eliminado tantas e tan diversas culturas en Europa, en América e mesmo na Península. Todo iso sabémolo os historiadores porque sabemos tamén que os pobos tardan en morrer.

BIBLIOGRAFÍA

- Barracough, G. (ed.), *Atlas of World History*, Londres, Time Books, 1993.
- Portelli, *Les régimes politiques européens*, París, 1994.
- Rodríguez Yuste, J., *Galicia en el contexto del regionalismo europeo*, en Gloria Morán (coord.), *Nacionalismo en Europa*, A Coruña, 1997, páxs. 237-255.
- Sweeney, e Van Gerwn (eds.), *More Europe?*, Kampen, Kok Pharos, 1997.



POLÍTICAS DE INMIGRACIÓN E MULTICULTURALISMO EN EUROPA

*Ramón Máiz**

Universidade de Santiago
de Compostela

A construción política de Europa cuestiona a autocomprensión tradicional dos Estados nación en, polo menos, tres niveis diferenciados: 1) a institucionalización política supranacional europea que, sexa nunha perspectiva profunda de federalismo, sexa nunha máis restrictiva de intergubernamentalismo, supón unha crecente cesión de soberanía por parte dos Estados membros cara á UE; 2) as ascendentes demandas de descentralización, autonomía política e cultural das rexións e nacionalidades subestatais como actores específicos da UE; e 3) o ineludible carácter multicultural e poliétnico da UE derivado das cada vez maiores achegas migratorias. Serán estas últimas as que nos ocupen nas liñas que seguen, tendo en conta o seu relevo como fenómeno social e político en si mesmo, pero tamén para a redefinición democrática e social da cidadanía da propia UE así como dos Estados membros.

Unha constatación imponse con rotundidade: mentres o debate teórico e normativo, así como as experiencias

institucionais no que se refire ós dous primeiros aspectos precitados, coñecen un desenvolvemento importante, a *política* de inmigración padece, pola contra, dun déficit patente de elaboración e execución. De feito, ata hai pouco tempo a chamada política de inmigración non era máis que un apéndice adxectivo da política de seguridade e orde pública. É dicir, primaba, e aínda segue sendo así en moi boa medida, unha consideración da inmigración como 'problema', o que se traduce nun enfoque exclusivamente en termos de control policial da estranxeiría, de porcentaxes, de cotas, etc., mesmo cando se postula como defensa dos propios inmigrantes fronte ás redes mafiosas. As conclusións da conferencia de Tampere (1999) e os cambios nas políticas de inmigración en Francia, Alemaña e Inglaterra, con ser positivas, non poden ocultar, non só feitos como o triunfo en Austria de Haider, os reiterados casos de xenofobia en Alemaña, ou os xermolos de cariz racista de El Ejido en España, senón, a un nivel menos rechamante pero máis relevante, a

* Catedrático de Ciencia Política.

ausencia de avances substantivos na ampliación da esfera da cidadanía e con ela do pluralismo e, ó cabo, da democracia mesma en Europa. Pois, amais de todo iso, constátase unha evidencia: a UE carece dunha verdadeira política pública de inmigración que supere a esfera da orde pública e a seguridade, da eficacia policial, en fin, a autoevidente e incuestionada dicotomía cidadanía/ estranxeiría.

A política do *multiculturalismo* no eido da inmigración implicaba tradicionalmente a necesidade de introducirla igualdade e o recoñecemento como eixe da reinterpretación da cidadanía, sobre a base da aceptación dos grupos étnicos na súa cultura tradicional e da man de políticas de adscrición étnica asignada que dotan os grupos con especiais medidas de protección cultural da súa diferenza, dentro do respecto ós principios básicos do ordenamento xurídico do país receptor. Pero a realidade foi teimuda e solapou a perspectiva multicultural con outras menos tolerantes de longa traxectoria en Occidente e mesmo chegou a contaminar aquela, malia a bondade das súas intencións, con asuncións en extremo discutibles e negativas consecuencias no tratamento do fenómeno migratorio. Nunha intervención como esta, que pretende dar conta con carácter introductorio dalgúns problemas políticos que presenta a inmigración para a idea de nación monocultural (con o sen Estado de seu), así como para os estatutos de cidadanía e nacionalidade tradicionais en Europa, cómpre comezar

por aclararmos analiticamente tres diferentes modelos de tratamento político dos fluxos migratorios, que moi a miúdo se superpoñen nas experiencias concretas de cada país:

1. Modelo *asimilacionista*: esta perspectiva caracterízase por: *a)* entender que tanto o grupo maioritario como os minoritarios posúen unhas fronteiras culturais definidas, cristalizadas arredor dun conxunto de valores dados e inmutables a curto prazo; *b)* que a cultura maioritaria do país receptor é superior en civilización á das minorías inmigrantes; *c)* que o horizonte de permanencia no país de acollida se vincula ó esfarelamento no espazo público dos trazos diferenciais do grupo minoritario; e *d)* non se facilita de ningún modo a participación dos inmigrantes na política inmigratoria, sempre nas exclusivas mans dos cidadáns do país receptor. A asunción desde a cal se interpreta a relación entre o grupo nacional e os inmigrantes é de *competencia*, de tal xeito que o grupo dominante asenta unilateralmente as bases de acceso ás esferas públicas desde o seus principios políticos e necesidades do mercado laboral.

O inmigrante que queira acceder á nacionalidade deberá manter no estrito ámbito privado as prácticas culturais que poidan xerar tensión coas maioritarias, prácticas que, deste xeito, resultan excluídas da dimensión pública e, polo tanto, sentenciadas á lenta desaparición pois ningunha lingua ou cultura pode manterse viva moito tempo sen expresión pública. A *toleran-*

cia concíbese como un deixar facer en tanto non interfira o máis mínimo coas prácticas establecidas da cultura maioritaria, e compatibilízase coa *ghetización* cultural e política e o traballo nos segmentos inferiores do mercado laboral.

2. O modelo *integracionista* mantén, pola súa banda: *a)* a falla de participación dos inmigrantes no deseño e execución da política migratoria, que seguen estando reservados ós cidadáns; pero, a diferenza do asimilacionismo, asume unha posición máis flexible no que se refire ás variacións no contido e os límites culturais, de tal xeito que: *b)* mantendo a posición de preeminencia política da cultura maioritaria, *c)* postula políticas máis activas cá pura tolerancia, de interculturalidade e *respecto*. Fronte á asimilación, a integración como esixencia para cos emigrantes, adoita permitir unha maior práctica pública da relixión, a cultura, os costumes, pero sempre segundo decisión última reservada só ós nacionais.

3. No modelo *multicultural* clásico, por último, postúlase, a diferenza dos anteriores, aberto en dous sentidos capitais: *a)* favorece-la pluralidade e a práctica pública das culturas inmigrantes, pero sempre desde o recoñecemento da diferenza de grupo na súa formulación tradicional; e *b)* permitir unha relativa participación dos inmigrantes nas políticas e xestión das diferenzas culturais. Todo isto pode xustificarse normativamente desde unha perspectiva ben de dereitos colectivos, ben de dereitos individuais, pero o ele-

mento decisivo do multiculturalismo consiste precisamente en proporcionar-lles estatuto público de recoñecemento ás demandas dos inmigrantes. Tal recoñecemento da diferenza, a tolerancia activa, sen embargo, xerou diversos problemas, nos que a boa intención de fuxir do asimilacionismo e a aculturación se traduciu nunha consideración estática, pechada e tradicionalista das culturas dos grupos minoritarios que levaría a privilexia-las elites fundamentalistas, a non distinguir entre primeira e segunda xeración de inmigrantes, a desatende-la dimensión da igualdade de dereitos individuais e sociais, ou a *ghetización* á marxe do diálogo coa cultura maioritaria.

Pois ben, o feito é que o panorama europeo de políticas de inmigración contempla unha superposición de medidas debedoras destes tres modelos e se ben, segundo cada país, predomina unha delas, mesmo nos máis asimilacionistas se produciron reformas nas políticas de inmigración que proceden das outras perspectivas integracionista ou do primeiro multiculturalismo. Ollemos, brevemente, os casos ilustrativos de Alemaña, o Reino Unido e Francia, para, finalmente, sintetizar-mos algunhas conclusións e perspectivas ó respecto.

En Alemaña —con seis millóns de inmigrantes nos anos noventa, dous millóns deles Turcos— atopamos un peculiar asimilacionismo, vinculado á conciencia nacional traumática do país na posguerra e elaborado arredor de dous postulados: 1) un nacionalismo



Arriba, refuxiados turcos, 1912. Abaixo, refuxiados albanokosovares, 1999.

étnico que outorga a nacionalidade segundo o criterio de procedencia étnico-cultural e lingüística; e 2) o principio contrafáctico de que “Alemaña non é un país de emigración”.

Desde que nos anos cincuenta se invitara os traballadores italianos e españois a contribuíren ó desenvolvemento económico como man de obra de baixa cualificación, o estatuto dos inmigrantes foi precisamente o de ‘traballadores invitados’ (*Gastarbeiter*); deles esperábase que volveran á súa terra de orixe en rematando o contrato de traballo. Nos anos sesenta o recoñecemento á clase traballadora europea inmigrada desde Portugal, España, Italia e, crecentemente, Turquía, pola súa contribución ó ‘milagre alemán’, á reconstrución da economía e benestar do país, a penas deu conta de conflito ningún como evidencian o minucioso cumprimento da normativa asimilacionista e a perspectiva da temporalidade a medio prazo. As cousas mudaron progresivamente, así e todo, cando a partir de 1973 a crise económica e o aumento do paro supuxeron a aparición dun excedente, mesmo alemán, de man de obra. Isto traduciríase nun cambio de óptica, e a política de invitación foi substituída pola da ‘suspensión de recrutamento’ de traballadores (*Anwerbestop*), e os incentivos selectivos positivos e negativos para potencia-la volta á casa da man de obra inmigrada.

De feito, ó fío da crise económica e o paro, comezaría a producirse unha reformulación do marco interpretativo previo: os inmigrantes pasaban a

constituír un *problema* que se presentaba crecentemente (de modo moi especial respecto dos turcos) desde un discurso que subliñaba ata as entón cegas diferencias culturais e as dificultades que para a convivencia supuña a presenza masiva de traballadores dotados de tradicións, valores e prácticas diferenciadas.

Con este fin, o concepto étnico de nación vixente en Alemaña exercería tódalas súas potencialidades conflictivas. Pois o caso é que, a diferenza do concepto *cívico* de nación dominante nos países da Europa occidental, nos que a nacionalidade se define desde o punto de vista territorial do Estado e a adhesión ós principios políticos que o conforman, o concepto *étnico* alemán de nación fundaméntase na pertenza a un grupo nacional maioritario, lingüística e culturalmente unificado, interpretado como unha 'comunidade de destino' (*Schicksalsgemeinschaft*). Esta comunidade de destino expresa a idea dunha esencia nacional do espírito do pobo (*Volksgeist*), que mantén e debe manter incólume a súa esencia nacionalitaria co paso dos séculos. Pero ademais, este concepto *völkisch* de nación alemana fúndase, ó fío da crise económica, cunha adicional dimensión de resentimento histórico herdada do pasado. Así, a inexistencia dunha tradición liberal interna hexemónica, e a natureza exteriormente forzada polas potencias occidentais da transición á democracia en Alemaña, fúndese cun discurso da diferenza étnico-culturalmente baseado: nos/eles, propio/

/alleo... que sería reformulado desde as posicións ideolóxicas de extrema dereita da man da dialéctica schmittiana amigo/inimigo.

Así, nunha tradición que se remonta a 1913, en Alemaña a nacionalidade confírese pola vía da descendencia (*ius sanguinis*), e non por nacemento ou residencia no territorio (*ius soli*). E deste xeito, o que comezara no seu día constituíndo unha medida defensiva etnicista contra as inmigracións eslavas e xudías no flanco leste do Reich, remanecería por riba dos cambios no sistema político ata a actualidade, en razón no só da tradición histórica do nacionalismo organicista alemán, baseado na raza ou na lingua, senón por mor da presenza da outra Alemaña no leste, tras do Muro.

Desde estes postulados, así como desde os graves problemas derivados da escisión de Alemaña, a política de inmigración (*Ausländerpolitik*) percorreu un complexo e aínda contradictorio itinerario. En efecto, unhas veces predominou unha nada plausible política de repatriación dos traballadores estranxeiros trala compensación económica previa; noutras, unha política de asimilación/integración da segunda xeración a través de educación especial e a oferta de empregos. A fusión de ámbalas dúas perspectivas ten producido políticas peculiares como a paradoxal 'integración temporal', coa que, como ocorreu, por exemplo, no Länder de Baviera, o rexeitamento das políticas federais de integración alemanizante e a educación nas linguas de orixe

tiñan como razón de ser, non a asunción dunha política multicultural senón, desde unha óptica conservadora e anti-inmigrante, 'facilitar' ós traballadores inmigrados o regreso ós países de orixe. Non se trata de nega-lo relevo dos contratos de traballo temporais de inmigración, mesmo necesarios para non desposuí-los países de orixe dos seus sectores máis dinámicos, senón de inserilos nunha política que non incentive e mitifique a permanencia. Neste sentido a experiencia alemana e europea é definitiva: a ausencia de flexibilidade, a rixidez das políticas (anti)inmigratorias na regulación de fluxos, incentivou claramente a permanencia como obxectivo estratéxico dos inmigrantes.

Un peculiar modelo asimilacionista, no sentido arriba explicado, predominou durante moito tempo tanto nas políticas socialdemócratas como nas conservadoras. Mesmo cando se insistía en que as políticas de inmigración procuraban non a asimilación pura e simple, senón a integración, isto é, o respecto ás culturas individuais dos inmigrantes, poñíase a continuación encima da mesa en interminables debates os temores á alienación (*Überfremdungängste*) que os grupos que tentan conserva-la súa cultura poderían sufrir por parte da poboación alemana. Outro tanto acontecía co postulado de que a patria (*Heimat*) constituía un dereito humano colectivo que debería orienta-lo retorno dos inmigrantes, movidos pola conciencia da perda, da

ausencia do chan patrio (*Heimatlosigkeit*).

Incluso a ocasional e minoritaria invocación ó 'multiculturalismo' realizada nos anos oitenta por algúns grupos políticos y relixiosos, postulábase como un argumento contra a 'xermanización masiva' dos inmigrantes. A concesión de dereitos de grupo minoritario, faltos de base territorial, convertíase así nunha especie de especular reformulación da tese oficial, a separación entre a maioría etnicamente definida como alemana e os inmigrantes. O recoñecemento de protección constitucional das 'minorías étnicas' servía logo para o mantemento da diferenza etnicista entre a maioría alemana e os grupos inmigrantes. Desta sorte, ó cabo, o acceso á cidadanía plena, a inclusión política na comunidade resultaba imposibilitada.

Velaí cómo un mesmo fío argumental, unha mesma asunción subxacente, a saber, o concepto étnico de nación, viña residindo tras das posicións, en principio moi separadas, dos autoconsiderados amigos dos inmigrantes (*Aussländerfreunde*) e dos abertamente declarados inimigos dos estranxeiros (*Aussländerfeinde*). Mesmo no discurso dos sectores máis sensíbles ó problema do Partido Socialdemócrata e os Grünen, se metía ocasionalmente o concepto etnicista de nación. Os slogans do tipo: "¡Estranxeiros! ¡non nos deixedes sós cos alemáns!", célebres nos anos noventa, seguen mantendo inconscientemente a distancia étnica entre a maioría nacional e as

minorías inmigrantes, entre estranxeiros e cidadáns.

Quizais un dos debates de maior interese se desencadearía a finais dos oitenta con motivo dos plans Zimmermann. En efecto, o primeiro informe, aparecido en 1984, postulaba a limitación ós seis anos a idade máxima para os fillos de estranxeiros se reuniren cos seus pais en Alemaña, e tiña por obxectivo declarado o mesmo que adoitaba presidi-la política oficial gobernamental daqueles anos; a saber: a redución activa do número de estranxeiros que vivían en Alemaña. O segundo plan, en 1988, postulaba un sistema de rotación cunha estadía máxima no país de recepción de oito anos. En ámbolos casos as medidas xustificábanse por mor do perigo que para o mantemento da nación étnico-cultural alemana e o seu Estado derivaba da masiva chegada de inmigrantes. O razoamento non deixaba de ser paradoxal: habida conta de que se asumía a necesidade de respecta-la cultura dos inmigrantes, renunciando a unha política asimilacionista de aculturación, deducíase disto unha potencial debilitación dos sinais de identidade puramente alemáns, no momento mesmo en que o país estaba sumido na recuperación da súa dignidade nacional a través dunha dolorosa autocrítica do seu pasado. En definitiva: a inmigración, por mor do pluralismo democrático contemporáneo, sería igual a multinacionalidade e isto implicaría, sempre segundo Zimmerman, unha multitude de problemas con grupos

minoritarios no seo dun Estado uninacional e monocultural. De resultados destes enfoques, que evidenciaban o escaso que fora o debate dun problema capital na Alemaña contemporánea, formaríase unha ampla coalición de igrexas, sindicatos e organizacións varias da sociedade civil para demandala ampliación da Lei de estranxeiría e mesmo se reforzaría a destitución de Zimmerman.

Así e todo, a lexislación que sería aprobada no Bundestag en 1990, contra os votos dos socialdemócratas e os verdes, incorporaría algúns elementos de apertura respecto á estranxeiría, pero mantería substancialmente os fundamentos anti-inmigración das políticas anteriores. Así, por exemplo, eliminábase a discrecionalidade da Administración en temas como a naturalización no país ou o dereito de residencia, e fixébanse criterios normativos específicos para eses efectos. Pero, doutra banda, o concepto de nación étnica seguía a impedi-la concesión, segundo o *ius soli*, do dereito por nacemento á nacionalidade alemana de modo automático, a dobre cidadanía, así como o dereito dos estranxeiros a participaren nas eleccións locais. Os inmigrantes, considerados como 'conciudadáns estranxeiros' (*ausländische Mitbürger*), seguían a ser caso á parte no referente ó estatuto de cidadanía.

A isto cómpre engadi-la interferencia crecente, no que se refire á inmigración turca, do control confesional islámico do Estado de orixe. En efecto, a máis importante organización de

asociacións musulmanas, a DITIB, dependía e depende directamente do primeiro ministro turco, pola vía dos consulados turcos de Alemaña, e controla non só as posicións políticas e demandas dos emigrados, senón os fluxos mesmos da inmigración mediante o control das redes migratorias.

A reunificación alemana a partir de 1989 viría complicar aínda máis as cousas. Á masiva chegada de 'alemáns étnicos' (*Aussiedler*) do Leste engadiríase un arrequento dos exiliados políticos do sueste europeo (nomeadamente da ex Iugoslavia) a un ritmo de milleiros por ano. Por vez primeira isto produciría unha nidia división, en torno ás políticas de inmigración, entre esquerdas e dereitas alemanas, tendo como pano de fondo as ata entón compartidas teses da nación étnica. Así, os verdes e os socialdemócratas tomarían posición a prol da reconsideración do estatuto dos inmigrantes e exiliados, tentando impulsar reformas aperturistas na lexislación de estranxeiría e cuestionando así mesmo o ata entón indiscutido concepto étnico de nacionalidade que se traducía, por exemplo, na concesión automática de cidadanía e benestar social ós alemáns do Leste. A CDU, pola contra, asumiría unha posición nacionalista alemana da man da unificación, e do lema "Sómo-lo pobo" ("Wir sind das Volk") pasaría a postular a nova nación alemana reunificada ("Wir sind ein Volk"), que defende a concesión inmediata dos beneficios da cidadanía e benestar ós alemáns do Leste, mentres que se mantiñan as res-

triccións migratorias do *ius sanguinis*: "Os alemáns deben posuír prioridade moral, política e constitucional sobre os estranxeiros".

Polo demais, cómpre insistir no feito de que un tercio, preto de dous millóns dos inmigrantes en Alemaña, son de procedencia turca. Pois a partir dos oitenta o islamismo, a miúdo en forma integrista, estendeuse extraordinariamente, ata o extremo de que a ducia de mesquitas existentes nos anos setenta se pasou a máis de mil cincocentas nos noventa, e máis dun tercio da poboación emigrante calcúlase hoxe como de obediencia islámica. As organizacións integristas (especialmente no Val do Ruhr) como os Suleimanes, con máis de douscentos dez centros e deza-oito mil militantes activos, exerceron grande influencia nos primeiros noventa, da man dun discurso illacionista que dificultou extraordinariamente a negociación de políticas de multiculturalismo e recoñecemento. Sen embargo, recentemente, as cousas teñen mudado da man dun novo liderado da segunda xeración turcoalemana, crecidos e formados en Alemaña, o que debilita de xeito importante o crecemento do integrismo. Así, agromaría paseniño un novo movemento turco centrado na defensa das condicións de vida dos inmigrantes canda as demandas de recoñecemento multicultural, e disposto a participar na redefinición cívica do país, fronte á tradicional asunción de que "Alemaña non é un país de inmigración", que cobrou especial forza en Berlín (EATA) e

Hamburgo. Ábreanse deste xeito novas posibilidades de diálogo e entrada na esfera pública da poboación emigrada e as súas demandas, mais, así e todo, o proceso de redefinición cívica e multicultural, con espacio así mesmo para unha conciencia democrática e plural de patria alemana menos traumática, a penas se ten iniciada e moitas políticas seguen sendo debedoras aínda das teses iniciais anti-inmigración.

No Reino Unido, as perspectivas inmigratorias e anticoloniais sobrepóñense polo feito de que a parte máis importantes da inmigración procede do Caribe e a India. Desta sorte, o problema da 'raza' traducíuse nun argumento implícito que derivou nunha moi restrictiva política de inmigración. Agora ben, en contraste con Alemaña, o Reino Unido ten articulada unha peculiar síntese entre unha política restrictiva de inmigración cunhas políticas públicas de estilo norteamericano —"race relations management"—. Isto é, procedeuse progresivamente nunha perspectiva de recoñecemento que, se ben cun moi reducido abano de políticas de discriminación positiva a favor das minorías étnicas, considerou estas como parte lexítima dunha sociedade multirracial, que aposta pola tolerancia recíproca (*mutual tolerance*). Daquela, excluídos da comunidade nacional en canto *black people* caribeños ou paquistanís, mesmo en segunda xeración, estes inmigrantes dispoñen paradoxalmente de cidadanía, con semellante estatuto á dos ingleses desde o comezo. Isto, pola súa vez, tendo en conta a

apertura da estrutura de oportunidade política que supuña para as organizacións e movementos defensores dos intereses dos emigrantes, traducíuse nunha meirande mobilización étnico-política das súas identidades, como os conflitos abertos ou a axitación na propia Gran Bretaña contra Salman Rushdie por parte dos islamistas radicais, nos anos oitenta, puxo de relevo.

O punto de partida, con todo, ó fío da transformación do Imperio en Estado-nación, foi a exclusión dos inmigrantes —*colored*— dunha etnificada comunidade nacional británica. Na constelación imperial dunha periferia colonial negra e unha cerna branca na metrópole, a división entre nós e eles —*ins and outs*— seguiu liñas manifestamente raciais. Dende os sesenta a restricción da inmigración faríase cre-



A *fatua*, ou decreto do aiatolá Jomeini, desatou a caza do escritor Salman Rushdie.

cente e atoparía a súa cristalización na Immigration Act do 1971 coa introdución da “patrial clause”, que vinculaba o dereito de residencia á esixencia, de netas connotacións raciais, de posuír polo menos un avó británico. A mensaxe subxacente non deixaba lugar a moitas dúbidas ó respecto: “Britain preferred white immigrants” (na polémica frase de *The Economist*).

En 1981, e baixo goberno conservador, a British Nationality Act axustaría a lei de nacionalidade ó restrictivo réxime de inmigración preestablecido, fixando un triple chanzo selectivo: británico, territorio dependente e cidadanía ‘de ultramar’, concedendo o dereito de entrada e residencia só os cidadáns británicos.

A frase que mellor define a política de inmigración británica daqueles anos, pronunciada por Thachter —“firm but fair”— enmarca as dúas características sobranceiras da política migratoria practicada: 1) a ausencia de calquera relación coas necesidades económicas do mercado laboral; e 2) unha obsesión polo control e expulsión do país de todo “negro de máis” (sic) (“extra black”). A decadencia económica do imperio e os prexuízos raciais reflectíanse deste xeito nunha restrictiva política de inmigración que, mesmo bordeando ou incumprindo a legalidade humanitaria internacional, se prolongaría en medidas como a denegación de permiso de visita a membros da familia, identificacións humillantes e fichado policial dos visitantes etc. A mensaxe, en definitiva, transmitida

polas políticas conservadoras, pero sen grande oposición polos laboristas, era clara: “blacks are unwanted”.

Deste xeito, unha contradictoria política de estranxeiría púñase en práctica da man do illamento da UE: discriminación contra as minorías étnicas á entrada no país, mentres, por outra parte, se tentaba progresivamente, non só neles pero sobre todo nos concellos laboristas, remove-la discriminación contra destas minorías no seo da sociedade ó fío do lema “good race relations”.

De feito, a contrapartida do severísimo control migratorio foi a paseniña posta en pé, no Reino Unido, dun complexo e elaborado sistema de harmonización das relacións de raza (*race relations*). Abandonando explicitamente unha perspectiva asimilacionista, executáronse medidas varias de integración, de flexibilización cultural, de igualdade de oportunidades e mesmo de mantemento do liderado tradicional dos grupos inmigrantes. As tres principais *race relations acts* do 1965, 1968 e 1976, regularían un abano progresivamente amplo de medidas de loita contra a discriminación que afectaban a temas varios: desde a non discriminación de acceso a lugares públicos (contra o uso de avisos do tipo “no dogs, no blacks”), asistencia de profesionais pagos por fondos públicos para a defensa en caso de vulneración de dereitos, ata as máis indirectas formas de discriminación racial, establecendo a Comisión de Igualdade Racial. Organismo este último con capacidade

de investigar e asesora-lo Goberno na materia. Paralelamente, como xa temos apuntado, unha tupida rede de concellos integraron o Race Relations Council (RRC) que en 1991 agrupaba máis de oitenta en toda Gran Bretaña con máis de seiscentos funcionarios.

Agora ben, lonxe de proseguir unha liña norteamericana de acción afirmativa, o modelo inglés ficou sempre en medidas de tipo “color blind”—isto é, en igualdade cos británicos sen incorporar medidas adicionais especialmente favorables ás minorías— en distribución de traballos, alugueiro de vivendas municipais e servizos sociais. Así e todo, tralos graves incidentes de Brixton de 1981, moitos concellos adoptaron medidas de discriminación positiva (*positive action*) a prol das minorías étnicas emigrantes tendentes a mellora-las súas condicións de vida, vivenda, asistencia social e traballo. Incluso no Goberno se desenvolveu un programa de “ethnic monitoring” dos funcionarios, co fin de emenda-la subrepresentación das minorías étnicas. Isto abriría unha porta progresiva a políticas de multiculturalismo ata entón alleas ó modelo inglés.

Así, a política de tolerancia e integración daría lugar a unha serie de medidas adicionais, especialmente dirixidas ás minorías hindí e musulmanas, de exención, por exemplo, das regras de matrimonio, do uso de turbantes e vestimentas mesmo en postos públicos que requiren uso de uniforme estandarizado etc., de xeito que a posesión de pasaporte británico resultaría

compatible co mantemento da cultura, en sentido amplo, e relixión propias deses grupos.

Especialmente interesante foi a evolución seguida en materia de Educación tralo *Swann report*. En efecto, este informe definía os individuos mediante a súa pertenza de grupo e consideraba o goberno inglés de modo ningún ‘neutral’, senón responsable da asistencia ás minorías para estas manterem a súa diferenza identitaria no seo dun marco común de valores compartidos. Deste xeito criticábase, asemade, as políticas *color blind* por desconsiderar unha dimensión capital de fornecemento da identidade para os inmigrantes. Ó fío do debate xerado polo informe, produciuse unha grande activación de políticas locais e gobernamentais, así como de autoorganización das minorías en defensa dos seus dereitos de grupo: contratación de mestres de procedencia étnica para o ensino nas escolas dos barrios con forte presenza migratoria, formación específica (*race awareness training*) do profesorado en tódolos niveis educativos, subliñado do compoñente étnico cultural dos currículos a prol dos fillos de emigrantes, cambio de programas educativos para os facer sensibles á cultura e historia das principais etnias inmigrantes presentes, etc.

De resultas do devandito, as políticas de emigración acadaron no Reino Unido un cariz moito máis rico como se pode cotexar, por exemplo, no seu tratamento diferenciado por xeracións e orixe dos inmigrantes. Desde o punto

de vista das xeracións, a política de inmigrantes de primeira xeración adoitaba ser restrictiva e orientada cara á provisión social e de pragmática autoaxuda. Pero en canto á segunda xeración, vinculada ás novas demandas do desemprego e frustración da xuventude nos ghettos, prestouse moita máis atención a políticas de impacto e discriminación positiva.

No que atangue ás *orixes*, as diferencias entre os caribeños, dunha banda, e indios e paquistanís doutra, motivaron que as políticas de emigración se atoparan con grandes dificultades derivadas da súas moi diferentes demandas; pois sendo cidadáns británicos os primeiros e sentíndose rexeitados pola traza racial da cidadanía británica, mobilizaríanse contra o sistema, mesmo con gran conflictividade, a prol do seu recoñecemento e integración plena de acordo coa letra do seu estatuto. Cousa ben distinta aconteceu cos hindús e paquistanís, comunidades sempre máis illacionistas, con demandas centradas na súa vida de grupo, de respecto á súa cultura e recoñecemento a súa diferenza relixiosa, e mobilizados ocasionalmente da man dos grupos integristas polo que consideraban ataques á súa cultura coma cando o caso Rusdhié.

Atención á parte, por último, merecen as políticas antirracistas aplicadas desde os concellos; é exemplar o Ethnic Minorities Committee do Greater London Council na súa loita contra a subrepresentación das minorías ou celebracións de gran repercusión públi-

ca como o ano antirracista de 1984. Así e todo, esta evolución non sería un camiño lineal, nin moito menos, pois as políticas laboristas de estranxeiría e inmigración xerarían, por mor da súa radicalidade multicultural, reaccións importantes desde o ámbito conservador da opinión pública, suscitando o rexeitamento organizado como anti-antirracismo; ou pola súa inxenuidade do 'politicamente correcto', concedendo excesivo protagonismo ó liderado integrista dalgunhas comunidades de emigrantes, que aproveitarían a fiestra de oportunidade que se lles abría para bloquea-lo diálogo intercultural e reforza-lo tradicionalismo illacionista do grupo.

De xeito ben diverso, mesmo oposto ó de Gran Bretaña, o caso de Francia resulta significativo polos problemas derivados dunha óptica inicialmente asimilacionista nun país de crecente achega inmigratoria. En síntese: 1) unha tradicional e intensa aculturación e asimilación nos valores nacionais republicanos franceses como base da cidadanía vai da man da 2) importantísima presenza de musulmáns como compoñente central do fluxo inmigratorio no país (máis de tres millóns). Perspectiva migratoria desde o Magreb que no futuro non fará senón, con toda certeza, acrecentarse: por poñer un dato que o evidencie, mentres as previsións demográficas para o Magreb son pasar de 210 a 373 millóns no ano 2025, Europa descenderá de 373 millóns no 2000 a 371 en 2025.

As políticas fortemente asimilacionistas e aculturadoras, o crecente desemprego e ghetización da poboación magrebí inmigrada, fixeron agromar un crecente xiro integrista, non só da primeira senón mesmo da segunda xeración, cara ó Islam. Os prexuízos dun Islam autoritario (por non existir separación entre o temporal e o espiritual), a imaxe do terrorismo de guerra santa, por outra banda, desenvolveu, ó fío da crise económica dos oitenta e primeiros noventa, estereotipos e fobotipos como estandarte de partidos nacionalistas de extrema dereita en Francia.

Todo isto sobre un fondo estruturalmente conflictivo; a saber: a secularización do Estado francés reforzaba e se superpoñía ó proceso de construción dunha identidade nacional francesa, de tal xeito que: 1) o asimilacionismo na cultura nacional do país de recepción non permite máis que a consideración privada das culturas, linguas, etc., dos inmigrantes; e 2) o Estado laico impón que a relixión musulmana, en pé de igualdade formal con tódalas outras relixións, fique no dominio privado.

A todo isto cómpre engadirmos un factor xa subliñado ó falarmos de Francia: a intervención política dos países de orixe tentando controla-las súas poboacións emigradas. Inicialmente a liña seguida por Marrocos e Alxeria era a non integración dos seus emigrantes en Francia; fornecíase deste xeito unha peculiar coincidencia de Hassan II e Le Pen contra a flexibilización do asimilacionismo francés, para asegurarse o

remanecer dos vínculos coa terra nai, a expectativa de retorno e, así, as remesas dos emigrantes. Na actualidade, pola contra, apóianse as demandas de acceso á nacionalidade francesa, desprazándose o control ó factor relixioso, central nestas comunidades, e procurando a influencia, en definitiva, a través dunha poboación emigrada confesionalmente cativa.

A mobilización dos movementos islamistas, instrumentalizando o descontento da marxinación urbana maillo paro, e as contraproducentes políticas de asimilación e discriminación, a ampliación de oportunidades no mercado traballo, xerarían novas demandas nos anos noventa fronte ás cales as políticas gobernamentais non deron aínda solución.

Así, en primeiro lugar, como ten subliñado Sami Nair, sitúase o problema da interlocución, isto é, quen representa os emigrantes do Magreb en canto musulmáns de relixión en sentido xenérico. Pois a dinámica de mobilización polo islamismo radical e a intervención dos gobernos de orixe, actúa sobre un déficit propio da relixión musulmana; a saber: a carencia dunha estrutura de goberno representativa no Islam sunnita e a peculiar estrutura de representatividade do Islam chífita. Por unha banda, a estrutura laica do Estado francés reclama a negociación permanente con tódalas Igrexas; por outra, ó non dispor o Islam de Igrexa lexitimada e representativa, conduce a que a dificultade do diálogo semelle por momentos insuperable.

Emporiso, as políticas recentes abrirían canles de negociación mediante a reunión co Ministerio do Interior dos representantes das federacións, mesquitas e personalidades representativas varias, sobre a base do respecto do dereito positivo francés e non do dereito de estuto persoal do Islam. O que implica, por exemplo, a aceptación do dereito de familia francés fronte ó musulmán, baseado na desigualdade estrutural da muller, principio este republicano indeclinable para o Estado receptor.

Estes procedementos, axustados polo demais á tradición musulmana da consulta, iluminaron, por exemplo, o acordo de xaneiro de 2000, no que se flexibiliza o marco asimilacionista clásico, introducindo elementos de tolerancia multicultural antes impensables, pero mantendo o respecto á lexislación e principios políticos do Estado francés. O punto de partida, comparado con Alemaña, é ben distinto: precisamente porque non se nega a evidencia, nin se entende que a perspectiva da inmigración sexa por forza a temporalidade, deséñanse crecentemente políticas de diálogo e interculturalidade, na que ámbalas culturas entran en contacto, negocian e se modifican.

Deste xeito, o novo multiculturalismo evita o que Taguief ten denominado *retorsión*, é dicir, que o respecto ás culturas dos inmigrantes na súa diferencia as supoña cristalizadas nas súas formulacións tradicionais, de forma que se reforce a diferenza, fronte ás similitudes; se eliminan as tensión

internas entre as diversas versións dunha mesma cultura; e, en fin, se bloquea a apertura a outros horizontes, ó diálogo e á indeterminación, tendo en conta que toda cultura está sempre refacéndose e adaptándose.

A necesidade de apertura vén demostrada no fracaso das tentativas de introducir en Francia (como en Inglaterra) as políticas multiculturais, do estilo 'iguais pero separados'. Como exemplo ben claro podemos apunta-lo problema nas políticas educativas nas que as diferenzas entre a primeira e segunda xeración teñen amosado en Francia a necesidade de diferenciarlo tratamento duns e outros. Así, no caso dos inmigrantes de primeira xeración, portadores dos códigos culturais do país de orixe, trátase ante todo de respectar tradicións e sistemas de valores xa establecidos mentres non vulneren o núcleo duro da legalidade vixente (igualdade ante a lei, igualdade da muller etc.). Ende ben, no caso dos emigrantes de segunda xeración, un multiculturalismo inxenuo e reduccionista ten motivado en Francia (así como no Reino Unido) que non se reflexionara sobre o que implica a elección *a priori* da asignación de identidade étnica, nos termos herdados pola tradición da súa comunidade, ós rapaces obxecto directo das políticas educativas. De feito, os especialistas franceses teñen insistido en que malia que os fillos dos emigrantes do Magreb son os verdadeiros receptores das políticas educativas para emigración, os modelos de adscrición étnica asignada producen, de feito,

unha desconsideración da súa posición social específica, equiparándoa sen máis coa dos seus pais, cando o seu proceso de socialización en Francia resulta ben diferente e, deste xeito, bloqueáase a posibilidade de desenvolver identidades de seu. Así, mentres nos Estados Unidos (ou na Arxentina) as políticas de estranxeiría de adscrición territorial din que os fillos dos inmigrantes son por definición nacionais, en Francia son considerados como segunda xeración da etnia de orixe dos seus pais, aínda que se lles recoñeza legalmente a nacionalidade do país de acollida ou o dereito a optaren por ela baixo certas condicións.

A experiencia francesa nas políticas educativas dirixidas ós emigrantes puxo de relevo os límites da política do recoñecemento baseada na homologación dos grupos de inmigrantes sen considera-la súa xeración e procedencia. Constatouse, por exemplo, que os nenos da segunda xeración de emigrantes non teñen máis horizonte vital de experiencia có da sociedade receptora, a diferenza dos seus pais, ancorados na memoria familiar. O horizonte vital da xuventude, a súa actividade social, os seus afectos, expectativas, recordos e posibilidades de promoción están completamente condicionados polo seu inserimento na sociedade de acollida. No colexio, cos seus compañeiros, desexaban ser considerados como franceses, e tratalos de modo diferenciado, mesmo desde unha perspectiva multicultural e de respecto, adoita ser vivido e experimentado

como exclusión ou rexeitamento. Ademais, os vínculos coa cultura de orixe dos seus pais resultan máis ben febles, a penas un referente simbólico distante, de pouco relevo desde o punto de vista da experiencia vital. Deste xeito, os especialistas teñen subliñado algo impensable desde o multiculturalismo clásico, a saber, que resulta tan negativa a marxinación xerada polo asimilacionismo etnocéntrico, aculturizador co obxectivo de facer esquece-las raizames orixinarias, como un inxenuo respecto á diferenza que tende a reifica-la diferenza étnica mediante a adscrición étnica asignada colectivamente, o que se traduce moitas veces na ghetización das minorías e empece de feito a libre escolla e elección identitaria por parte de cada individuo.

Todas estas experiencias e moitas outras, fortemente tinguidas en cada país da propia tradición cultural e experiencia política derivada da súa construción como Estados, achegan interesantes elementos de grande utilidade para países que comezan a enfrontarse por vez primeira con fluxos migratorios substantivos. Tal é o caso de España, tradicional fornecedor de emigrantes, desde unha grande inesperienza política e inxenuas pseudoa-suncións (“España no es un país racista”) como se ten posto de manifesto na rediscusión da lei de estranxeiría 4/2000. Tamén resulta de relevo para unha política de emigración por parte da UE que ata agora adoptou a posición de ‘Europa fortaleza’, pechada e

restrictiva desde formulacións de orde pública e seguridade.

Unha política multicultural de inmigración de segunda xeración, que tome o concepto de *política* en serio, ten que discorrer por novos vieiros iluminados polo camiño percorrido por países como os devanditos, a partir da inicial constatación da emigración como fenómeno político complexo. Tres conclusións se presentan como especialmente relevantes para estes efectos:

1) A necesidade perentoria de reconsidera-la filosofía antiinmigratoria cristalizada no sistema de cotas. Este sistema presupón que a acollida de inmigrantes cumpra dúas condi-

cións: 1ª) que se axuste ás demandas conxunturais do mercado de traballo e 2ª) que sexan fáciles de integrar porque non teñan características culturais (e tras dese termo agóchanse en ocasións perspectivas raciais) en exceso diferenciais coas do país receptor. O obxectivo en consonancia é unha inmigración considerada como *problema* e, polo tanto, tradúcese en materia de orde pública, non política e cultural, e na conseguinte estigmatización dos 'sen papeis', conceptuados non por azar como 'ilegais' (De Lucas). Deste xeito, a visión exclusivamente policial do fenómeno prolóngase nunha privación de dereitos humanos e sociais ós 'sen papeis', e mesmo na súa privación do



A imaxe da xuventude emigrante é persistente.

máis fundamental dos dereitos: “o dereito a ter dereitos” (H. Arendt). Isto implica xa que logo o debate dos criterios tradicionais de inclusión na nacionalidade e a cidadanía, baseados no “así se fan as cousas aquí” (“so we do things here”), na escisión irreparable entre cidadáns e estranxeiros. En definitiva, trátase de pensa-la ampliación dos dereitos, o pluralismo das sociedades modernas como sociedades complexas, non como mero *feito* que cómpre aturar, senón como *valor* democrático. Pero isto require a curto prazo a apertura do espazo público á participación activa dos propios inmigrantes

2) A urxencia de reformula-lo recoñecemento, non como o mero respecto a unha cultura inmigrante tomada nos termos dados, como cristalizada e pechada de antemán na tradición de orixe, senón como un proceso aberto de recreación, de redeseño e de participación dos seus membros na súa construción; así como de diálogo intercultural, de adaptación e flexibilidade a outros horizontes, de elección persoal desde a autonomía de cada participante. Toda cultura é un proceso de redefinición constante por parte dos seus membros, de diálogo entre ‘os de dentro’ e ‘os de fóra’, un proceso, en suma, de interminables modificacións, adaptacións e reacomodacións. Moitas veces, sen embargo, da man do multiculturalismo de primeira xeración, a cultura devíña unha gaiola, unha prisión, concibida desde o punto de vista da súa concepción orixinaria, prístina, e a relación con ela concibida desde a

autenticidade que poñía os seus membros ante a disxuntiva da socialización pasiva nela, ou no seu abandono e aculturación. Pola contra, se a cultura é un proceso de creación colectiva, debe garantirse, canda o recoñecemento e a protección, a libre participación na conversación que a redefine, a apertura e interculturalidade que permitan atender simultaneamente dous aspectos fundamentais: 1) como contexto de sentido na que se desenvolven os emigrantes, netamente diferenciados por xeracións e 2) desde a posibilidade de elección e mesmo mestizaxe garantida a cada individuo singular

3) En terceiro lugar, nun contexto de globalización crecente, a regulación de fluxos desde cada Estado debe abordarse desde un dobre horizonte: 1) política comunitaria europea tal e como se comezou a debater timidamente en Tampere (“enfoque global da inmigración”), cara a unha regulación conxunta dos fluxos cos países de orixe e 2) complementar esta última cunha política de *co-desenvolvemento* (informe Tapinos de 1994) debidamente expurgada de dominación encuberta. Só desta sorte os países da UE evitarán tralo espolio de materias primas incorrer, quéirano ou non, no espolio da materia gris dos países subdesenvolvidos.

Só deste xeito, que a penas asoma no horizonte de Europa, só considerada a emigración desde o punto de vista da súa entrada na esfera pública de participación e discusión, poderá romperse coa dicotomía entre

cidadáns e inmigrantes, poderá tomar-se o pluralismo en serio como compoñente central da democracia, poderá, en fin, substituírse unha óptica de “choque de civilizacións” (Huntington), por outra de solidariedade, xustiza social e enriquecedor multiculturalismo.

ALGUNHAS LECTURAS

Barbadillo, P., *Extranjería, racismo y xenofobia en España*, Madrid, CIS, 1997.

Brubaker, R., *Citizenship and Nationhood in France and Germany*, Cambridge, CUP, 1992.

Cesarini & Fulbrook, *Citizenship, nationality and migration in Europe*, Londres, Routledge, 1997.

Chemillier, M., *Sans Papiers: l'archaïsme fatal*, París, La Découverte, 1999.

Ferrajoli, L., *Igualdad, Diferencias, desigualdades*, México, Fontamara, 1999.

Lucas, J., *Puertas que se cierran: Europa como Fortaleza*, Barcelona, Icaria, 1996.

Lucas, J., e S. Nair, *Immigration et thématiques identitaires*, París, Kimé, 1997.

Rubio, R., *Immigration as democratic challenge*, Cambridge, CUP, 2000-06-30.



A FILOSOFÍA NO SÉCULO XX

Manuel Maceiras Fafián*
Universidade Complutense
Madrid

O século XX legou á historia do pensamento unha indubidable secuencia de novidades porque nel se formularon con orixinalidade non poucas intuicións implícitas en filosofías anteriores. Foi rico e fecundo, particularmente na súa primeira metade, disentindo esta opinión da que ve nel só continuísmo. A súa heteroxénea totalidade pode ser evocada simbolicamente ó lembrar que en 1900 Husserl remata as súas *Investigaciones lógicas* e Freud publica *La interpretación de los sueños*. É tamén o ano da morte de Nietzsche (a súa obra dará os seus froitos ó longo do século) e do nacemento de H.-G. Gadamer, centenario e aínda activo, cunha obra que transloce a pluralidade de tentativas que recobren a diacronía dos cen anos.

Como subsolo da heteroxeneidade, sobresaen dúas grandes secuencias de ideas. A primeira é a fenomenoloxía, de filiación kantiana, que recobre coa súa evolución e diversidade tódolos anos do século, desde 1900. A segunda, herdeira do XIX, vincúlase a Nietzsche

e Freud, presentes, con diverso signo, en case tódalas filosofías actuais. Pero elas non foron as únicas nin as súas interpretacións homoxéneas.

Advertindo o carácter inevitablemente reduccionista e fragmentario de toda síntese, a que formulamos neste 'balance' non pretende ser extensiva, citando todo e a todos. O seu propósito encamiñase a facilita-la comprensión do contexto filosófico do século a través da aproximación a figuras, asuntos ou problemas esenciais que revestiron singular orixinalidade ou foron significativos pola súa influencia, únicos criterios que guiaron a arriscada selección. A comprensión buscada parece que pode alcanzarse a partir das seguintes referencias temáticas:

1.- O prerracional e o inconsciente. 2.- A fenomenoloxía e a súa extensión. 3.- Presupostos e actitudes existencialistas. 4.- A linguaxe e a súa influencia. 5.- Nova mentalidade na epistemoloxía científica. 6.- Reflexión social e comunicativa. 7.- Balance dunha economía doméstica.

* Catedrático de Filosofía.

1. O PRERRACIONAL E O INCONSCIENTE

Para evitarmos ambigüidades, adiantemos que os conceptos 'prerracional' e 'inconsciente' expresan aquela realidade ou realidades ás que non poucas filosofías do século lles atribúen a capacidade de previr e determina-la orde da razón e da conciencia. Realidades heteroxéneas e diversas con formas de influencia igualmente desiguais.

O século XIX continúa a tradición que entronca co concepto de *vis viva* de Leibniz, 'principio interno' responsable dos cambios dunha 'percepción' a outra na mónada¹. O chamado 'panerxetismo' leibniziano adquire unha formulación xeneralizada en Schelling², pero é Schopenhauer quen 'naturaliza' tal principio dinámico a través do concepto de Vontade³. A Vontade enerxía, unha e universal, esencia do mundo, por un proceso de participación individualízase e constitúese en substancia de cada un dos seres da natureza, que non son senón as súas manifestacións fenoménicas: a gota de auga, o animal, a planta, cada un dos seres humanos, o propio pensamento ou a vontade individual... son determinacións singulares e visibles da esencia invisible e única que é a Vontade. En paralelo con este contexto, a segunda metade do século XIX vese percorrida pola suxestiva discusión verbo do vita-

lismo, fomentada polas novas ideas biolóxicas darwinistas. Tanto o enerxetismo naturalista como as concepcións vitalistas transmiten, de modo inmediato a Nietzsche e Freud, de modo mediato a todo o ambiente de entre séculos, a lección de que, sobre todo no ser humano, unha realidade natural, prerracional e preconsciente, debe ser recoñecida como o substrato sobre o que asentan razón e conciencia. Estas, en consecuencia, non son autónomas e independentes senón condicionadas e derivadas.

É ben sabido que Nietzsche sitúa ese fondo esencial na realidade da vida, entendida como síntese biolóxica, psíquica e espiritual, que fai xerminar e é fonte de exuberancia na natureza, impulsión e plenitude de vigor no ser humano, con capacidade para rexenerarse a si mesma. O que sintetiza no concepto simbólico de 'impulso dionisiaco', evocando a Dionisos, deus do viño e da éxtase, entendido como abandono da identidade cotiá. Para Nietzsche, a primitiva cultura grega caracterizouse polo espírito dionisiaco, situación que axiña se perverteu, se seguímo-la tese da súa primeira obra⁴ (1872) na que se propón mostrar cómo o dionisiaco/impulsivo é reprimido e posto baixo a prevención do 'espírito apolíneo' asociado ós valores do lóxico, o clásico, o moral, en fin, o racional e razoable, que pasaron a ser, seguindo

1 Leibniz, *Monadología*, 11, 17, 64, Madrid, Ed. Facultad de Filosofía, UCM, 1994.

2 Schelling, *Sistema del idealismo trascendental*, Barcelona, Anthropos, 1988.

3 Schopenhauer, *El mundo como voluntad y representación*, Bos Aires, El Ateneo, 1950.

4 Nietzsche, *El Nacimiento de la tragedia*, Madrid, Alianza, 1973.

os gregos, pauta de referencia para a ontoloxía e a moralidade da cultura occidental. Nela, Apolo, deus da luz e das formas, da razón e da norma, suplantou a Dionisos, espontaneidade e vigor sen medida. Esta orixinaria perversión de valores prodúcese co paso da traxedia antiga de Esquilo e Sófocles, onde o destino irracional se impón con vigor, á comedia nova de Eurípides. Pero a perversión axiolóxica refórzase por obra do racionalismo de Sócrates, asociado co espírito sacerdotal preceptista xudaico e co moralismo cristián⁵. Entre todos farán triunfar definitivamente o racional/normativo en detrimento do irracional/espontáneo. Así falou Zaratustra⁶ (1883-1884) quere expresar, na mentalidade de Nietzsche, o belo simbolismo da existencia que debe volver repo-la primacía dos valores dionisiacos orixinarios, transmutando os que a nosa cultura considera valores lexítimos, aqueles regulados pola lóxica e a moral.

Freud, pola súa parte, non está lonxe da herdanza de Schopenhauer, a pesar do seu profesado descoñecemento. Citamos xa *La interpretación de los sueños* (1900)⁷, pero toda a obra freudiana se configura a partir da súa analítica das instancias psíquicas, *Id*, *Ego*, *Super/ego*. O *Id* é o lugar da pulsión como pulsión, ámbito da represión (primaria e secundaria) e instancia que exerce eficacia determinante sobre as outras dúas: conciencia (*Ego*) e cultura

(*Super/ego*) non son senón epifenómenos derivados da eficiente acción do *Id* (*El Yo y el Ello*). O *Id*, chamado 'inconsciente' na primeira denominación freudiana, está constituído por pulsións ou impulsións, en forma de desexos, fantasías, idealizacións..., non sometidas ás coordenadas espacio-temporais nin ó principio de identidade, segundo a lóxica consciente. Sendo a súa condición última de orde filoxenética-mítica, é, pola súa vez, de carácter represor, en canto que, sen ser perceptible polo Eu, remite á súa propia irracionalidade inconsciente contidos da experiencia ordinaria.

A presenza e eficiencia das ideas de Nietzsche e Freud nas filosofías do século XX é unha evidencia pouco discutible. E isto porque a esencia do seu xeito de pensar se sustenta na convicción de que, non só na orde psíquica, canto se presenta á razón e á conciencia como evidente e indubidable debe ser considerado, en principio, incerto e problemático, mesmo falso, xa que a responsabilidade última do sentido e da verdade radica nunha orde oculta e disfrazada. Debido a isto, a actitude da filosofía debe ser de desconfianza e o seu método consistirá, esencialmente, en crítica ou analítica encamiñada a reduci-lo visible ou consciente ó invisible e oculto. Non en van ambos, con Marx, son recoñecidos como 'filósofos da sospeita'. Tal actitude tivo amplísimo eco nas filosofías contemporáneas

5 Nietzsche, *La Genealogía de la moral*, Madrid, Alianza, 1972.

6 Nietzsche, *Así habló Zaratustra*, Madrid, Alianza, 1972.

7 Freud, *Obras completas*, Madrid, Biblioteca Nueva, 1948-1968, 3 vols.

de moi diverso signo. Poden citarse, entre moitas outras, filosofías sociais como as de Mounier, Althusser ou Habermas, o existencialismo de Sartre e Camus, a antropoloxía de Lévi-Strauss, as hermenéuticas de Gadamer e Ricoeur, e notables interpretacións da relixión e da cultura (Marcuse). O chamado ‘pensamento débil’ (Vattimo) quere, ó cabo, poñer de manifesto non tanto a debilidade do pensamento canto a falta de fortaleza do seu fundamento, asumindo os seus autores a vinculación Nietzsche/Heidegger⁸.

Pasados xa cen anos desde a primeira edición de *La interpretación de los sueños* de Freud e da morte de Nietzsche, ambos fóronse liberando das interpretacións reduccionistas; tanto das que fixeron deles clave dun vitalismo autosuficiente ou consigna dunha ontoloxía irracional, como das que só souberon entendelas como proclama do ateísmo anticristián ou síntese dun zoolóxico pansexualismo. De Nietzsche e Freud quedáanos, no balance do século, a lección de que unha ‘arqueoloxía’ —segundo a expresión de Merleau-Ponty retomada por Ricoeur— tan real e eficiente como inadvertida, é subsolo sobre o que se edifica a orde da conciencia, e da razón, e da cultura en xeral, tamén a daquelas creacións que temos por máis espirituais. Arqueoloxía que debe ser primeiro coñecida para ser logo interpretada e orientada reflexivamente a favor da razón, a conciencia, a creación e a liber-

dade. Para iso cómpre comezar por un primeiro momento crítico e de negación, nihilista en relación cos valores alienados pola aceptación acrítica inconsciente, para proceder logo a reconstruí-los verdadeiros e xenuínos, a través da liberdade consciente. De aí que a forza de tales ideas alcance de cheo a nosa actual situación.

Henri Bergson (1859-1941) inscríbese na tradición do ambiente ‘vitalista’, con independencia de Nietzsche e Freud. En analoxía con Husserl, el representa a vontade de non reduci-la realidade a aquilo que os resultados da ciencia empírica alcanzan. De aí a súa reivindicación da conciencia como realidade e actividade non susceptible de ser aprehendida pola ciencia ou a psicoloxía, e a inadecuación do bioloxismo para dar conta do carácter creativo inherente á propia evolución biolóxica. A vida, a intelixencia e a conciencia caracterízanse polo seu poder de inventar e, en consecuencia, non son identificables co que xa son⁹. Aínda que menos estudiada, mesmo hoxe a obra de Bergson supón a reivindicación de que os sentimentos, paixóns, sensacións, a propia liberdade e demais datos inmediatos da conciencia, non esgotan nin limitan a súa propia realidade, o que boa parte da bioloxía actual subscribiría. Con grande influencia no ambiente da filosofía europea, case ningún dos intelectuais franceses do século foi alleo ó seu

8 Vattimo e Rovatti, *El pensamiento débil*, Madrid, Cátedra, 1983.

9 Bergson, *Oeuvres*, París, PUF, 1970. *La evolución creadora*, México, Aguilar, 1963.

maxisterio: entre moitos, Malraux, Sartre, Maritain, Mounier, Marcel.

2. A FENOMENOLOXÍA E A SÚA EXTENSIÓN

No balance global do século tam-pouco parece dubidoso afirmar que a Fenomenoloxía de Husserl, tanto pola súa propia obra como polas súas numerosas derivacións, supuxo a corrente de pensamento máis significativa, aínda con plena vixencia hogano. O seu estímulo é o novo clima intelectual de inicios de século, cando as concepcións globais do mundo do XIX (Hegel, Schopenhauer) son suplantadas polos saberes científicos e pola profusión de *teorías do coñecemento*, que nacen co propósito de esclarece-la xénese dos propios conceptos científicos. A materia, o átomo, a electricidade, a enerxía, o son, a natureza da xeometría, o concepto de número e de conxunto, etc., foron motivando o desenvolvemento de numerosas ciencias que van ser chamadas ‘ciencias da natureza’. En paralelo, Dilthey¹⁰ teima en revalidar un método para as denominadas ‘ciencias do espírito’ —Historia, Psicoloxía, Filosofía, etc.— a través do concepto de ‘conciencia histórica’, fundada na dualidade da ‘vivencia’, que é acto subxectivo pero indisociable da experiencia obxectiva e histórica. Concepto que será retomado criticamente por Husserl, Ortega y Gasset, Heidegger e Gadamer.

A nova situación é percibida, con anterioridade a Husserl, por H. Cohen (1842-1918) que coa súa obra *Kants Theorie der Erfahrung* (1871) marca o inicio e a tendencia da chamada Escola de Marburgo, completada por P. Natorp e E. Cassirer. Reinterpretando o kantismo, esta oríentase a poñer de manifesto, por unha parte, a estrutura *a priori* da razón e a súa autonomía cognoscitiva; por outra, supón a novidade de advertir que o *a priori* adquire sentido obxectivo só a partir do desenvolvemento dos conceptos científicos. Husserl advirte a complexidade intelectual implícita nos novos coñecementos, de tal modo que a xustificación da ciencia e dos seus métodos fica por baixo da diversidade evolutiva da súa filosofía. Así queda en evidencia se se atende a obras incipientes como *Filosofía de la Aritmética* (1891) e *Investigaciones lógicas* (1900-1901)¹¹ e a escritos últimos, como os recollidos en *La crisis de las ciencias europeas y la fenomenología trascendental* (1936)¹². Para Husserl non abonda recoñecer, con Kant, que a estrutura *a priori* da razón (entendemento) garante a universalidade e necesidade das leis científicas. Kant, por outra parte, deixara en evidencia a insuficiencia do empirismo e de toda pretensión de funda-lo coñecemento científico nos únicos e simples datos experimentais, se ben estes son condición necesaria de todo coñecemento científico. Husserl percibe a insuficiencia da solución kantiana

10 Dilthey, *Introducción a las Ciencias del Espíritu*, Madrid, Alianza, 1987.

11 Husserl, *Investigaciones lógicas*, Madrid, Alianza, 2ª ed, 1985.

12 Husserl, *La crisis de las ciencias europeas y la fenomenología trascendental*, Barcelona, Crítica, 1991.

porque nela non se aclara cómo sexa posible a ensamblaxe da estrutura *a priori* da razón/entendemento coa experiencia, para a constitución do coñecemento obxectivo. O seu propósito orientarase entón a describir por qué se produce tal ensamblaxe.

Non se pode describir sen datos de experiencia. Pero supón tamén: a) recoñecer que toda experiencia vai asociada á ‘vivencia’ pola cal recoñecemos como propio o acto mesmo de experimentar; b) entender que todo dato ou experiencia supón ou implica a esencia da que é manifestación. A esencia é a estrutura necesaria das cousas e, polo tanto, a condición para que estas se manifesten, é dicir, para que haxa fenómenos. Cun exemplo: a experiencia de que “*estou lendo un libro que me agrada*”, leva implícita a miña vivencia ou recoñecemento de que é un acto que eu executo, que fai parte de min; pola súa vez, tal experiencia supón a esencia ‘libro’ e a esencia ‘agradable’. A fenomenoloxía será o empeño por describir esta relación do suxeito que experimenta e do obxecto experimentado como entidades só intelixibles a partir da súa relación mutua. O que quedará máis claro a partir dos dous supostos seguintes.

2.1 Malia a insistencia na vinculación suxeito/obxecto, a fenomenoloxía parte do recoñecemento da primacía da subxectividade, tanto na súa dimensión gnoseolóxica, coma na axiolóxica,

afectiva, etc. É o suxeito, o ser humano, quen impón sentido ó mundo. Por iso, antes dos coñecementos experimentais (deste libro, dun metal que se dilata ou un electrón que se despraza) deben describirse as condicións de intelixibilidade das formas puras do pensamento, co fin de clarifica-las categorías lóxicas e gramaticais que fan posible que poidamos pensar e coñecer calquera obxecto, ‘un obxecto en xeral’.

Esclarecidas tales categorías, faise posible falar dunha comprensión *a priori* do mundo, en canto que toda experiencia del se realizará conforme e a partir de tales categorías de intelixibilidade. Tal propósito impulsa obras temperás de Husserl como as *Investigaciones lógicas* (1900), continúaase en *Ideas relativas a una fenomenología pura y una filosofía fenomenológica* (1913)¹³ e culmina nas *Meditaciones cartesianas* (1931)¹⁴. Non se pode dicir que a fenomenoloxía, neste contexto, sexa allea a un certo racionalismo idealista coa non pequena invitación a facer da subxectividade o lugar onde toda certeza atopa o seu fundamento. Isto implica que a experiencia, o mundo, o histórico, a obxectividade en xeral, aparecen como o dubidoso e incerto, que adquire sentido só a partir da súa vivencia na conciencia.

Sen embargo Husserl é reiterativo en afirmar que a ‘intuición orixinaria’, aquela sobre a que debemos fundalas nosas certezas, non pode ser un ‘eu

13 Husserl, *Ideas relativas a una fenomenología pura y una filosofía fenomenológica I*, México, FCE, 1985; *Ideas relativas a una fenomenología pura y una filosofía fenomenológica II*, México, UNAM, 1997.

14 Husserl, *Meditaciones cartesianas*, Madrid, FCE, 1985.

penso' ó estilo cartesiano, senón 'as cousas mesmas', tal como son directamente intuídas e vivenciadas pola conciencia. Pero 'as cousas mesmas', tal como aparecen nas vivencias, non se reducen ó seu sentido natural ou a simples fenómenos psíquicos, senón que teñen o valor de fenómenos ou manifestacións de esencias, como acabamos de dicir. *Fenómenos* que presupoñen un *logos* do que o fenómeno é só manifestación. Polo tanto, o fenómeno non nos manifesta algo que se agocha detrás del, senón aquilo que se abre ou se fai aparente pola súa mediación.

2.2 A primacía da subxectividade non prexulga nin o solipsismo nin a súa autosuficiencia. A fenomenoloxía, tanto a de Husserl como as posteriores derivacións, tipifican isto mesmo a través do concepto de 'intencionalidade' que expresa o carácter dinámico e activo da subxectividade en canto que, en primeiro lugar, "a conciencia é sempre conciencia de algo". Non cabe, pois, falar de conciencia sen actos que teñan por finalidade 'algo', isto é, unha realidade transcendente ó propio acto. En segundo lugar, o algo, o obxecto, o mundo e as cousas... teñen sentido na medida en que son significativas para un suxeito. Isto quere dicir que as esencias teñen existencia pola súa vivencia na conciencia a través da mediación da súa manifestación fenoménica. Esta dobre relación é constituínte do modo de darse a situación do home co mundo, de tal xeito que xa non cabe preguntarse polo sentido dun con independencia do outro. A conciencia,

pois, non 'está' no mundo, senón que este é a condición para a súa constitución e desenvolvemento. O mundo, pola súa vez, non é reducible á obxectividade que as ciencias describen, senón que el é aquilo que se dá na certeza da vivencia. Perde, polo tanto, o seu carácter de 'en si', que inxenuamente acepta a actitude natural, posto que o seu verdadeiro 'ser' é o de ser 'fenómeno', isto é, manifestación de esencias.

O concepto de 'intencionalidade' está presente xa nas primeiras obras de Husserl, que acabamos de citar, pero a súa insistencia no recurso ás 'cousas mesmas' acentúase nas da última década da súa vida (¿baixo o influxo de Heidegger?), motivadas pola correlación conciencia/mundo. Así o confirma o concepto de 'mundo da vida' (*Lebenswelt*) ó que recorre en escritos finais como é *La crisis de las Ciencias europeas*. O 'mundo da vida' é o suposto real, o fondo de experiencia configurado polas formas de vida, de cultura, de comunicación, etc., que constitúen o subsolo primordial sobre o que se alianza o coñecemento científico e a acción moral.

Os presupostos da fenomenoloxía foron fecundos en tódolos campos da reflexión filosófica que durante o século XX non abandonará xa a súa convicción fundamental, segundo a cal conciencia e mundo son indisolubles. A reinterpretación dos supostos fenomenolóxicos no ámbito ontolóxico, existencial, ético, estético, relixioso, etc., foi unha constante do século.

De modo inmediato tivo na *Gestalttheorie* ou 'teoría da forma', amplos resultados no campo da Psicoloxía contemporánea, se ben pasando dos postulados husserlianos sobre as esencias a un realismo das formas, deducido da análise experimental. Merleau Ponty¹⁵ é un expoñente significativo da vontade de fidelidade a Husserl, pero ilustrado polo naturalismo da Gestalt. Nicolás Hartmann (1882-1950) aplícaos, entre os primeiros, a unha ontoloxía realista, mesmo positivista, que considera o coñecemento como transcendente á conciencia, mantendo que as cousas e o



Nicolai Hartmann. [... as cousas e o mundo non se reducen a ser obxecto para un suxeito, porque se fundan no ser.]

mundo non se reducen a ser obxecto para un suxeito, porque se fundan no ser. As cousas e o mundo son, si, 'obxectadas', en canto se ofrecen a ser coñecidas por un suxeito, pero non 'obxectivadas', xa que ningún coñecemento alcanza por enteiro o dominio e a representación exhaustiva do obxecto. En todo coñecemento sempre queda un residuo, un 'máis alá' incognoscible ou 'transubxectivo', que vai pospoñendo o seu límite, nunha aproximación cada vez máis preto do ser, sen posibilidade de acadalo. Na medida en que o coñecemento progresa do material ó orgánico, ó espiritual e social, vaise deseñando paulatinamente o sentido do ser. Teses que se perfilan nunha extensa obra que culmina na síntese que leva o título suxestivo de *El nuevo camino de la ontología* (1941).

Non menos significativa foi a aplicación axiolóxica da Fenomenoloxía por obra de Max Scheler (1874-1928); a súa obra principal, *El formalismo en la ética y la ética material de los valores* (1913-1916), aínda é invocada nos nosos días como modelo de 'ética material dos valores', contraposta ó (mal) chamado 'formalismo kantiano'. Scheler toma moi poucas suxestións de Husserl, pero parte da analoxía entre coñecemento e sentimento. Se Husserl fai unha fenomenoloxía aplicable ó primeiro tomando a vivencia como punto de partida para a intuición de esencias (lóxicas), do mesmo modo se dan experiencias e vivencias de obxectos que o

15 Merleau-Ponty, *Fenomenología de la percepción*, Barcelona, Península, 1975.

entendemento non capta, pero cunha vivencia polo sentimento que revela que existen con independencia do suxeito. Estes obxectos ou esencias reais son os valores, indisociables das nosas experiencias das cousas, nas que radican, como as súas calidades materiais. Eles son apprehendidos por unha intuición sentimental, acto específico ou modo concreto de sentir, distinto do sentimento. A partir de aquí Scheller tipifica unha *ordo amoris* ou escala de valores, que regula a orde paralela da obriga moral e de conducta, e serve de suposto para unha metafísica da persoa e da comunidade de persoas que influirá notablemente nas filosofías existencialistas e personalistas (Mounier, Sartre, Marcel, Lévinas, Ricoeur). A súa presenza encóntrase tamén en Heidegger e é asunto obrigado, de modo xeneralizado, nos tratados de ética ata a actualidade.

Dentro do amplo contexto configurado pola Fenomenoloxía, sobresaí a filosofía de M. Heidegger (1889-1976), se ben el será, en gran medida, máis a súa contrapartida cá súa continuidade. Non é Heidegger alleo ás 'filosofías da vida' e ó neokantismo que, como xa recordamos, recobren os intereses entre os séculos XIX e XX. Aristóteles está igualmente presente na súa obra, pola súa formación clásica. Sen embargo, as teses husserlianas sobre a vinculación conciencia/mundo e a intencionalidade son perceptibles como substrato subxacente á súa filoso-

fía que, ó cabo, suporá a subversión da propia Fenomenoloxía. Así é porque para Heidegger o ser humano, antes que suxeito de coñecemento enfrontado a un mundo de obxectos e antes que conciencia intencional, é 'ser-no-mundo', 'ser aí' (*Dasein*), ente que, con tódolos demais entes 'intramundos', constitúe o mundo. Isto quere dicir que a Fenomenoloxía debe deixar de ser ciencia descritiva da conciencia e das vivencias, para se converter en interpretación da vida fáctica, da situación mundana deste ente, o humano, que ten como modo de existir o de formar parte do mundo. De aí que a Fenomenoloxía deba transmutarse en 'hermenéutica da facticidade'. A súa obra principal, *Ser y Tiempo* (1927)¹⁶, quere ser unha analítica 'fenomenolóxica' do 'ser aí', na vontade de ser fiel á divisa 'ás cousas mesmas'. E 'a cousa' por excelencia é, para Heidegger, o ser, fundamento do ente que é o *Dasein* ou 'ser aí', e de tódolos demais entes, que se abre ou manifesta só a través do 'ser aí'. Por iso a pregunta polo sentido do ser non pode formularse senón por mediación do 'ser aí', que é o ente polo que se manifesta. *Ser y Tiempo* convértese así nunha descrición do 'ser aí' como ser-no-mundo, coa temporalidade como estrutura.

Heidegger continúa este proxecto tamén despois do chamado 'xiro' (*Kehre*) da súa filosofía, se ben agora a súa hermenéutica do 'ser aí' se continúa por mediación da atención ó

16 Heidegger, *El ser y el tiempo*, México/Madrid, FCE, 1980.

sentido da linguaxe dos 'pensadores fundamentais' (os presocráticos, pensadores do fundamento) e dos poetas (*Holzwege, Unterwegs zur Sprache*)¹⁷. Son igualmente notables os seus escritos sobre a técnica, entendida como produción que se encamiña a descubrir ou revela-lo oculto e, polo tanto, sitúase no proceso cara á verdade. Isto converte a técnica na metafísica do noso tempo, en canto que a súa esencia consiste nesa tafera de desocultamento.

A filosofía de Heidegger converterase axiña na referencia unánime para tódalas filosofías do século, tanto en Europa como en América. Inspiradora para os existencialismos, ela ábreille-lo paso ás correntes hermenéuticas de Gadamer e Ricoeur, que retoman as teses husserlianas da intencionalidade a través da concepción heideggeriana do ser-no-mundo. Para Gadamer¹⁸, a abstracta temporalidade de Heidegger adquire concreción ó entender que a conciencia se configura e comprende a través dunha tripla experiencia ligada á tradición na que se reconece pertencente: estética, histórica e lingüística. A filosofía, en consecuencia, debe ser hermenéutica ou interpretación das vivencias estéticas, dos efectos que a historia exerce sobre a conciencia e, en fin, dos textos e das lin-

guaxes, que son o ámbito privilexiado para a comprensión que un suxeito pode acadar de si mesmo, da súa situación no ser e das súas relacións comunicativas. Ricoeur, pola súa parte, cun propósito inicial inspirado na Fenomenoloxía encamiñado á comprensión das estruturas da subxectividade (*Le volontaire et l'involontaire*), evoluciona cara a unha hermenéutica na cal a comprensión do ser humano, en tódolos ámbitos da súa experiencia, vaise facendo posible só a través da interpretación das linguaxes, sobre todo das simbólicas. Tal comprensión será sempre parcial e continxente, e a ontoloxía non pasará de ser sempre 'militante', en canto dependente das linguaxes que se interpreten¹⁹.

As teses husserlianas, reinterpretadas a través da ontoloxía do 'ser aí', inspiran igualmente obras como a de E. Lévinas que, apartándose do principio husserliano da reciprocidade, entende que a relación intersubxectiva debe asentar no principio (¿máis heideggeriano?) da alteridade²⁰. Isto supón que o acto ético primordial non é 'eu podo' ou 'eu debo', senón 'velaqui estou', xa que a obriga se orixina no outro que me interpela e obriga polo feito mesmo de ser diferente. De aí a obriga moral de respecta-la alteridade, pero coa salvagarda da diferenca.

17 Heidegger, *Caminos de bosque*, Madrid, Alianza, 1998; *De camino al habla*, Barcelona, Ed. del Serbal, 1992.

18 Gadamer, *Verdad y Método*, Salamanca, Sígueme, 1977.

19 Ricoeur, *Tiempo y narración*, México, 1998, 3 vols.

20 Lévinas, *De otro modo que ser o más allá de la esencia*, Salamanca, Sígueme, 1987.

3. PRESUPOSTOS E ACTITUDES EXISTENCIALISTAS

Boa parte do século estivo marcada pola forma de pensar 'existencialista', con notables representantes (Jaspers, Sartre, Marcel, Camus), pero a súa extensión supera a filosofía e alcanza a novela, o teatro, a poesía, a pintura e a música... Un balance non pode deixar de valora-lo xeneralizado clima intelectual existencialista, se ben con formas e en grao moi diferenciados. Por iso falamos de 'presupostos' e 'actitudes' existencialistas, xa que o seu significado non se reduce ás filosofías que se acubillan baixo a súa denominación.

O existencialismo tampouco non se localiza unicamente no ambiente intelectual de entreguerras nin no da última posguerra. Se xermolou e se fixo moda, para algúns, neses momentos, os seus problemas pasan definitivamente á filosofía actual e convértense en referencia para a segunda metade do século porque, con novidade e radicalismo, trae ó primeiro plano un dos problemas fundamentais da ontoloxía clásica: o da continxencia existencial do ser humano.

É Kierkegaard (1813-1855) quen, impulsado por un inqueda romanticismo, presenta a existencia como un proceso de superación incesante e asemade problemático, pois que o tránsito entre os estadios existenciais —estético, ético e relixioso— se realiza por mediación da angustia e da desesperación²¹.

Nietzsche, pola súa parte, pon en dúbida, con decidido antiintelectualismo, toda fundamentación ontolóxica da existencia a par que trae a primeiro plano o seu carácter creativo. Non é pequena a influencia das correntes estéticas expresionistas que, como mostra a obra de Kandinsky (*De lo espiritual en el arte*, 1912), se motivan por categorías dinámicas, pola potencialidade emotiva das cousas, pola súa espiritualidade e forza irracional, e non polo realismo ou o racionalismo das formas. Non menos significativa é a música, especialmente a de Mahler, na que de modo case xeneralizado se intúen o tremor, a angustia, a desolación, como se aprecia en *Canto de la tierra*. É igualmente significativa a obra de Dostoiévski pola súa constante presentación da liberdade asociada á responsabilidade da elección persoal, sempre problemática e incerta (*Los hermanos Karamazov*). Significación singular tivo a obra de Kafka (1883-1924), quen en 1917 coñece a Kierkegaard e escribe, inspirado nel, os seus *Aforismos*. Xa en *La metamorfosis* (1912) simbolizara a posibilidade da perda da propia identidade, e en *El castillo* o ser humano é aguillado pola expectativa de certezas e seguridades, incesantemente ansiadas, pero nunca alcanzadas. Toda unha rede de inquietudes nas que se atopa inmersa a condición humana, refeitas en forma de expectativas (¿esperanzadas?) pola obra de A. Camus (1913-1960), desde *El extranjero*

21 Kierkegaard, *El concepto de la angustia*, Madrid, Guadarrama, 1965.

ó seu testamento filosófico, *El hombre rebelde*, motivo do seu desacordo con Sartre.

Miguel de Unamuno non é alleo a tales actitudes, ben perceptibles en toda a súa obra, e agudizadas no noso filósofo pola problemática explícita suscitada polo conflito entre fe e razón (*La agonía de cristianismo*). Unamuno inscríbese na tradición, que el remite a Espinosa fronte Descartes, da precedencia do 'ser sobre o pensar' (*Del sentimiento trágico de la vida*), que entronca a súa filosofía con Schopenhauer, Nietzsche e Freud. Kierkegaard é a súa referencia inmediata, tanto na concepción da existencia como na súa interpretación da fe cristiá: para un coma para outro, 'ser cristián' é tarefa, loita cotiá contra a dificultade de crer, contra unha razón que di non e un corazón que di si.

Atendendo as filosofías máis significativas, os problemas que o existencialismo legou ó século poderían recapitularse arredor dos seguintes.

3.1 A DISTINCIÓN 'SER-EU-MESMO' / 'SER-EN-SÍ'

O existencialismo ten como fondo a diferenza entre 'ser-obxectivo', 'ser-eu-mesmo' e 'ser-en-sí'. Filosofías como as de Jaspers, Sartre e Marcel, establecen unha explícita distinción entre o puramente obxectivo, natural e impersoal, susceptible dunha ontoloxía igualmente obxectiva, e a esfera do humano e libre, onde a persoa individual é a referencia ontolóxica básica

(ser-eu-mesmo). Vinculado á liberdade, o ser-eu-mesmo está ante a expectativa, ante o que pode ser e non é, ante o 'ser-en-sí', que representa plenitude, idealidade transcendente ó 'eu mesmo'. A existencia, pois, precede e revela a esencia, o 'ser-en-sí', que para realizarse necesita do existente. Jaspers dirá que o 'ser-en-sí' é un concepto límite ó que tende o existente, pero que nunca alcanzará.

A mediación entre o 'ser-eu-mesmo' e o 'ser-en-sí' é a liberdade. Esencial ó 'eu mesmo', a liberdade é o movemento necesario do eu cara á realización do 'ser-en-sí'. Dito doutro xeito: a liberdade é o movemento do eu por se-lo que aínda non é. Situación que Sartre radicaliza ó dicir que a nada habita o seo do ser; ela é equivalente a un burato no ser, como o dun verme nunha mazá. O eu está por forza impedido a encher ese burato, a realizar 'esa nada que é'. Por iso somos necesariamente libres²².

3.2 A RECUPERACIÓN DO SINGULAR

O subxectivismo que Kierkegaard enarbora fronte a Hegel réalzase ó entende-la existencia como proxecto que se vive subxectivamente: o ser humano é un facerse persoal e non un feito (*faciendum* e non *factum*, dirá Ortega). Isto trae a primeiro plano a categoría da 'posibilidade', en gran medida tomada de Kierkegaard, na súa dobre dimensión: negativa, en canto que o existente pode non ser, alienarse

22 Sartre, *El ser y la nada*, Bos Aires, Losada, 1976.

e perderse no mundo da banalidade; positiva, en canto que o existente pode 'ser máis', 'ser doutro modo', 'ser mellor'. Xa que logo, a vida é drama persoal por dobre motivo. En primeiro lugar, porque é nela onde a liberdade debe realizarse, pero sen que no empeño a asista máis tutela que a da súa propia responsabilidade. O ser humano está na vida sen proxecto nin modelo definido, pendente dos camiños da súa liberdade, 'xecto no mundo', dirá Heidegger. E, en segundo lugar, porque se non hai esencias previas, o que o existente singular escolle e se impón persoalmente, elévase a modelo para toda a 'humanidade'. Co cal a elección singular compromete a humanidade como totalidade, reiterando a Kierkegaard.

3.3 O CORPO COMO SÍNTESE E COMO SÍMBOLO

As filosofías existencialistas trouxeron ó primeiro plano, con orixinalidade respecto á tradición filosófica, a consideración do corpo como 'símbolo' da 'continxencia necesaria' do ser humano. O corpo é, pola súa vez, 'síntese' que involucra a existencia coa herdanza, o temperamento, a involuntariedade e inconsciencia coa carga de sentimentos, da dor á alegría, que todo iso leva implícito. Sartre (*El ser y la nada*) describe cómo o corpo introduce elementos que rebordan a conciencia e o 'eu penso': paixóns, apetitos, enfermidades, a morte..., de tal modo que o 'eu son' non se dá comprendido senón a partir de tal recoñecemento. En Marcel o corpo é 'misterio' e non 'problema',

xa que o seu coñecemento non pode ser cousificado, como o de calquera outro obxecto; só accedemos a el como misterio, isto é, participando nos seus propios actos.

3.4 OS OUTROS E A COMUNICACIÓN

A comunicación entre existentes é asunto no que converxen os existencialismos, pero tamén problema sobre o que se fan diverxentes as súas opinións. Certo que o existente debe realizarse singularmente, pero iso non evita que a existencia fáctica sexa un *mit sein*, un 'ser con', en canto que os outros son —como a liberdade— necesidade na continxencia da existencia. Sartre fará da comunicación un dos asuntos esenciais da súa reflexión. Para el a existencia é 'existencia diante doutro', o que fai dela unha especie de aparecer diante do outro, por iso debo recoñecer que 'eu son como o outro me ve' e necesito del para a miña propia realización. En consecuencia, a comunicación despersonaliza, obxectiva e cousifica, en canto que o outro non me ve como un eu subxectivo, senón como un obxecto que contempla. A comunicación, máis que achegar entre si os dous Eu, convérteos en obxectos de mutua despersonalización e, polo tanto, equivale a unha negativización ou negación alienante da subxectividades. A comunicación entre subxectividades é a dos escravos atados ó banco común da galera.

G. Marcel, en contradicción con Sartre, ve na comunicación a esencia da ontoloxía existencial. O 'ser con' é só

propio da persoa. Polo 'con' compénsase dialecticamente a vida como compromiso persoal e risco sen tutela. Agora ben, a comunicación de persoas require a participación de cada cal no 'misterio' que o outro é, o que impide consideralo obxecto e esixe respectalo co rango de *alter ego*²³ do que necesito para completa-lo meu *ego*. De aí que "la única desventura es ser sola", confesa Rosa, personaxe do seu drama *El corazón de los otros*.

Pola súa banda, K. Jaspers fai da comunicación unha categoría esencial da existencia, do coñecemento e da filosofía mesma. A existencia auténtica é só concibible como comunicación interexistencial, en canto que o 'si mesmo' auténtico non se alcanza senón a través doutro 'si mesmo', de tal modo que 'o amor combativo' define a existencia non alienada. Pola súa vez, a verdade é un itinerario só alcanzable a partir de puntos de vista diversos, incluso diverxentes, coa súa comunicación constituída na estrutura de todo coñecemento verdadeiro e de toda filosofía non dogmática²⁴.

4. A LINGUAXE E A SÚA INFLUENCIA

Os problemas da linguaxe non son novos en Filosofía. Poderíase lembrar a Platón e Aristóteles e as polémicas medievais arredor da significación, que G. de Ockham culminará con mentalidade de innegable actualidade. A

relación clásica entre filosofía e linguaxe vén marcada por unha preponderancia de problemas especificamente filosóficos e polas teorías do coñecemento, que foron influíndo sobre as concepcións lingüísticas. No século XX, pola contra, as teorías sobre a linguaxe e moi en especial a nova lingüística, van determinar moi profundamente as formas de pensar, provocando un notable xiro no clima filosófico do século.

Desde dúas perspectivas pode establecerse un balance significativo que dea conta da novidade que significou este que chamaremos 'xiro lingüístico da filosofía'.

4.1 A FILOSOFÍA ANALÍTICA

Con amplísima repercusión durante boa parte do século, a chamada 'filosofía analítica' vén motivada pola inspiración de B. Russell e de L. Wittgenstein, se ben o seu núcleo fundamental se encontra no chamado Círculo de Viena, a partir do cal se consolida unha metodoloxía inspirada na das ciencias experimentais. Un amplísimo panorama de figuras e tentativas logra que as correntes analíticas sexan as máis universalmente divulgadas no noso século, tanto en Europa como en América do Norte. En 1910, Russell edita a súa versión definitiva de *Principia Mathematica*, en 1921 Wittgenstein publica o *Tractatus Logico-Philosophicus* e contra os anos vinte fúndase o Círculo de Viena, no que par-

23 Marcel, *El misterio del ser*, Edhasa, Barcelona, 1971.

24 Jaspers, *Filosofía de la Existencia*, Aguilar, Madrid, 1965.



Ludwing Wittgenstein é un dos creadores da chamada 'Filosofía analítica' que máis amplamente repercute, durante boa parte do século, sobre o pensamento filosófico.

tipican Schlick, Neurath, Carnap, Waismann, ó que se adhiren as simpatías do Círculo de Berlín onde están Reichenbah, Dubislav, Köhler, entre outros. En 1930 fundan a revista *Erkenntnis*, dirixida por Carnap e Reichenbach, que se converte no órgano oficial do movemento analítico. O nazismo provoca o traslado ós Estados Unidos de moitos destes investigadores. En 1938 iníciase en Chicago, pola súa inspiración, a publicación da *International Encyclopedia of Unified Science*, e

en 1949, dirixido por Ph. Frank, fúndase en Boston o Institute of the Unity of Science. Como é perceptible xa polos títulos, o seu obxectivo é traballar para a configuración dun concepto de ciencia unificado por unha única metodoloxía.

Na complexidade dos seus presupostos e influencias poden distinguirse tres grandes liñas na filosofía analítica, todas con grande influencia tanto na filosofía coma na metodoloxía científica.

A primeira está representada polo chamado 'empirismo lóxico' (Russel, Carnap, Schlick) e móvese en torno á idea fundamental de establece-los sistemas conceptuais da ciencia. Para iso propónse construír unha linguaxe simbólica unívoca na que se elimine todo signo que non teña unha referencia na realidade (cousa, feito, elemento demostrable). Deste modo a significación vén determinada por criterios empíricos, isto é, polo 'principio de verificabilidade'. Carnap, nun escrito sintomático, proporá que a metafísica prescindida de toda a súa terminoloxía non referenciada pola experiencia empírica, o que equivalería a elimina-la propia metafísica²⁵. Aínda que revisado, a aplicación do principio de verificabilidade supuxo unha crítica moi severa para os saberes non propiamente experimentais, que a mentalidade analítica relega ó ámbito de linguaxes emotivas e sen valor de verdade. Só o experimentable (ou matematizable) debería ser

25 Cf. Ayer, *El Positivismo lógico*, México, FCE, 1965. Art. cit., páxs. 66-87: "La superación de la metafísica mediante el análisis lógico del lenguaje".

atendido como coñecemento lexítimo, coa conseguente redución do ámbito tanto do saber como do real. O empirismo lóxico continuou tamén a discusión, herdada do século XIX, sobre o fundamento da matemática coa crítica ó apriorismo sintético kantiano, resaltando os aspectos analíticos da linguaxe matemática. Pola súa vez, supuxo unha grande achega á renovación da lóxica, asociándoa a formulacións simbólicas.

A segunda serie de ideas procede, de modo moi singularizado, do propio Wittgenstein, con influencia en toda a filosofía posterior. Na súa primeira grande obra, o *Tractatus*²⁶, a linguaxe é tomada como patrón de realidade, de tal xeito que “los límites de mi lenguaje significan los límites de mi mundo” (Prop. 5.6). Por iso “de lo que no se puede hablar, sobre eso debemos callar” (Prop. 7). A linguaxe, pois, é imaxe do mundo, figura ou figuración da realidade e o sentido dun enunciado estriba na súa capacidade descritiva da realidade, en proximidade ó ‘empirismo lóxico’. Na súa segunda grande obra, *Investigaciones filosóficas* (1953), Wittgenstein opta por un cambio de rumbo facendo da linguaxe usual o filtro a través do cal considerámo-la realidade. Pero na nosa linguaxe usual ou ordinaria hai formas variadas e diversificadas nas que o significado dos termos vén determinado polo uso. Cada forma ten as súas regras de uso, como sucede nos xogos. Non é, pois,

posible unha visión única e homoxénea do mundo e das cousas, xa que a linguaxe non é uniforme. Máis que de linguaxe, deberíamos falar con máis propiedade de ‘xogos de linguaxe’. A filosofía debe ser unha loita contra a confusión mental a través da análise da diversidade de formas lingüísticas.

A terceira liña da filosofía vén representada, ata os nosos días, pola chamada ‘filosofía da linguaxe usual’. Motivada polas ideas do segundo Wittgenstein, quedou asociada á Universidade de Oxford e á filosofía do ‘sentido común’ de Moore. Aínda que comparte co empirismo lóxico a tese do non sentido das proposicións metafísicas, mantén como medio de análise a linguaxe usual ou ordinaria, considerando ámbito privilexiado polo seu máximo poder descritivo da experiencia humana. A verdadeira linguaxe non é, pois, a unívoca construída polos lóxicos, senón a común, coas súas ambigüidades e imprecisións. Debe terse en conta que os propios enunciados da linguaxe usual encerran, ademais da dimensión lingüística ou locucionaria, a dimensión intencional do falante ou ilocución, e a súa vontade pragmática ou perlocución, pola que este tende a producir efectos reais. A análise do acto lingüístico na súa totalidade é para Austin o medio máis adecuado para esclarecer, non só os procesos subxectivos, senón, e sobre todo, os procesos comunicativos²⁷. Searle (*Actos de habla*), continúa esta tradición que

26 Wittgenstein, *Tractatus Logico Philosophicus*, Madrid, Alianza, 1973; *Investigaciones Filosóficas*, Barcelona, UNAM/Crítica, 1988.

27 Austin, *Cómo hacer cosas con palabras*, Madrid, Alianza, 1982.

nos nosos días segue tendo amplísima presenza por dous camiños: primeiro pola súa vinculación coas teses lingüísticas da hermenéutica fenomenolóxica, como no caso de Ricoeur; segundo, pola súa amplísima presenza na teoría da acción comunicativa de Habermas.

Ademais da súa específica contribución á metodoloxía lóxica e científica, a filosofía analítica supuxo unha reiterada e severa advertencia para que a filosofía e, en xeral, os saberes non experimentais, se impoñan métodos e linguaxes que, se non son reducibles á experimentalidade ou á matematización, non por iso poden eludi-lo imperativo do rigor lóxico, da precisión analítica e a obriga de aducir boas razóns e argumentos razoables compartibles. E isto porque todo discurso que reclame o rango de saber, se non o de ciencia, debe poder someterse a procesos de validación, de discusión e de confrontación. A filosofía e outros saberes análogos, se queren ter presenza no campo do coñecemento lexítimo, están obrigados a evita-lo verbalismo e desbotar toda linguaxe arbitraria ou incomprendible, que non estea xustificada por algún tipo de razón lóxica ou experiencia, aínda que esta non sexa de orde empírica.

4.2 O ESTRUCTURALISMO E A SÚA INFLUENCIA

A lingüística contemporánea ten a súa referencia máis significativa no *Curso de Lingüística general* de De Saussure, publicado en 1916, que introduce as teses estruturalistas, amplamente aceptadas pola lingüística con-

temporánea, entre outros polo Círculo lingüístico de Praga (Jakobson, Troubetzkoy) e pola Escola de Copenhague (Hjelmslev, E. Alarcos). As teses estruturalistas encontrarán ampla aceptación en diversos campos das chamadas 'ciencias humanas' e tamén no contexto específico da filosofía. Do *Curso...* e das súas interpretacións máis formalistas, dedúcense en filosofía os seguintes presupostos, que afectarán de cheo o clima filosófico do século: a) a lingua (distinguíndoa da fala) é un sistema de diferencias no cal non hai termos absolutos: diferencia entre fonema e fonema no morfema, entre significante e significado no signo, entre signo e signo nos enunciados; b) a negatividade, polo tanto, constitúese en principio de significación, en canto que cada elemento (fonema, signo) significa máis polos outros, polo que non é, ca por si mesmo; c) a significación ten orixe inmanente e inconsciente, xa que procede da propia estrutura diferencial/negativa, sen recurso ó suxeito falante (antisubxectivismo) e prescindindo da cousa dita ou referencia (antiobxectivismo). Coma calquera outro sistema semiótico ou formal (matemático), a lingua significa con independencia do que fala e daquilo sobre o que se fala.

Estes supostos van cruza-la fronteira da metodoloxía (lingüística) para pasar á ontoloxía, provocando a xeneralización dun modelo estruturalista de pensamento, aplicable tanto ó suxeito individual coma ás realidades colectivas. Tal modelo podería resumirse

como segue: A) A realidade debe ser interpretada como un sistema de signos, significativos e operativos a partir da súa propia combinatoria, con independencia dos suxeitos que operan neles. O suxeito é só operador dunha lóxica que o precede, a da estrutura na que está inscrito. A orde social, económica, consumo, usos familiares, costumes..., son sistemas de comunicación significativos a partir das regras da súa propia combinatoria estrutural. B) A precedencia da estrutura fai que o suxeito sexa máis produto ou resultado ca produtor responsable. A intervención subxectiva é só un efecto supraestructural, pois o sistema impón a súa lóxica antisubxectivista e antipsicoloxista. O antisubxectivismo amplíase como antihistoricismo en canto que o sincrónico estrutural adquire primacía sobre o diacrónico. C) A negatividade, o que 'cada un non é', o outro, éríxese en principio do que cada un pode ser. A orixe do sentido desprázase, polo tanto, cara á relación, as relacións (de forza), no seo do sistema ou estrutura. D) A consecuencia, para unha ontoloxía do suxeito, é a interpretación funcional da subxectividade, en canto que cada un (signo, suxeito) significa en virtude do lugar que ocupa ou papel que desempeña no sistema no que está inscrito (social, económico, produción, consumo, etc.).

A xeneralización do estruturalismo faise explícita na inmensa obra de Lévi-Strauss aplicándoo á interpretación do parentesco, do pensamento mítico, da historia e do pensamento en

xeral (*Antropología estructural*, I, *El pensamiento salvaje*). Lacan aplícao á interpretación do Inconsciente (*Escritos*) e Althusser á análise económico social a partir da función das ideas marxistas (*Leer el Capital*). M. Foucault, nunha obra extensa, retoma os presupostos anteriores en relación a diversos ámbitos de prácticas e saberes (loucura, exclusión carceraria, sexualidade) cunha conclusión xeneralizada: o ser humano, en tódalas súas ordes existenciais, da moral á psicolóxica, da estética á de consumo, é "máis un suxeitado ca un suxeito". A súa condición é ser un sometido á secuencia de epistemes ou conxunto de saberes e prácticas que configuran cada época. A consistencia da súa identidade subxectiva é similar á dun rostro na area da beiramar, que se esvae coa primeira onda (*Las palabras y las cosas*).

Como derivación do formalismo estruturalista, poden entenderse as ideas de J. Derrida, aínda que con Nietzsche e Heidegger ó fondo. Para el todo texto, a linguaxe como tal, non é máis que un xogo de signos que se ofrece ó lector exento de referencia a un logos ou significado, posto que a significación deriva da tensión entre a estrutura do texto e o acto de ler. Certo que a tradición occidental foi logocéntrica, sometendo o significante á orde do significado, pero tal modo de pensar debe dar paso ó pensar gramatolóxico que ve na linguaxe un conxunto de *grammata* ou sinais, sen horizonte hermenéutico determinado, aberto á expectativa xerada polas súas

renovadas lecturas. Trátase, pois, de deconstruí-lo significado para abrir paso ás expectativas que cada lector achega desde a súa singular situación²⁸.

As teses estruturalistas penetraron profundamente no ámbito científico, no biolóxico especialmente. Máis alá da moda que supuxo nos anos sesenta, segue a ser hoxe a seria advertencia sobre a insuficiencia do atómico, do individual, do subxectivo, ou do simplemente persoal ou singular, e suxire interpreta-la realidade, o mundo e a sociedade, como realidades vertebradas por relacións. Por este camiño, o realismo científico e o social asóciase co formalismo estruturalista para definir ou describi-lo suxeito actual como un ser 'de relacións' que se constitúe pola confrontación coas estruturas de poder, políticas e de consumo, cada vez máis determinantes²⁹.

5. NOVA MENTALIDADE NA EPISTEMOLOXÍA CIENTÍFICA

O século XX supuxo un notable cambio de mentalidade en relación co alcance e a significación das ciencias. O século XIX seguira confiando no carácter universal e necesario das verdades e as leis científicas, continuando unha epistemoloxía que se configurara de Galileo a Kant. Non é que se rexeite no noso século o valor das leis científicas, pero, ó tempo que se cuestiona o valor

absoluto da propia razón (Freud, Nietzsche), a ciencia vai sendo entendida como empeño revisable, cuestionable nos seus propios resultados. A esta nova mentalidade contribúen, coas conclusións das xeometrías non euclidianas (Riemann, Lobachevsky), a teoría da relatividade de Einstein e a teoría cuántica de M. Planck, que poñen en evidencia a non identidade entre o microcosmos, o meso e o macrocosmos, e revelan a falta de analoxía entre os seus fenómenos. Debido a isto, o noso século é percorrido por unha nova mentalidade que ve en cada ciencia un sistema de signos, adecuado para a descrición e comprensión dos fenómenos, tecnicamente operativo, pero sen desbotar que poidan darse outros igualmente válidos.

Neste novo contexto, a epistemoloxía máis próxima á reflexión filosófica introduce algunhas notables novidades, tanto polo que se refire á verdade e ó significado das teorías científicas, como polo papel que se outorga ós elementos ateóricos (psicolóxicos, sociolóxicos) na formulación de enunciados científicos.

5.1 Polo que se refire á *significación das teorías e verdades científicas*, no noso século foise abrindo paso a idea segundo a cal a obxectividade da verdade científica debe socializarse, e a comunicación entre investigadores, a discusión e a transferencia de resultados... deberá ser práctica asociada á

28 Derrida, *De la Gramatología*, Bos Aires, Siglo XXI, 1971.

29 Touraine, *Crítica de la Modernidad*, Madrid, Temas de Hoy, 1993; Giddens, *Modernidad e identidad del yo*, Barcelona, Península, 1997.

afirmación de que ‘algo’ é ‘cientificamente verdadeiro’. De aí a esixencia de somete-las teorías, non só á proba dos feitos, senón á confrontación con outras teorías, evitando toda verificación illada (Duhem-Quine). Pola súa vez, non é incongruente aceptar que dúas teorías, en aparencia non concordantes, poden dar conta dos mesmos fenómenos. E isto porque dunha teoría científica podemos mostra-la súa falsidade, pero non a súa verdade³⁰. Isto supón que a teoría ha poder ser posta a proba (testada) e dispoñer de elementos para que outra teoría poida contradicila. Unha teoría científica instaura ou configura un campo experimental, pero, na medida en que evoluciona a investigación, vaise impondo a súa revisión. A teoría, polo tanto, instaura unha certa racionalización dunha parcela de realidade, pero non é garantía da plenitude do seu coñecemento. Por iso a ciencia contemporánea se desenvolve a partir de hipóteses, modelos e previsións que será necesario logo ir corroborando ou rectificando.

5.2 Verbo da incidencia de *factores ateóricos*, o século foi prolixo na advertencia sobre a influencia das condicións sociolóxicas en todo proceso de coñecemento. O asunto xa o adianta D. Mannheim en *Ideología y Utopía*³¹ (1ª ed., 1929), obra de gran significación no contexto das ideas do século —se ben hoxe menos atendida— que suxire o concepto de ‘socioloxía do coñecemen-

to’. Hoxe falamos máis de ‘socioloxía da ciencia’ para advertir sobre a serie de factores que interveñen no seu desenvolvemento e, incluso, nas súas conclusións. Th. Kuhn (*La estructura de las revoluciones científicas*) insistiu en que a ciencia non se desenvolve en virtude dun progreso promovido pola lóxica da súa propia racionalidade, senón a través de momentos excepcionais ou feitos significativamente revolucionarios, que provocan o salto dun *paradigma* ou outro novo, entendendo por paradigma o conxunto de conceptos e métodos comúns nun determinado momento ou época. Pola súa parte, Habermas analiza os factores non intelectivos que determinan as condicións da propia racionalidade. Segundo el, a razón mobilízase estruturalmente por categorías non teóricas que chama ‘intereses’ —práctico, técnico, autorreflexión—, inherentes ó exercicio mesmo do entendemento, que determinan a esfera da racionalidade científica³².

Durante a segunda metade do século foi significativa a preocupación pola teorización sobre a metodoloxía científica, vinculando linguaxe, lóxica e filosofía da ciencia. Sen embargo, malia a súa fecundidade bibliográfica, os avances neste terreo parece que quedaron no desenvolvemento da lóxica e dos procedementos formais, con notables achegas en relación coas linguaxes das ciencias e da teoría de sistemas,

30 Popper, *La lógica de la investigación científica*, Madrid, Tecnos, 1962.

31 Mannheim, *Ideología y Utopía*, Madrid, Aguilar, 1973.

32 Habermas, *Conocimiento e interés*, Madrid, Taurus, 1982.

pero sen grandes consecuencias para o progreso da ciencia como tal.

É igualmente notable a reflexión sobre o sentido antropolóxico da tecnociencia e as súas consecuencias para a liberdade. Desde Max Weber³³, unha reflexión ampla foi chamando a atención sobre a nova situación do noso século. Por unha parte, a tecnociencia levou o ser humano á súa propia exaltación en canto que todo semella alcanzable; por outra, a imaxe que nos facemos do mundo é a que nos procura a tecnociencia. En fin, a tecnociencia desenvólvese en virtude do seu propio determinismo, en gran medida alleo ó control moral, só sometido á lóxica do proceso investigador, sen fins éticos previos. Heidegger (*Escritos sobre la técnica*) advirte de tal situación; H. Jonas suxire repensa-lo futuro da humanidade a partir dos poderes da tecnociencia actual, sobre todo no ámbito biolóxico, reformulando bioloxicamente o imperativo kantiano: obra de tal modo que a vida da humanidade futura poida ser coma a de hoxe³⁴. A chamada Escola de Frankfurt (Marcuse, Adorno, Horkheimer) supuxo unha ampla chamada de atención sobre as capacidades alienantes que pode supoñer a tecnociencia, por outra parte necesaria, en relación coa perda de identidade e de liberdade.

Nos nosos días, o chamado 'pensamento posmoderno', nun dificilmen-

te tipificable manierismo en virtude da profusión bibliográfica, é a advertencia ou, se se prefire, o diagnóstico da situación de diseminación das identidades, da vixencia do pluralismo ou da pluralidade, en tódolos ámbitos e en tódolos sistemas de valores, na profesión do continxentismo radical que caracteriza a nosa actualidade. É o froito dunha fin de século que se desprende do contexto intelectual dos seus primeiros dous tercios³⁵.

6. REFLEXIÓN SOCIAL E COMUNICATIVA

Aínda que a bibliografía sobre sociedade e comunicación foi heteroxénea en asuntos e calidade e inabarcable en cantidade, ela estivo esencialmente orientada á exposición e divulgación. O resultado foi a aparición de magníficos manuais de Socioloxía e sobre os máis diversos problemas sociais, pero coa ausencia de filosofías ou teorías sociais orixinais e innovadoras. Isto non impide que aparezan obras de notable orixinalidade.

Jacques Maritain (1882-1973) é unha das figuras do século, hoxe pouco valorada mesmo nos medios tomistas nos que se incribe o seu pensamento. Con independencia de acordos ou desacordos co seu xeito de pensar, non ter en conta a Maritain pode obedecer a dúas razóns: descoñecemento da súa influencia e ignorancia dos seus

33 Weber, *La ciencia como vocación*, Madrid, Alianza, 1967.

34 Jonas, *El principio de responsabilidad*, Madrid, Círculo de Lectores, 1995.

35 Cf., como síntese última deste ambiente, J. L. Pinillos, *El corazón del laberinto*, Madrid, Espasa, 1997.

escritos³⁶. A súa figura e obra, sen embargo, representaron unha referencia de innegable modernidade, non só para o tomismo e o neoescolasticismo, senón tamén para a filosofía universitaria en xeral e non menos para medios intelectuais socialistas e marxistas, que se debatían nos paradoxos dun socialismo chamado humanista e opresor de media Europa baixo o totalitarismo máis radical. O personalismo de Mounier³⁷ nace tamén con inspiración en Maritain, quen afronta as contradicións do seu tempo a partir da riqueza do tomismo máis orixinal, o vinculado á defensa da persoa como realidade espiritual, libre e comunitaria, con ideais non reducibles á pura materialidade. Na súa amplísima reflexión, o cristianismo é para Maritain a síntese humanista de valores morais, sociais, políticos, etc. Os seus puntos de vista foron de grande influencia, tamén para a difusión da doutrina social da Igrexa, cunha presenza de alcance nos medios intelectuais (e políticos) cristiáns dos Estados Unidos, Hispanoamérica, Italia, Francia e, en menor medida, tamén de España. O seu *Humanismo integral*, editado por primeira vez en 1936, recolle as conferencias pronunciadas en agosto de 1934 (!) na Universidade Internacional Menéndez Pelayo de Santander. A súa influencia contribuíu tamén a un novo clima nos medios da filosofía escolástica, que no século experimentou unha notable renova-

ción, empezando por Francia e Alemaña, coa incorporación dos problemas propios da ciencia e do ambiente do século. Unha amplísima e sólida bibliografía así o demostra.

Ó longo do século, as referencias de fondo seguen sendo o marxismo, por unha parte, e a reflexión sobre a sociedade liberal e democrática, por outra. O marxismo sintetiza a tradición da chamada 'sociolóxica do conflito' que retoma as contradicións entre individuo e sociedade; as teorizacións liberais remítense xenericamente a Kant, insistindo en que a liberdade individual é orixe e principio da orde social intersubxectiva, sen contradición, polo tanto, entre ambos.

As ideas marxistas serán obxecto de interpretacións e lecturas diversas, mesmo contradictorias, pero que amosan a súa vixencia intelectual ó longo do século. No ámbito estritamente soviético, a Academia de Ciencias continúa a difusión do pensamento de Marx, Engels e Lenin, fieis a un escolasticismo nada crítico, esencialmente sectario e obediente á dictadura política. O Instituto Marx-Engels de Moscova propiciará a edición MEGA das obras de Marx. Pero o marxismo foi obxecto de atención amplísima fóra dos ambientes comunistas. E. Mounier ve no marxismo a crítica previa e necesaria para facer posible un humanismo personalista (*Manifiesto al servicio del*

36 J. Maritain, *Oeuvres complètes*, París, Ed. Univ. Fribourg Suisse/Saint Paul, desde 1984, 15 vols. Descoñécese xeralmente a súa densa e enorme obra: 15 volumes con máis de mil páxinas cada un.

37 *Esprit*, fundada en 1932 e os seus demais proxectos iniciais, fráguaos Mounier en contacto con Maritain, do que se afasta amigablemente debido á esixencia de maior 'ortodoxia' católica que lle solicitaba.

personalismo); Althusser faino obxecto dunha interpretación estruturalista das forzas sociais (*Leer El Capital*); E. Boch teoriza sobre a simbiose entre escatoloxía da esperanza e expectativa dunha sociedade socialista (*El Principio Esperanza*); Garaudy vincula marxismo e realización histórica do cristianismo (*Marxismo del siglo XX*), nunha liña que será seguida polos movementos Cristiáns polo Socialismo; H. Lefebvre asócia a un humanismo non alienado por medio da restitución do sentido da praxe e pola crítica ó Estado (*El materialismo dialéctico*); M. Henry introdúcese na obra de Marx a partir da seriedade analítica da fenomenoloxía (*Marx I: une philosophie de la réalité, Marx II: une philosophie de l'économie*); G. Lukács, a partir de teses marxistas, é autor dunha notable e amplísima interpretación da literatura, da arte, da filosofía, etc. (*Estética, El Alma y sus formas, La novela histórica*, etc.). Por último, o marxismo é amplamente atendido en ámbitos e institucións non marxistas, incluso explicitamente antimarxistas, como demostran obras de tan notable rigor como a de J.-Y. Calvez, *El pensamiento de Carlos Marx*. Por programas e publicacións pode apreciarse que é ensinado regularmente en universidades católicas (Comillas, Lovaina, Gregoriana, Instituto Católico de París).

O pensamento sociolóxico non derivado das ideoloxías do conflito ten no noso século continuidade na sólida tradición dun amplo liberalismo xurídico e político que, con múltiples formulacións, fai pivotar sobre o indi-

viduo libre e responsable a orde social e colectiva. Coas secuelas neokantianas de principios de século, en tan heteroxénea tradición sobresaen dúas figuras senlleiras: Max Weber e Hans Kelsen. Max Weber (1864-1920), sintetizando idealismo e neokantismo, é un dos fundadores da filosofía social contemporánea. Apartándose de todo transcendentalismo ou totalitarismo social, entende que a sociedade non é comprensible con independencia da acción (*Handeln*) dos individuos. Deste modo, o obxecto da filosofía social ou socioloxía é “a acción social significativa”. Toda acción, en efecto, non se pode reducir ó subxectivo porque ninguén obra sen ter en conta a resposta (intersubxectividade) que vai recibir. Por iso será necesario distinguir entre os fins subxectivos dun axente e o sentido social, histórico e cultural que deriva da súa acción ó procurar tales fins. A ciencia social non pode reducirse ó psicoloxismo que se dirixe a intencións senón que debe ser comprensiva dos procesos reais que deles emerxen. Weber distingue catro tipos de acción: tradicional, afectiva, racional por relación a valores e racional por relación a un fin. Se a primeira e a segunda teñen menor significación social, a terceira vincúlase á ‘ética da convicción’ que afecta as concepcións morais e o uso da liberdade por cadaquén; a cuarta asóciase á ‘ética da responsabilidade’ que compromete a propia liberdade de acción cando se quere ou se debe obter un fin. O home político non é alleo á tensión entre ambas, sometido á contradicción entre conviccións asociadas e valores, con

independencia das consecuencias e responsabilidades derivadas de obrigas e fins socialmente esixibles³⁸. A obra de Weber e a súa teoría da acción estará xa moi presente na filosofía social posterior, tamén pola súa previsión sobre a insuficiencia do capitalismo e da súa burocracia para satisfacer os ideais morais dos cidadáns. Prevé así a crise do propio sistema capitalista e a chegada dun 'poscapitalismo', do que hoxe falamos.

Hans Kelsen (1881-1973) é a outra gran figura máis estritamente xurídica, que se relaciona intelectualmente con personaxes do Círculo de Viena, Carnap entre outros, tamén con Freud e coa Sociedade Psicanalítica, na Viena das dúas primeiras décadas do século. Kantiano no esencial, tanto na teoría do coñecemento como na diferenciación entre ser/deber ser, apártase de Kant pola non aceptación do dereito natural. Kelsen entende que o dereito é constitutivo ou esencial, en canto que os individuos non forman Estado ata que unha norma regula as súas conductas mutuas. O Estado, pois, non é de orixe natural ou social, posto que a orde normativa é o que o constitúe. Así pois, o concepto sociolóxico de Estado presupoñ o concepto xurídico e non viceversa. O poder non pode ser exercido senón a partir de tal orde xurídica, e a norma ten significación obxectiva só se se conforma a unha norma obxectiva superior. De aí a esixencia da lexitimación constitucional do modo máis autó-

nomo posible por parte dos individuos, para reducir ó mínimo as contradicións da democracia representativa. Esta está sempre en risco de caer na autocracia porque a representación se reduce a ficción formal e o sistema somete os individuos a normas elaboradas sen o seu coñecemento e participación (*La teoría pura del derecho*).

Non é allea a ámbalas tradicións, a marxista e a liberal, a que se coñece ata os nosos días como Teoría crítica, motivada inicialmente polo marxismo e polas crises da cultura liberal, e que de feito tomou o rumbo dun liberalismo que orientou o seu propósito final cara á autonomía do individuo e a súa liberación fronte ás instancias de dominación: inconsciente, estado totalitario, ideoloxías, sociedade de consumo. No seu propósito primeiro, a teoría crítica entende que os ideais do liberalismo burgués só poderían ser alcanzados a través do socialismo inspirado no ideal marxista, que implica un momento revolucionario. A tal suposto engadíase a expectativa da superación inminente do sistema capitalista, segundo a convicción de Lukács, para quen o proletariado é suxeito e obxecto da historia e, polo tanto, o materialismo dialéctico é a única forma adecuada para interpreta-la realidade (*Historia y conciencia de clase*, 1923).

Con tales supostos, un grupo de intelectuais, xudeus e burgueses, fundan en Frankfurt, en 1923, o Instituto para as Investigacións Sociolóxicas. Co

38 Weber, *La ética protestante y el espíritu del capitalismo*, Barcelona, Península, 1969.

seu primeiro director, Grünberg, de conviccións marxistas, nel están Horkheimer, Adorno, Benjamin, Marcuse, Fromm. O triunfo do nacionalsocialismo provoca o escepticismo sobre os seus propósitos, e en 1934 moitos dos seus fundadores se ven obrigados a emigrar ós Estados Unidos. De regreso a Alemaña despois da guerra, Adorno e Horkheimer recoñecen o fracaso do seu ideal ó constatar que as masas proletarias foron gañadas polos ideais capitalistas, a par que deben recoñecerlo fracaso do socialismo real nos países comunistas. De aí que os seus propósitos se orienten agora cara á salvagarda da particularidade, da autonomía e da capacidade crítica do individuo. A isto se debe a súa crítica a Hegel, a Husserl e as disputas con Heidegger. Pero tamén a crítica a Marx e Engels (Adorno).

Na heteroxeneidade das súas obras, a crítica diríxese agora á nova alienación que se xera a partir da situación social derivada dun capitalismo que sustenta e é sustentado pola organización e a xestión burocrática, cada vez máis complexas, e pola utilización da ciencia e da técnica ó servizo do consumo. É un estado de cousas novo, ó que responde o concepto de 'razón instrumental' polo que se quere sinalar que o coñecemento é medio e instrumento ó servizo da técnica que, pola súa vez, somete o propio individuo á

súa lóxica³⁹. Sen embargo, a esencia do individuo non é redimible senón a través da 'dialéctica negativa', isto é, pola conciencia da contradicción entre o real —o que é— e os seus ideais —o que poder ser—⁴⁰. Marcuse, desde os Estados Unidos, será reiterativo na denuncia da decepción do individuo particular ante o fracaso da civilización, no noso tempo só dominada polo consumo⁴¹ (*El hombre unidimensional*). Fromm, compaxinando crítica con sistemas establecidos, con clara tendencia moralizadora, dedica as súas obras a mostrar que é posible a felicidade e a vida auténtica, individual e persoal, no seo da sociedade actual (*El arte de amar*, *El miedo a la libertad*).



Herbert Marcuse insiste moito sobre a decepción do individuo particular fronte ó fracaso da civilización.

39 Horkheimer, *Crítica de la razón instrumental*, Bos Aires, Sur, 1969.

40 Adorno, *Dialéctica negativa*, Madrid, Taurus, 1975.

41 Marcuse, *Eros y civilización*, Barcelona, Seix Barral, 1968, e *El hombre unidimensional*, Barcelona, Planeta, 1985.

Jurgen Habermas, discípulo de Horkheimer, é quen na actualidade reinterpretar non poucas teses de Weber e da Teoría crítica. Menos motivado pola crise dos valores do individuo liberal, diríxese máis explicitamente á situación real do suxeito/cidadán no contexto da sociedade capitalista e tecnocientífica. Para Habermas, á razón son inherentes o 'interese técnico', que orienta cara ó dominio da natureza, e o 'interese práctico' que orienta cara á comunicación. Pero é igualmente necesario o desenvolvemento do 'interese crítico' ou autorreflexión, para que nin técnica nin ideoloxía desvirtúen o sentido da intencionalidade moral e da racionalidade. O positivismo actual elevou como única racionalidade a inherente ás ciencias positivas, asociadas ó interese técnico e lexitimadas como único saber a través dun discurso ideolóxico que, invocando a primacía da racionalidade científica, posterga o ámbito das ciencias morais e da liberdade. Esta nova ideoloxía tende a xustificar que moralidade e racionalidade sexan postergadas ou supeditadas á eficacia organizativa. A crítica ten que se dirixir a esta ideoloxía xeneralizada como condición para que o home das sociedades capitalistas avanzadas poida vivir motivado por ideais de liberdade, solidariedade, xustiza e igualdade, na expectativa dunha vida 'máis moral'. Debe ser esta unha racionalidade moral, sen límites positivistas nin coaccións ideolóxicas, que ben pode ser

chamada 'postindustrial' ou 'poscapitalista', en canto que xa non se satisfai cos logros do consumo e da organización das sociedades tecnificadas.

Na mesma intención de lexitimar-la vida moral e política, Habermas suporá unha notable revitalización dos problemas fundamentais da ética a través da coñecida como 'ética comunicativa', baseada na pragmática universal da linguaxe. A linguaxe, pola súa propia natureza, encamiñase a producir efectos (pragmática). Entre eles o de entenderse e chegar a acordos facendo compatible individuo e comunidade. A partir da confianza nesta función pragmática, a 'discusión entre interlocutores' semella se-lo medio máis eficaz para establecer criterios comúns de acción que, por seren acordados, estarán exentos de coacción e serán útiles para unha comunicación universal sen límites. A discusión debe esixir veracidade de todos, ter en conta as formas de vida concreta e concluír co sometemento dos diversos dialogantes ó principio do 'mellor argumento', aquel que sexa aceptado por todos como mellor fundado. Deste modo será factible unha ética 'democrática', pero non positivista, en canto que apunta a un ideal de comunicación cada vez máis universalizable e, xa que logo, non sometida ó que impoñen os feitos ou a conxuntura⁴². Apel advirte que, para facer posibles os acordos, débese recorrer a unha instancia 'transcendental' ou *a priori* comunicativa, retomando a

42 Habermas, *Teoría de la acción comunicativa*, I e II, Madrid, Taurus, 1987, e *Pensamiento postmetafísico*, Madrid, Taurus, 1990.

Kant, que na razón sirva de fundamento á pragmática universal⁴³. Pola súa parte, Rorty opta pola renuncia á argumentación, convertendo o diálogo en simple concorrencia de puntos de vista, sen preferencia para a racionalidade de ningunha das partes e sen horizonte desexable de sentido compartible. Intencionalmente neutro, o diálogo aproxímase máis á conversa intranscendente ca á transferencia de razóns (dia/logos) para poder establecer unha racionalidade moral aceptable comunitariamente⁴⁴.

7. BALANCE DUNHA ECONOMÍA DOMÉSTICA

No balance do século non sería equitativo deixar fóra a filosofía española, desigual pero con notable significación. Sen entrar na discusión sobre xéneros, Unamuno reitera que a filosofía se desenvolveu no ámbito español máis a través de formas literarias ca por medio de sistemas conceptuais: ela está, sobre todo, na poesía dos místicos ou no *Quixote*. Tal convicción parece hoxe tan certa coma cando el a escribía en 1905 (*Vida de Don Quijote y Sancho*). De aí que, avaliando filosoficamente o século, non poida ser pasada por alto a propia Xeración do 98. Obras poéticas

como a de Antonio Machado ou Ramón del Valle-Inclán son o testemuño dunha reflexión, non lexicalizada conceptualmente, pero que implica unha fonda interpretación de realidades antropolóxicas, psíquicas, sociais, históricas, etc., de innegable fondura. O que Unamuno enriquece coa variedade de xéneros e asuntos de evidente actualidade se se ten en conta o papel que concede ó ámbito sentimental. María Zambrano, pola súa parte, será igualmente exemplo sobresaliente de cómo a intuición poética franquea o paso á reflexión, practicando a solicitude de Heidegger. E, con máis proximidade ó noso contexto, obras como a de Rosalía de Castro, Otero Pedrayo e a do propio Valle-Inclán, foron fitos simbolizadores na historia da espiritualidade, en sentido hegeliano, de tan notable significación como as filosofías conceptuais⁴⁵.

Ortega y Gasset é unha das personalidades máis suxestivas no panorama intelectual internacional do século XX. Por riba de acordos ou desacordos, Ortega representa unha forma orixinal do exercicio reflexivo motivado e impulsado pola experiencia cotiá. Da ontoloxía á socioloxía, da estética á ética, a reflexión de Ortega nace do ámbito mesmo do vivido, conducido á

43 Apel, *La transformación de la Filosofía*, I e II, Madrid, Taurus, 1985.

44 Rorty, *La filosofía y el espejo de la naturaleza*, Madrid, Cátedra, 1980.

45 Do poeta, a metáfora e dos símbolos..., orixinase a "vehemencia ontolóxica" (Ricoeur) pero o filósofo está obrigado a repensar conceptualmente o que neles é só intuición emotiva. Neste empeño parécenme exemplares non poucos traballos. Citarei algúns máis próximos: C. Baliñas, *Rosalía de Castro, entre a poesía e a Política*, Vigo, Ed. Patronato, 1987; *Descubriendo a Otero Pedrayo*, Santiago de Compostela, Fund. Univ. de Cultura, 1991; X. L. Barreiro Barreiro (coord.), *O Pensamento Galego na Historia*, Santiago de Compostela, 1990. Barreiro é igualmente autor dun notable estudo sobre *Mundo, hombre y conocimiento en Amor Ruibal* (1978). Desde unha metodoloxía máis antropolóxica, son significativas para a relación simbolismo/concepto, as obras de M. Gondar

comprensión pola expresión conceptual e lingüística en extremo suxectivo. Nel repercute todo o contemporáneo e vivo: a filosofía, a arte, a política, a sociedade..., pero tamén a vida cotiá, dos touros á sexualidade ou o deporte. A súa forma de filosofar a partir do máis inmediato é exemplo sen parangón nas filosofías europeas. Máis alá dos seus asuntos e opinións, Ortega segue sendo hoxe mestre para o exercicio do pensamento activo e comprometido, pola súa perspicacia e a súa forma singular de exercer-la capacidade analítica e crítica, dotado de extrema agudeza para elevarse do anecdótico e accidental ó categorial e substancial. Non son mérito menor as súas interesantes previsións en relación coa cultura europea e española. Se todo isto é evidente nas súas obras maiores, éo moito máis en escritos tan heteroxéneos como os recollidos en *El espectador* ou en *El hombre y la gente*. A vida intelectual española deste século resulta incomprendible sen Ortega. Sen establecer parangóns, a figura de Eugenio D'Ors é igualmente prototípica dun pensamento elaborado a partir da experiencia social e cultural cunha concepción non intelectualista da vida humana.

A pesar do desenvolvemento do krausismo no século XIX e a súa influencia na vida intelectual española —da Xeración do 98 e a Institución Libre de Enseñanza— é tópica a afirmación segundo a cal o escolasticismo foi a filosofía máis oficial e socialmente

dominante no ambiente intelectual español do século XX, paulatinamente cambiante a partir da década dos anos sesenta. Isto non impediu que, especialmente por influencia da fenomenoloxía, se produciran obras tan significativas como as de X. Zubiri e Amor Ruibal. A prolixa obra de Zubiri é bo exemplo de cómo os grandes conceptos metafísicos seguen a ser operativos na actualidade. Atento á fenomenoloxía de Husserl, Zubiri soubo trae-lo fondo esencial do seu aristotelismo á comprensión dos grandes problemas da antropoloxía fundamental.

Non cabe dúbida sobre a significación da obra de Amor Ruibal no contexto dunha filosofía ilustrada pola tradición que, sen embargo, el retoma e interpreta con notable orixinalidade, fronte ó uso que dela fixera a escolástica, da que é perceptible a súa distancia. Con personalidade propia, a súa reflexión entra de cheo na modernidade do século, por triple motivo: pola advertencia sobre o respecto 'ás cousas mesmas', con independencia da fenomenoloxía, fiel a un realismo que sabe inscribi-la individualidade no transcendente; por traer a primeiro plano e tira-las consecuencias do carácter determinante da relación e do relacional, o que será xa unha constante do século; pola importancia que na súa obra se concede á linguaxe como ámbito privilexiado a partir do cal pode avanzar a reflexión.

BIBLIOGRAFÍA

O recomendable é a aproximación ás grandes obras que marcan a filosofía deste século e que fomos citando en notas ó pé de páxina. Delas recapitulámo-las seguintes:

Ayer, A. J., *El positivismo lógico*, México, FCE, 1965.

Foucault, M., *Las palabras y las cosas*, Madrid, Siglo XXI, 1970.

Freud, S., *La interpretación de los sueños*, Madrid, Alianza, 1985.

Gadamer, H. G., *Verdad y Método I*, Salamanca, Sígueme, 1977.

_____*El giro hermenéutico*, Madrid, Cátedra, 1995.

Habermas, J., *Pensamiento postmetafísico*, Madrid, Taurus, 1990.

Heidegger, M., *El ser y el tiempo*, México/Madrid, FCE, 1980.

_____*Caminos de bosque*, Madrid, Alianza, 1995.

Husserl, E., *La idea de fenomenología*, Madrid, FCE, 1982.

_____*Problemas fundamentales de la fenomenología*, Madrid, Alianza, 1994.

Jaspers, K., *Filosofía de la existencia*, Madrid, Aguilar, 1965.

Lévinas, E., *De otro modo que ser o más allá de la esencia*, Salamanca, Sígueme, 1987.

Marcel, G., *El misterio del ser*, Barcelona, Edhasa, 1981.

Mounier, E., *Introducción a los existencialismos*, en *Obras*, III, Salamanca, Sígueme, 1990.

Nietzsche, F., *El nacimiento de la tragedia*, Madrid, Alianza, 1973.

_____*Así habló Zaratustra*, Madrid, Alianza, 1972.

Ortega y Gasset, J., *El tema de nuestro tiempo*, en *Obras*, III, Madrid, Alianza, 1983, páxs. 141-203.

_____*El hombre y la gente*, en *Obras*, VII, páxs. 69-272.

Ricoeur, P., *Sí mismo como otro*, México, Siglo XXI, 1996.

_____*La metáfora viva*, Madrid, Cristiandad, 1980.

Sartre, J. P., *El ser y la nada*, Bos Aires, Losada, 1976.

_____*El Existencialismo es un humanismo*, Bos Aires, Ediciones del 80, 1982.

Unamuno, M., *Del sentimiento trágico de la vida*, Madrid, Espasa, 1990.

Wittgenstein, *Tractatus Logico-Philosophicus*, Madrid, Alianza, 1973.

_____*Investigaciones Filosóficas*, Barcelona, UNAM/Crítica, 1988.

Zambrano, M., *Hacia un saber sobre el alma*, Madrid, Alianza, 1986.

Zubiri, X., *Sobre el Hombre*, Madrid, Alianza, 1986.

A ÉTICA OU O PREGUNTAR POLO BEN

Alfonso Pérez de Laborda*
Facultade de Teoloxía San Dámaso
Madrid

Enrique Rivera de Ventosa, doce amigo
In memoriam

I

Non vou dicir nestas páxinas por onde discorreu a ética no século XX, nin tampouco vou facer unha prospección dos camiños que seguirá no século XXI, como non sexan senón os comentarios necesarios que nos saian ó paso sobre as distintas éticas posibles, xulgándoas desde o que puidera chegar a ser a que aquí se presenta, se é que, finalmente, se formula unha ética, aquela que me parece fundadora para o hoxe que vivimos. ¿Que temos que indicar sobre a ética? ¿Como podería acontecer que nada tiveramos que dicir sobre ela?¹

Mais, ¿Que é a ética? Comezarei por unha distinción neta entre moral e ética. Platón dicía con razón que de palabras non se discute. Aquí entenderei moral no sentido do que concirne ó comportamento, e ética será a filosofía da moral. Moral, pois, sería o que toca ó esforzarse nun xuízo, un discernimento crítico do quefacer, dos quefaceres, os comportamentos realizados, e tamén a pregunta polas condicións do que facer, dos comportamentos por realizar —por algunhas desas condicións, seguramente—; o seu labor estaría en busca-los criterios para xulgar eses quefaceres, tomándoos cada vez nos seus contidos inmediatos. Polo

* Catedrático de Antropoloxía Filosófica.

¹ Este texto vén tras outros anteriores dos que quere continua-lo pensamento e sen os cales dificilmente poderá ser ben comprendido. A eles remito: "Leibniz y la innecesariad mundanal de Dios", *Cuadernos salmantinos de filosofía*, XII (1985), 45-65; "Racionalidad, realidad y verdad", *Cuadernos salmantinos de filosofía*, XIX (1992), 5-40; "El hombre, metáfora de Dios, o la primacía de la metáfora en el hablar sobre Dios", *Cuadernos salmantinos de filosofía*, XXI (1994), 105-134; "Teoría de la verdad: Sobre ciencia y verdad", *Diálogo filosófico*, 38 (1997), 203-214; "De si hay Dios. Breve tratado filosófico sobre si hay Dios", *La Ciudad de Dios*, CCXII (1999), 527-597; "Sobre qué Dios es el que hay: ¿analogía del ser o univocidad del ente?", *Revista española de teología*, LVIV (1999), 385-411; "De qué decir del ser del Dios que hay desde la analogía" (que espero que se publique algún día); "¿Hablar de Dios un filósofo? Sí claro", *Revista Católica Internacional Communio*, 20 (1999), 40-59; "¿Hay Dios?", *Alfa y omega*, 11 novembro 1999, páx. 5; "La metáfora de los tres lugares", relatorio no Congreso habido na Facultade de Teoloxía San Dámaso, do 16 ó 18 de febreiro de 2000 (de próxima publicación); "La plenitud del ser, o la búsqueda de la verdad" (de próxima publicación).

tanto, no referente á moral, sempre haberá dúas vertentes: a pregunta insoslaible e persistentemente renovada polo *qué facer*, repetida en cada situación nova e cambiante, e as respostas obtidas e asentadas, que se fan hábito, costume, algo aceptado como o que semella obvio e cotián, o *quefacer*. Pero, logo, reflexionamos con coidado sobre todo iso, o conxunto enteiro dos faceres que facemos, internándonos así no terreo da moralidade; e levada a reflexión a un grao amplo de xeneralidade, máis aló da consideración particular do *qué facer* e do *quefacer*, da pluralidade do *qué facer* e dos *quefaceres*, máis aló da concreción de *quefaceres* feitos comportamento —polo tanto, feitos corporalidade—, máis alá das consideracións do suxeito dos comportamentos, no lugar onde se tenden os alicerces nos que, ó cabo, todo aquilo se construíu e se relaciona, comezamos a construí-la ética; nótese que, desde aí, a moralidade comeza a aparecérsenos aínda como discernimento e ligazón cos nosos comportamentos e coas nosas corporalidades, por máis que busque xa xeneralidades; por iso, aínda nos sabe a pouco, quixeramos ir alén. Consecuentemente, nun lugar que vén logo, a filosofía de toda aquela práctica sería a ética; unha nova práctica, pero, esta volta, práctica de reflexión, de busca de alicerces, de punto arquimedeano, se o houber e o atopasemos. A ética, a filosofía da moral: a consideración dos fundamentos últimos do *qué facer* e do *quefacer*, a reflexión sobre isto no grao filosófico da xeneralidade fundadora. Para principiar coa ética,

entón, haberá que comezar a falar do *qué facer* e do *quefacer* desapegándonos das súas concrecións, buscando os motores últimos que os fan posibles, que lles dan o seu sustento último, a súa coherencia, se é que a tiver e fosemos quen a albiscala.

É obvio que aí, nesa práctica, coma en todo o demais da nosa acción racional da razón práctica, hai preguntas e respostas sobre *qué facer*, pensamos —ou non pensamos— *qué faremos*, e logo, tralo *facer*, vendo *qué* ocorre, os seus resultados e consecuencias, instalados xa no *quefacer* —satisfeitos con el, quizais, aínda que poida tamén que moi insatisfeitos—, pensamos o que fixemos, se ben, evidentemente, antes desa reflexión xeral, hai un *qué facer* e o *quefacer* que se fai hábito, polo que nos atopamos coa corporalidade do *quefacer*, damos co *quefacer* feito corporalidade, coa práctica do *facer* que se nos fai corporalidade. Por iso, a ética é o que vén despois desa práctica, e porque esta se deu antes.

Emporiso, cómpre notar que tamén ela é unha práctica, unha práctica de reflexión, reflexión filosófica sempre; tamén ela é unha acción racional da razón práctica. Primeiro dáse a pregunta polo *qué facer*, despois a acción do *quefacer*, e logo, evidentemente, é aí, nesa práctica, onde comeza o estadio da reflexión: *¿que farei?*, *¿que fixen?*, *¿está ben o que fixen?*, *¿foi conveniente o que fixen?*, *¿foi inconveniente?*, *¿podo facer mellor o que fixen?*, *¿como farei ben o que teño que facer?*, *¿haberá algunhas condicións para ver*

de qué xeito facer ben iso que hei facer?, ¿onde están as razóns ou as causas de por qué foi mal feito iso xa feito? Un continuo preguntar con respostas que levan a novos quefaceres que, pola súa vez, vanse facendo corporalidades. Pero un continuo preguntar que non só é individual, aínda que así formulara ata o de agora as preguntas, senón que tamén é societario: ¿que faremos?, ¿que fixemos?, ¿foi conveniente o que fixemos?, ¿podemos facer mellor o feito?, ¿como faremos mellor o que temos que facer?, ¿habrá algunhas condicións para isto?, ¿onde están as razóns ou as causas de por qué se fixo mal iso que xa está feito? Porque, evidentemente, hai non só un qué facer e un quefacer individuais, senón que hai un qué facer e un quefacer colectivo, societario, o cal tamén queda feito hábito nas corporalidades. Sen esquecer que a ética, en definitiva, ten que ver de maneira decisiva coas preguntas en plural, para este comezo da indagación, empeñareime sobre todo coas preguntas en singular. A conxugación en plural queda, como un reto, para máis adiante.

Encontrámonos así nunha primeira reflexión, non tanto na reflexión do qué facer que se me converte en quefacer, senón sobre todo, despois, nas voltas que dou sobre iso feito, sobre se podo melloralo, sobre cómo facer no presente e no futuro, buscando sempre algunhas pautas xerais de actuación, se as encontrase, se as houber. Pero xa de primeiras, nesa palabra, 'melloralo', hai un contido de mellor, é dicir, algo que ten unha relación directa e esencial

co aínda nin sequera mencionado, o bo: mellor, podo facelo mellor, é dicir, podo facelo máis-bo.

¿Que significaría ese mellor, máis-bo? Varias cousas; unha delas: eu imaxinei, desexei e falei do qué facer e fíxeno, e despois, quizais, a realización non foi exactamente o que imaxinara, desexara e falara; imaxinárao e desexárao mellor do que logo me saíu, así que hai aí un malfacer do quefacer, e de novo incluso, indo máis atrás, quizais se trate dun malfacer do mesmo qué facer. Pero, entón, vindo xa desde a reflexión do qué facer, toda reflexión sobre o quefacer, o feito e o que imos facer porque se nos conformou xa como práctica do quefacer, tanto cando sexa mirando cara ó pasado coma cando sexa mirando o presente ou o futuro, entramos sen ningunha dúbida na reflexión do mellor e do peor e, polo tanto, aínda que sexa dun xeito vago, inexperto, esbozado, nunha reflexión do bo e do malo.

Polo de agora, tal vez non sexa máis que unha comparación coas imaxinacións e desexos previos, o que pensamos antes do cara a ónde nos había levar ese qué facer meditado; unha comparación, unha reflexión, unha crítica do ónde nos levou, que de seguro non era enteiramente o que esperabamos, que era peor do que esperabamos ou, ó contrario, poida que fora mellor do que criamos que ía ser. Sempre un xogo de comparacións entre o imaxinado e desexado co que entendemos ter realizado. En todo caso, pois, hai sempre como comezo da reflexión unha

comparación con esa imaxinación primeira, feita de primeiras, polo que nela nos vemos, de entrada, con palabras que veñen entretécidas con mellor ou peor, bo ou malo; en comparación, pois que aínda, certamente, non é ben e mal, unicamente é mellor-do-que, mellor do que esperaba, ou peor-do-que, peor do que cría, sen embargo, xa entramos en consideracións de mellor e peor, máis-ben e menos-ben do que eu agardaba, do que quixen.

Toda reflexión, toda pregunta sobre o qué facer e o quefacer, polo tanto, está tinguida con esa tonalidade do *mellor-peor* e, se ben aínda de maneira moi vaga, do *ben-mal*. Na esencia mesma de cómo se realiza na nosa práctica o acto de preguntar reflexivamente buscando respostas para a nosa acción, dáse esa esencial comparación entre previsións e resultados, entre desexos e consecucións, entre imaxinacións e corporalidades.

Así, parécenos un apuntamento de moralidade, un paso máis alá da moral, se por esta entendémo-lo referente a cada unha das accións que foren, o xuízo apegado aínda ás prácticas producidas, e se por moralidade, en cambio, agora entendemos un primeiro esbozo da necesidade dunha maior xeneralidade na reflexión sobre iso que nos semellou como mellor e peor, bo e malo. Sen embargo, moralidade aínda non sería ética, estaría demasiado apegada aínda ó qué facer e ó quefacer. Ética, pois, sería a moralidade tomada como reflexión, a reflexión xeral sobre ela. Moralidade sería a reflexión que

estamos facendo sobre o qué facer, e o quefacer do xa feito, pero non tomados en cada unha das súas accións, senón nun principio de xeneralidade; unha reflexión na que se nos aparece aquilo que ten que ver con quen é o facedor dos comportamentos e das reflexión sobre eles. Moral sería, en cambio, un esbozo xa de reflexión sobre o qué facer e o quefacer, pero na concreción particular dos seus contidos específicos. Moral, moralidade e ética, polo tanto, teñen que ver sempre xa coa reflexión, nunca son pura concretude do qué facer ou do quefacer, senón a reflexión sobre eles, nun subir e baixar continuos na escala da xeneralidade. Moral e moralidade terían que ver coas cuestións do qué facer e do quefacer; ambas se diferenciarían só no grao de xeneralidade co que as abordarán, aquela na especificidade de cada unha, de cómo nos enfrontamos a eses actos específicos que realizamos, esta nas xeneralidades de qué sexa iso de 'qué facer' e 'quefacer' que facemos e do seu alcance, e de cómo estas inflúen e se converten en acción nosa, de cómo nos enfrontamos a eses actos xerais que realizamos. Ética —acabamos de apuntalo e ímolo ver en seguida— aínda que construíndose con elas, é outra cousa.

Agora ben, no que iamos dicindo ata agora apareceunos xa algo que nos é dado como un *en-esperanza*. Miramos con coidado o que iamos facer e esperabamos certos resultados, o que nos levou á acción, mais obtemos uns resultados que de maneira moi normal non se corresponden por enteiro coas nosas

esperanzas. Actuabamos, por así dicir, en-esperanza. Logo, nun acto posterior, cando reflexionamos —xa o vimos—, vémonos impulsados a falar de mellor ou peor, precisamente cando poñemos en comparación aquilo que se nos daba en-esperanza con iso obtido *en-realidade*. Pois ben, é nese xogo entre o en-esperanza e o en-realidade onde se nos dá o xogo de mellor-peor, e en puro esbozo dásenos xa o xogo de ben-mal.

Pero unha esperanza que por veces tamén ocorre que se nos quedou curta. Porque pode suceder que o que aconteceu como froito do noso actuar foi mellor do que criamos. Estas consideracións ábrennos a un diálogo, unha retrocesión constante, entre o que esperabamos e o que resultou, entre o en-esperanza e o en-realidade. Desde esas iniciais esperanzas podemos imaxinar novas preguntas de qué facer e, actuando, alcanzar novos quefaceres que responden a esas esperanzas, e, quen sabe, xa como en segundo grao, puidera ser que esas esperanzas se nos quedaran en pouco, porque nos decatamos de que podemos máis, somos capaces de mellor, de mellorar —e tamén de empeorar, é evidente—, e así aparécenos que o en-esperanza non é un dato inamovible que se nos dá de primeiras, porque nós podemos aumentala nosa esperanza, alimentar máis e máis o noso en-esperanza do noso preguntar e do noso responder actuando como cramos conveniente en busca do en-realidade.

Pero, vista esa posibilidade de quefacer mellor, o empeorar é tan ob-

vio que, en seguida o vemos, a acción que cara a aquel nos leva non nos completa; o empeorar é unha posibilidade real e absoluta, sen dúbida, e en moitas ocasións a única; pero esa esperanza na imaxinación, no desexo, fainos que sexa, certamente, o melloramento, o *amelloramento*, o que nos tensa, o que nos fai vibrar, o que ansiamos considerar como máis propiamente noso, aquilo polo que actuamos. E, se así vale dicir, entre o *apeoramento* e o *amelloramento*, este último vai por diante en canto que nos toma por de dentro asentando en nós, pois énos un reto, énos unha posibilidade que debe sen ningunha dúbida conseguirse, dándose en nós, polo tanto, como unha carreira cara a ese amelloramento, cara ó que é mellor, cara a comportamentos, cara a novas preguntas de qué facer, cara a novos quefaceres, corporalidades, relacións e criterios, cara a pensamentos e críticas de pensamento que nos abren portas (non debería ter utilizado esta metáfora, pois daría a impresión de que, previamente á nosa acción e á nosa reflexión subseguinte, as portas estaban aí, e non é ese o caso), que nos abre un mundo (tampouco debería dicilo así, porque parece entón que só poderíamos imaxinar mundos posibles, o que tampouco é o caso, porque na mesma esencia da nosa imaxinación está o non nos cingir ó posible, senón o pensar e desexar ardentemente mundos imposibles), por iso, será mellor dicir: que, índonos alén do meramente mundanal, ensánchanno-la realidade, dándonos novas posibilidades de xogo, de xogo de realidades. Dito

nunha palabra: temos vontade de amelloramento.

Nótese, polo tanto, que xa pasamos aquí do *mundo á realidade*, un paso que de forma ineludible só se realiza a través de nós, '*corpo de home*' —na súa unidade-dual de corpo de home e corpo de muller—, e do que este significa, incluíndo a construción das súas corporalidades. Sendo así, a ética en ningún caso é labor mundanal, que se dá dentro do mundo e o conxunto das súas posibilidades, senón que se nos dá no acceso á realidade.

Aí sería, pois, onde se nos vai suscitar, onde se nos está presentando xa o problema da moralidade. Desexos, imaxinacións, construcións que nos estiran; que tiran de nós na acción, para a acción, que nos fan producila, que nos levan cara a adiante, que se converten en relacións con outros, con nós mesmos, que se converten en corporalidades, que son xa construción creativa de realidade. E alí é onde está formulado o problema do amelloramento, o problema do mellor, do cómo pasar deste amelloramento —que sería aínda consideración primeira da moralidade das nosas accións— a unha consideración real da moralidade, xa non co mellor, co amelloramento, senón co ben. Aí é, se cadra, onde está o paso da moralidade, ou desa moralidade primeira, á filosofía da moralidade, á ética, a falar do ben.

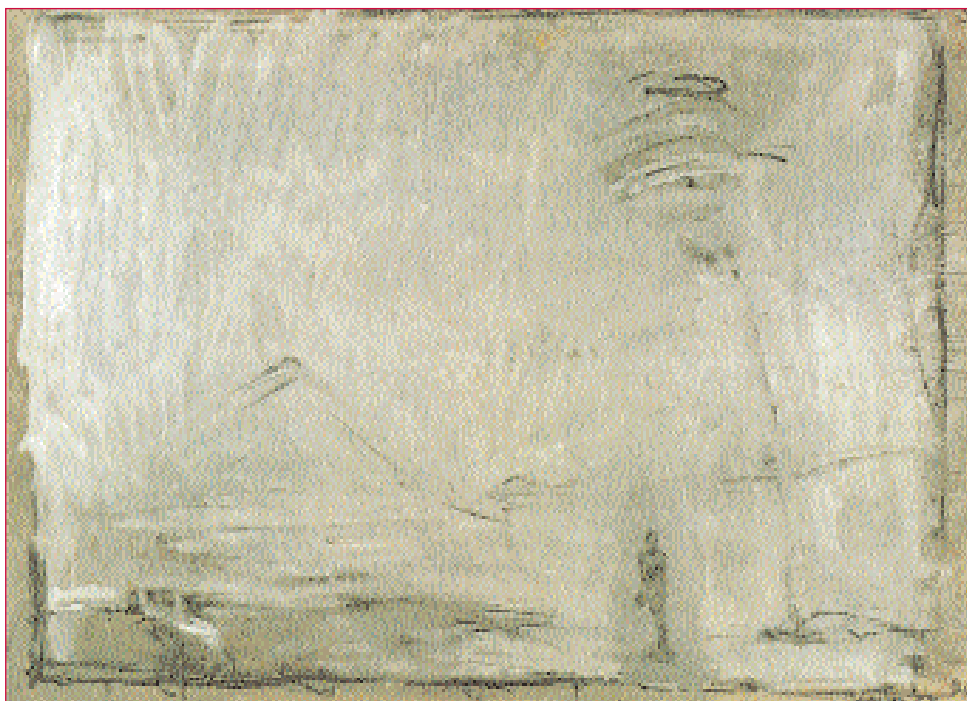
¿Por que falar de ben? De primeiras, quizais, falaremos de ben porque falamos de mal, porque falamos de

peor, de apeoramento, porque falamos de confusión, porque falamos de malos resultados, porque falamos de que non construímo-lo que desexabamos e non imaxinabamos, ou que imaxinabamos e non desexabamos; porque as cousas non nos resultan segundo as nosas esperanzas, porque o en-realidade decepciona o en-esperanza. Pero isto significa entón que as nosas esperanzas están aí, diante nosa, roídas polos nosos desexos e imaxinacións que xamais cesan. Por iso encontramos que algo hai que cambiar na nosa práctica, e temos que cambiar porque, se non, todo o edificio caería pola súa base, e ese edificio é nin máis nin menos que o noso concreto edificio '*corpo de home*', arrastrado sempre —case sempre, mellor— pola ansia anhelosa do amelloramento. Por iso, o paso do en-esperanza ó en-realidade é o que nos abre un portelo á consideración non xa de mellor, de amelloramento, senón de ben, dándoseno-lo ben, polo tanto, entrando nese en-realidade. Todo isto, evidentemente, nun xogo sutil entre razón e vontade.

Porque, é claro, para iso, para ese apeoramento, non pagaría a pena tanto buscar, tanto preguntar, tanto esforzo de actuar, porque o noso empeño non levaría a nada, non desembocaría en ningures. Pero mirémolo máis polo miúdo: ¿non pagaría a pena qué? A resposta xorde axiña: non pagaría a pena *ser*, non pagaría a pena ese longo proceso de ir sendo que desemboca en ser de verdade na realidade. É esencial considerar, pois, que descubrimos e

sabemos ben que somos capaces de máis, que somos capaces de mellor. E esa capacidade que temos, que se nos dá, que se nos esixe, que está implícita na carreira infatigable do preguntar e do responder na acción, que fai parte esencial da nosa práctica, non se nos esixe desde fóra, senón que, ó contrario, nós mesmos nola esiximos para a creación diso que somos: 'corpo de home', porque o decisivo deste non é iso que mundanalmente se lle dá nos seus constrinximentos constitutivos, senón iso que son os enormes graos de liberdade que o constitúen, de xeito tal

que o 'corpo de home', vindo de aí, dos seus constrinximentos, non mira xa ningún pasado evolutivo, senón un futuro creador, con liberdade creativa, dándose naquel o paso definitivo do mundo á realidade. O 'corpo de home', coas súas relacións cos demais e as corporalidades que produce, é o lugar no que dá ese paso: sendo unha parte do mundo, o 'punto vermello' da árbore da evolución², ábrese connosco á realidade, ábreseno-la realidade; vendo o en-realidade, como antes dicíamos, facémonos creadores de realidade. Por iso, o xogo entre o en-esperanza e o en-



Home nunha paisaxe. Alberto Giacometti, 1958.

[somos figuras nunha paisaxe, como me gusta dicir.]

-realidade é así parte esencial desa creación productiva de realidade, máis alá do que, xa desde agora, non nos é senón (mero) mundo.

Este xogo creador ten que ser, xa que logo, unha creación de ben.

Pero, ¿que significa unha creación de ben? Porque creamos, creamos realidade, creamos relacións corporais, creamos relacións con nós mesmos que van configurando iso que somos como 'corpo de home', internamente e nas nosas relacións societarias, creamos corporalidades; somos figuras na paisaxe, como me gusta dicir. E ¿de que maneira pode aí aparecer o ben, ten que aparecer o ben, aparece o ben? Un primeiro barrunto disto obtense na consideración de que nos encontramos anteriormente diso mellor, de que podemos mellor, de que sabemos mellor, de que queremos mellor, do amelloramento contraposto ó empeoramento; dese dicirnos a nós mesmos de contino: fagamos mellor, actuemos mellor, creemos mellor, convencidos de que aí está o noso ser futuro, o noso verdadeiro ser. Un ser, ademais, que en ningún momento deixou de ser 'corpo de home'.

Tódalas consideracións de moralidade non nos marcan aínda de xeito preciso a dirección do ben, pero vemos xa algo decisivo, que teñen como notas esenciais ser algo que non se nos dá en estaticidade, é dicir, niso que nos ofrece

o mero estar no mundo, no puro e mero ser derivado do feixe de constrinximentos que conforma o noso 'corpo de home' —o lugar, pois, onde os constrinximentos, en sorprendente novidade, se abren como liberdade, o lugar onde se dá o paso, profundamente mesturado, de ser-mundanal a ser-en-realidade—, senón que o ben se nos dá no ser, no ser en-realidade. Así, o ben relígaseme co ser, quizais non sexa senón outro nome do ser, a consideración do mesmo ser desde outro respecto, dos aspectos do en-realidade que se dan no seu xogo co en-esperanza.

Porque nesa fluxión, nesa fluencia do ir sendo, que dándonos un en-realidade nos abre á realidade, somos, é dicir, imos sendo. Mais, ¿imos sendo, que? Ser; queremos ser e imos sendo plenitude de ser. Imos camiñando, si, pero ¿cara a onde? Cara a esa plenitude de ser: o 'corpo de home', nas súas propias relacións, nas relacións con outros, na produción das corporalidades, camiña en dereitura a unha plenitude de ser. Consecuentemente, esa plenitude de ser que de forma tan creativa se nos presenta á reflexión, preséntasenos na realidade como o ben ó que aspiramos. Mellor, quizais, o ben que nos aspira.

É verdade que alguén pode dicir que non, que aí non se dá senón un puro relativismo —ou, peor aínda, unha mera chanfaina de palabras—, que o amelloramento ó que nos referi-

2 Remito ás miñas páxinas: "Sobre dónde existe el 'árbol' de la evolución de los seres vivos", en *Origin of Intelligent Life in the Universe*, Villa Monastero, setembro 28-outubro 1, 1998, Varenna (Lecco) Italia (de próxima publicación); e, simplificado: "Atapuerca y el árbol de la evolución", *Alfa y omega*, 8 xullo, 1999, páxs. 3-5.

mos non é senón unha maneira de falar. É posible, pero coido que non é real, e non creo que poida ser así polas relacións que a realidade ten coa verdade. Poida que se diga que son eu, que somos nós os que impoñemos dirección ó amelloramento. Non o dubido, pero ben que así fose, o decisivo está en que, aínda que se cadra só desa maneira, xa a ten; por creada de cabo a rabo por nós que fose esa imposición, sen embargo, con todo e con iso, marca decisivamente o noso reflexionar e o noso actuar, e márcao con algo que semella ser unha dirección, como mínimo un esbozo dun cara a ónde na resposta.

II

¿Cómo establecer de forma cabal a relación entre ser e ben? Máis atrás quedaba só insinuada, pero aínda, creo, non ben establecida; con todo, o dito anteriormente pode ser interesante no que, buscando, atopamos.

Falabamos do amelloramento, do mellor, si, pero aínda non queda fundado o ben. Funda a ilusión, polo que acontece, entón, que a ilusión ten que ser ilusión de mellor, debido a que, vivindo de ilusións como vivimos —pode dicirse que o ‘corpo de home’ é un animal de ilusións—, ¿pódese ter ilusión polo peor? Mellor indica unha comparación, mais aquí só é como un primeiro grao onde aínda non hai outro termo para comparar; falamos de mellor pero parecería que non temos termo de comparación verdadeira, sendo unha ilusión de mellor-ca-antes.

Pero así, sen dúbida, mellor indica xa unha dirección, un camiño, unha fluencia, que nos vén situada no tempo das nosas ilusións, pois nel é onde efectuámo-las comparacións entre o que se nos daba en-esperanza e o que obtivemos en-realidade. Unha fluencia que sinala algo; quizais iso que sinala sexa, precisamente, o ben, en todo caso algo que parece estar máis alá do que temos ó alcance dos nosos faceres, e que no camiño da fluencia, no xogo dos en-esperanza e os en-realidade, semella indicar sempre un máis alá dos nosos en-realidade. Con ese mellor, pois, dáse unha sinalización, pero aínda non queda claro cara a ónde sinala. En todo caso parece sinalar un ‘ben ilusionante’. E temos vontade dese ben ilusionante.

Pero podemos ir máis aló, pois quedáanos sempre unha posibilidade, a de reflexionar sobre quén somos nós, quén somos ó ser iso que somos: ‘corpo de home’, xa que todo o que imos dicindo nestas páxinas ten que ver con el, sae del, é a súa acción, a súa reflexión. Por iso, unha antropoloxía adecuada ó que en realidade somos creo que pode ofrecérno-la luz que buscamos. Desexo e imaxinación son compoñentes esenciais do ‘corpo de home’, e polo xogo que eles nos dan precisamente dicimos esa palabra: mellor; precisamente falamos de amelloramento. Así pois, o desexo, a imaxinación e a palabra, a acción e o preguntarse por ela, recollidas e rexidas no que pode pola razón e levadas adiante pola vontade, son as que sinalan en nós a

dirección do noso camiño, e serán elas seguramente as que nos indiquen iso que ventamos ó final da dirección sinalada, abríndosenos así o camiño que nos leva da ilusión anhelada á realidade, do 'ben ilusionante' ó ben, o cal ha quedarnos marcado para sempre con ese trazo distintivo, precioso, de ser unha ilusión anhelada, de ser algo querido con sede de vontade.

¿Todo unha mera imaxinación? Quizais, repito. Pero ¿é que o 'corpo de home' ten (meras) imaxinacións? É obvio que en todo o demais non, ¿será posible que só aquí —e nalgúns outros puntos que nos tocan de preto, polos que discutimos con paixón, nos que se nos enche a vida— as teña? Os desexos e as imaxinacións son os que nos fixeron vivir, fannos vivir, farannos vivir, dannos vontade de vivir, porque vivir é nin máis nin menos que estar cargado de proxectos, imaxinacións e desexos, o resto, sabémolo, é malvivir. Por eles somos creativos, capaces de quere-lo imposible, e de alcanzalo tantas veces. Endexamais nos deixaremos reducir ó xogo dos posibles: o imposible é o que dá ás decisivas á nosa capacidade de creatividade. Os posibles serían os nosos constringimentos, o imposible a nosa liberdade. E temos sede de liberdade, temos sede de imposibles, temos vontade de imposibles.

Pois ben, quizais nesa sinalización cara a un máis alá ó que podemos ilusionadamente ir é onde está a proximidade ou a igualdade ou o ser outro nome diso que habemos ser, que desexamos ser, que haberemos de ser por-

que aí está o noso ser futuro, o noso verdadeiro ser, e un ser, ademais, sabémolo xa, que en ningún momento deixou de ser 'corpo de home'.

Pero iso significa que o ser é tamén un ser máis alá. É unha fluencia do que vai sendo, pero que nos leva a un definitivo ser; mais un definitivo ser, ¿de que?, ¿de quen?, ¿como? Imos indo, e ese ir indo vainos facendo ser. Hai como un máximo, unha plenitude onde seguir sendo no ser, de ser un si mesmo que nos saca desa fluencia que é a fluencia puramente temporal, porque certamente unha fluencia puramente temporal no ir sendo lévanos de xeito decisivo á corrupción ou á morte —á corrupción e á morte de toda anhelosa ilusión—, e aí, desa fluencia, xorde un desexo de ser, unha vontade de ser, de chegar a ser plenamente, de ser en definitiva unha realidade de ser, e esa realidade de ser sería o que nos marca o ben ó que aspiramos, o cal sería así outro nome desa realidade de ser definitiva, de ser en plenitude. Definitiva no sentido de lugar aspirante, que nos aspira contra si, como ideación máxima, como desexo absoluto, como un lugar último ó que merece a pena ir para ser, o para qué derradeiro de todo facer, o lugar da nosa plenitude, o lugar do noso descanso. Ese ser que desta maneira non é xa meramente un ser temporal, que non é unha ultimidade na temporalidade, senón unha ultimidade na posesión de si, unha ultimidade na plenitude do amelloramento; e esa ultimidade precisamente non se

presenta na frecha do tempo, senón, se vale dicilo así, na frecha do ben.

A plenitude de ser é o noso máximo ben. É o ben definitivo que nos constitúe, e quizais isto si sexa unha apertura ó ser e, asemade, noutro respecto, unha apertura ó ben. E como obvia e evidentemente ese ser que somos, ese ser último, pleno, definitivo que aspiramos a ser e que nos dá o noso propio ser, propio, meu, que nos aspira, ese ser é observado, é dado por un Ser, un ser con maiúscula, un acto de ser que nos fai ser iso que somos, podemos falar da plenitude do noso ser. Se iso é así, como creo que o é, como creo é razoable pensar que o é, porque o ser que somos ten evidente necesidade de fundamento, entón ese acto de ser que somos é doazón do Ser; por iso, ese ser que somos é un ser dado, un ser en plenitude, e da mesma, noutro respecto, é tamén o ben, e nese mesmo respecto acontece que o Ser é tamén o Ben.

Segundo imos vendo, o ben estaría ligado así con iso que se nos dá no ser; o ben aí estaría, pois que finalmente o que se nos dá é o ser. É verdade que como imposible-posibilidade témolo dado desde o principio, xa que sómo-lo que somos, 'corpo de home', coas infinitas posibilidades desexosas, imaxinativas, de fala e sentido, que se nos dan, que nos permiten aspirar ó imposible, crealo, e que, polo tanto, se nos dan de maneira que enxergamos máis, sempre máis. Pero ¿máis que?: a posibilidade de ser, mesmo de aspirar a se-lo imposible, a ser en plenitude. Pero, ¿de ser,

que?: quen imos sendo, e de selo de verdade, de selo finalmente de verdade, e deixárnolo ser de verdade, na plenitude dos anos, na 'completude' da vida, como se dicía dos vellos patriarcas. Ser é decisivo para nós, mais queremos que só sexa o ser en plenitude.

¿Que é, pois, o que se nos dá?: ser. Daquela, ese ser que se nos dá finalmente é un ben, ese é o ben, é o que se nos dá como ben, é o ser que nos aparece como ben, radicalmente como ben, como a profundidade mesma e última do desexoso, do que semellaba imposible; como aquilo que, véndoo como ben, comprendéndoo como ben, discernimos que é unha felicidade sorprendente a que se nos ofrece, a que se nos doa.

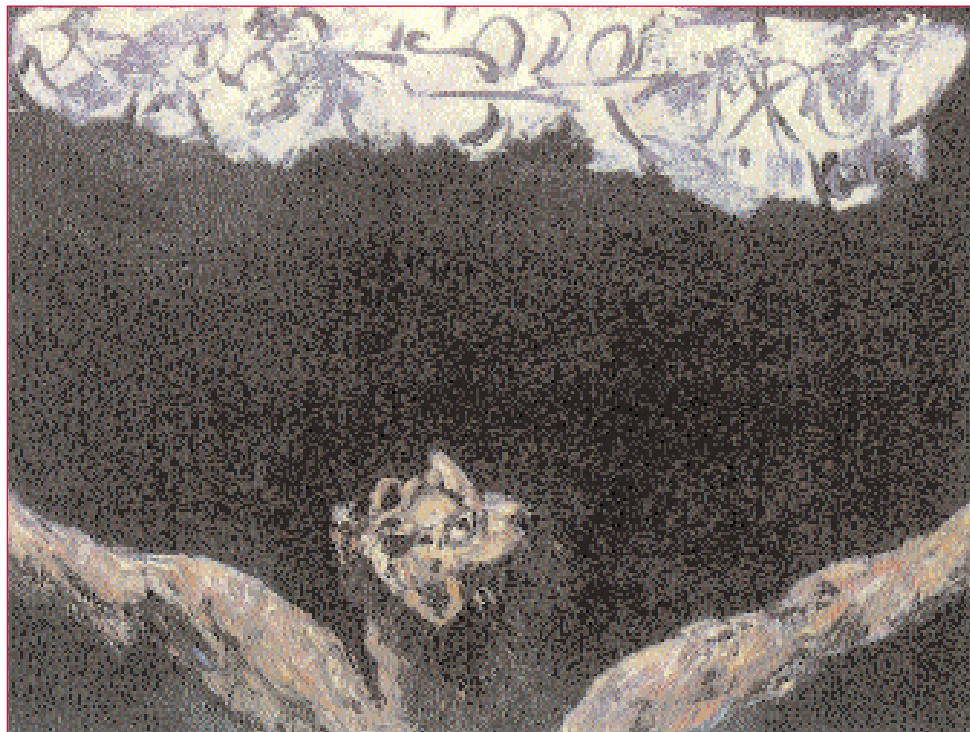
Isto sería algo, quizais, do que toca a esa relación entre ser e ben. Pero resulta entón que a ética non é a busca da felicidade. Non, a felicidade non a atopamos como engadido ó irmos atinando e encontrándonos coa plenitude do noso ser; o vivir énos xa unha felicidade, o ir sendo énos xa unha felicidade, o encontrarse con que ó cabo habemos chegar a ser, con que, sendo, seremos ser que se nos dá en plenitude. Iso é xa unha felicidade, e ademais é unha felicidade que nos vén apuntada, esbozada desde sempre, desde o feito mesmo de irmos existindo, de existirmos como 'corpo de home', de comezar a existir, aínda que se dera o caso terrible de que fosemos un 'monstro', un 'corpo de home monstruoso', o cal, evidentemente, suscita ó momento o problema do sufrimento —podería

dicirse da dor, pero gustaríame reser-
va-la palabra dor ó que ten que ver co
máis animal do noso corpo, da nosa
maneira corpora-animal, de ser corpo,
en cambio o sufrimento sería a dor do
'corpo de home'—, o sufrimento que
sempre nos axexa, que nos fai dicir tan-
tas veces: buscamos felicidade e topa-
mos co sufrimento.

III

O ben, ¿tería que ver co deber?
Coido que non, e paréceme de extre-
mada importancia decatarse de que
non. Vexamos por qué.

O deber sería a actitude racional
de cumprimento-diso-que-atopamos-
-como-esixindo-o-noso-facer-fóra-de-
-toda-vontade, aquilo que encontra-
mos en nós mesmos como un imperati-
vo de absoluta universalidade, de
obrigado cumprimento na nosa racio-
nalidade práctica, sendo aquilo que
debe rexer sempre os nosos comporta-
mentos. O ben dependería en última
instancia, pois, dunha actitude nosa,
mellor, unha actitude nosa porque se
encontra ínsita en nós pero unha actitu-
de que encontramos como obrigatoria
para facermos ben iso que habemos de



El grito. Luciano Díaz Castilla, 1980 [... o sufrimento que sempre nos axexa...]

facер; pero, por máis que se diga que ela é unha actitude de racionalidade práctica, en nada sae da nosa propia práctica ou da nosa reflexión sobre ela, senón que nos atopamos con ela vixiando o conxunto enteiro dos nosos comportamentos e das nosas reflexións sobre eles, planando sempre por riba destes. Xa que logo, o deber sería algo previo ós nosos quefaceres, regularíalos por enteiro, para sempre e na súa mesma raíz; tódolos nosos comportamentos deberían estar ordenados por iso, tinguidos polo deber, coloreados do deber coma do cristal co que miramos, sen o que nin sequera poderíamos mirar, e que é previo a calquera acción. O deber, pois, onde estaría a esencia mesma da moralidade, sería algo que se nos dá como condición previa a calquera acción posible. O deber tomaría posesión de nós mesmos antes de comezarmos calquera acción. Así, o comportamento enteiro da nosa vida individual e colectiva debería aterse á ética do deber. Nesta perspectiva, a ética consistiría no desenvolvemento ordenado das nosas accións rexidas na súa mesma maneira de ser levado por esa actitude nosa de total e definitiva aceptación do deber. O deber sería algo radicalmente noso, en canto que tinguiría calquera acción posible, pero, por outro lado, estaría por enteiro fóra dos nosos desexos, imaxinacións ou palabras, e, sen embargo, regularíalos por enteiro, domesticaríalos. O deber sería o levar tódalas cousas ó reino dos posibles, os posibles que se nos dan, desbotando de raíz e con inusitada violencia os imposibles. Trasladaría ó terreo da

moralidade ou da ética —pois, ¿que diferencia podería agora haber entre ambas?— o que aborrecemos da ‘unicidade do ente’ fronte á ‘analogía do ser’, facendo daquelas o ámbito dos posibles en lugar de facelas o ámbito dos imposibles ós que nos levan desexos, imaxinacións, palabras e accións, todo o que somos e queremos ser como ‘corpo de home’.

Pero coido que non, que as cousas da moralidade e da ética non se nos dan así. Máis aínda, creo que se fosen así, se se nos deran así, a lousa da desgracia nos esmagaría; que toda a creatividade dese estraño e magnífico ser ó que vou chamando ‘corpo de home’, na súa identidade-dual de corpo de home e corpo de muller, desaparecería baixo a acción da tesoiras castradora. Pois, en definitiva, ¿non son estas as mesmas tesoiras capadoras que Jacques Monod quería que utilizáramos para deixar fundamentado de forma cientificamente segura o ‘principio de obxectividade’? Por iso sería tan importante non caermos feridos baixo a súa terrorífica acción, salvaxemente realizada, por riba, coas nosas propias mans. O ben non se nos dá nun deber, envolto no papel do deber, coma se, tropezándonos co pormenorizado ámbito dos nosos deberes, encontráramos que o atérmonos a eles é un deber imperativamente absoluto, e o ben estivera nese aterse.

En realidade, neste xeito de entender a moralidade, o deber sería sempre un deber-ser, e un deber-ser que se daría só no reino da razón

práctica, é dicir, do que habemos facer dunha maneira conducida polo que se supón a racionalidade, no ámbito da cal suplantaría sempre e en todo o ser, ata o punto de que, de darse ese, sería só naquilo que ten que ver coa pura razón, nunca coa racionalidade da nosa acción. Sendo así, o deber-ser ponse fóra do xogo das nosas imposibles-possibilidades que antes consideraba na recreación sutil que se nos daba no paso dos en-imaxinación ós en-realidade. Por onde esta resulta ser unha ética de constrinximentos, en ningún caso de liberdades. É verdade que ese deber-ser regulador de tódolos nosos comportamentos, pero dado de antemán, fóra deles, aínda que normalizador dictatorial de tódalas súas posibilidades, indica, regulándoo, o-que-sempre-e-en-cada-momento-temos-que-facer, coa pretensión de que aí se nos ofrece a liberdade, liberdade perfecta. Pero, pola contra, creo que esa liberdade é unha por sempre inalcanzable liberdade, ata o punto, parece, que se tivera sido alcanzable, non se trataría xa de cumprimento do deber-ser. O deber como imperativo absoluto e universal para unha liberdade absoluta e universalmente inalcanzable.

Deste xeito, queda fixado como liberdade iso que se nos dá como obrigatorio e rotundo constrinximento, do que endexamais poderemos saír. A liberdade fáisenos así o inalcanzable, aquilo ó que nunca poderemos chegar, que temos vedado por sermos quen somos. A liberdade é así unha porta que se nos presenta sempre pechada,

que xamais poderemos abrir; un limiar polo que, nesta vida mortal, nunca transitaremos. A ética do deber resulta, pois, unha visión rotundamente negativa da moralidade da nosa acción, nunca máis dedicada xa á reconfortante busca da *vita beata* ou da felicidade, sempre sabéndose incapacitada para o que supón se-la liberdade. Unha ética, por dicilo de xeito gráfico, do máis negro pesimismo luterano, que deixa todo á 'acción da gracia rotundamente inmerecida', pero que seguramnete nos deixa instalados no máis puro desalento de toda acción-possible, e castrados para toda acción-imposible, separados cortantemente da vontade. Unha ética, ademais, é obvio, que levará ó cabo a unha liberdade que, abafada e aburrida, se considerará en seguida como desligada por completo de todo deber-ser e que, de aí, pensará que todo ser é sempre e só un ser-en-(mera)-liberdade, coma se a liberdade fora só un desliarse de todo o que puidera ser atadura con ese pesante e obsesivo deber-ser que agora nos oprime ata esmagarnos co seu constrinximento de obriga, unha obriga dada para nós antes de calquera elección; así, unha liberdade que, simplemente para ser, deixando de lado ese deber-ser, para desliarse del, e por telo crido previamente —tal terá sido o seu tremendo erro de orixe—, remata por se desligar de toda encarnación, de toda carnalidade, considerando como liberdade algo que en ningún caso poderá ser xa a liberdade do 'corpo de home', senón que, esquecido da realidade das súas propias corporalidades, fará que parta

ás carreiras na procura do unicornio. Polo tanto, unha ética do 'deber da liberdade' coa que hai que romper amarras para que se perda na deriva.

Así, na ética do deber, quizais, o ben non sería outra cousa que levar a linguaxe de obrigas imperativas —¡falsas obrigas!— iso que nestas páxinas vou querendo dicir, e por onde de toda evidencia resultará un fundamental anquilosamento da relación apuntada entre ser e ben, coma se o tiveramos todo demasiado claro, como se as cousas se nos deran de claridade en claridade, o que tampouco aquí é o caso.

O ben, daquela, ¿tería que ver cos valores? Creo que tampouco.

Non é que estea en contra dos valores, nin moito menos, pero coido que por eles non pasa a esencia mesma da moralidade, a cal mira, creo, cara a outros lugares, lugares de ser.

A cuestión dáse en ver ónde os valores están colocados. Eles non son o ben, non constitúen, polo tanto, o punto de busca da ética, pero, evidentemente, penden do que ela termine por resultarnos. Os valores daríanse, por dicilo así, no terreo da moral. Se cadra os valores non son outra cousa senón o que ten que ver coa polaridade última do qué facer e dos quefaceres. Os núcleos nos que van callando o noso qué facer e os nosos quefaceres, unha vez discernidos, non en canto tales, pois entón só terían nome de comportamento, senón en canto que mostradores dunha polarización diferenciada cara á que nos imos ir dirixin-

do. Os valores, así, serían os polos diversificados cara ós que, na nosa reflexión sobre o qué facer e os quefaceres, encarreirámo-lo emperrenchamento racional que dirixe a nosa acción racional da razón práctica. Por iso non hai 'valor', senón 'valores'.

Os valores serían como a concreción encarnada nos varios respectos que nos interesan para a nosa acción futura daquilo que máis arriba chamaba amelloramento. No discernimento dos distintos faceres aliscamos nodos e contranodos. Os nodos supoñemos, e disto imos tendo experiencia, que producirán o amelloramento; os contranodos, pola contra, o apeoramento. De aí, no camiño da ida —porque, habémolo ver, hai un camiño de volta desde o ben—, vanse constituíndo os valores como os lugares polos que teremos que transitar na acción que nos propoñemos; os valores, pois, son cousa nosa, aínda que con toda a enorme complexidade de todo aquilo que é 'cousa nosa'. Serían, así, indicación de camiños seguros —que nos van parecendo seguros— para chegar ós lugares onde ir, ós que pensamos que paga a pena pugar por ir, pois esforzándonos en transitar por eles témo-la certeza racional —emperrenchamento racional da razón práctica, como adoito denominar— de que chegaremos alí onde queremos chegar, ó lugar do amelloramento. E así, por ser unha concreción encarnada, teñen os valores tanto que ver coa construción das nosas corporalidades. Son como os puntos nodais de referencia que nos sinalamos para conseguir

amelloramento de accións concretas e dos seus resultados en corporalidades. Os valores resultan os variados nodos reflexivos dese emperrenchamento racional da razón práctica, o seu destilado último, coma se foran a pancarta que arrastra unha procesión de seguidores, porque lles marca con claridade os obxectivos que se queren para o seu qué facer e os seus quefaceres, polos que se loita, que se imaxinan e desexan como camiño preferente para chegar alí onde se fala.

Xa que logo, non son os valores, nin moito menos, os que ocupan o lugar central da ética. Si ocupan, seguramente, lugar central na moral, mesmo pode que a moral termine sendo unha moral de valores. Pero estes non son algo que se nos dá en ningunha espida obxectividade senón que son destilado último das nosas construcións para a acción, producidos polos nosos propios emperrenchamentos racionais nos que nos facemos fortes niso que imos sendo. No que denomino camiño de volta, cando construíamola ética, partindo do ben encontrado, entón, tamén aquí, teremos que volver sobre a moral dos valores para cohesionalos en coherencia con iso que, entón, será o noso punto central que modere e ilumine todo comportamento.

Pero, entón, ¿serán os valores, e finalmente, a moralidade ou a ética, algo en última instancia reducible a pura e dura socialidade? Ó meu parecer, obrigadamente debo responder que tampouco.

A maneira de pensar aquí empeñada indica algo decisivo, demasiadas veces esquecido: a moralidade é unha das nosas corporalidades, e das máis importantes, pero isto non significa que sexa un (mero) constructo das maneiras societarias de facer. En que isto sexa así como digo nos xogámolo conxunto enteiro do que imos pensando, pois se resulta que todo o que concirne á moral é puro constructo societario, pura e dura invención da sociedade, todo o que veño dicindo é rematadamente falso.

Unha primeira razón obvia é que todo comportamento societario foi e é comportamento de individuos que gañaron a partida e converteron as súas preferencias en corporalidades de acción comunitaria acatadas ou aceptadas por todos —o que dá non pouca modularidade a esa conversión—, impostas para todos, o que tantas veces obriga á disensión. Só non sería así se se retrotrae o comportamento humano a un puro e simple instinto que vai medrando desde o reino animal máis baixo ata o comportamento ético máis refinado, o que, hoxe por hoxe, seméllame un emperrenchamento moi pouco racional, moi pouco defendible, segundo a miña opinión, de maneira limpamente racional.

Pero hai máis. Creo que todo o que coñecemos sobre o que somos empúrranos á posibilidade do paso da pregunta por 'qué é o home' á pregunta por 'quén é o home', paso ó que, ó meu entender, finalmente nos vemos empurrados con absoluta necesidade

racional. É aquí onde o 'principio de obxectividade' —coa autoutilización das súas tesoiras de castrar— revela as súas carencias esenciais, indicando a necesidade dun 'principio antrópico' que nos acompañe ata os límites mesmos da mundanalidade, abríndosenos así o ancho mundo da realidade; onde superamos amplamente a nosa rica instintualidade de corpo animal, para, sendo 'corpo de home', como figuras nunha paisaxe, adentrarnos a grandes pasos e para sempre nesa realidade que se nos aparece agora como creada por nós e para nós. Que sexa así sinala, creo, a construción persoal dos comportamentos morais, aínda que, sempre, sabendo que estes, ó se faceren corporalidades, dánosen como quefaceres recibidos directamente do comportamento societario. Pero a historia indícanos unha e outra vez cómo se dá a ruptura e a construción das corporalidades morais, sempre nun xogo no que o persoal e o colectivo se aúnan de maneira case inextricable. Tamén aquí se dá o xogo de circularidades: dánosen que teñámo-la posibilidade de recrear ata o imposible, e esa recreación de novo é un dárseos; o que tanto xogo proporciona, un novo episodio do xogo entre constrinximentos e liberdades.

¿Caeremos, por aí, no escepticismo de que todo vale, de que todo é igual, de qué máis dá? Claro que non.

O escepticismo todo o rebaixa, pero non sinala ren, non indica ren, non abre porta ningunha, nin sequera a imposible porta do desexo, senón que as pecha. Destrúe, non constrúe.

Descreativiza, non crea. Por temor ó sufrimento, desconfía da felicidade. Poderíase pensar que a moral e o ben non sexan máis que esencia mesma da raza, da animalidade. Non. Poderíase pensar que a moral e o ben non sexan máis que unha introxección dentro do noso comportamento, do noso dicir, do noso falar, do que a sociedade pensa, pero isto é unha sandez, pois a sociedade pensa porque antes foi pensado por 'corpos de home'. Iso paréceme que non ten sentido ningún.

É verdade que moito do que somos, do que imos sendo, do que amelloramos, se nos dá no xogo das circularidades, en retrocesión, dánosen en relación, dánosen en corporalidade, por suposto, pero a punta última da eticidade, da moralidade, da filosofía da moral, da filosofía do quefacer, da ética, é unha imposible-posibilidade, e esa punta é, para nós, unha verdadeira realidade. É algo ó que podemos aspirar, é algo que nos arrastra, que nos sorbe o siso. É algo ó que decididamente imos; é algo para o que témo-la enteira vontade. Pero todo isto nada ten de escepticismo, en nada pode parecerse a este: é emperrenchamento racional.

¿Será, finalmente, que a ética debe levarse a ese lugar do indicible, do místico, fóra do muro pechado do que ten un dicir de racionalidade? Xaora que non.

Case polos mesmos anos en que Miguel de Unamuno escribía marabillamente *El sentimiento trágico de la vida*, Ludwig Wittgenstein realizou

unha arriscada operación coa razón. Viu con claridade que a razón está ligada de xeito inextricable con proposicións, que é nelas onde se dá o uso da razón, pero que, sen embargo, non tódalas proposicións son constitutivas de racionalidade, senón só aquelas que están ben construídas, ben construídas segundo a lóxica, que só elas teñen sentido, e que as outras, as demais, tódalas demais, son proposicións sen sentido, vans ruídos cargados de aire. Wittgenstein construíu un solidísimo muro dentro do que quedaban pechadas as proposicións con sentido, as construídas de maneira lóxica, as que producen coñecemento, aquelas que constitúen a ciencia. Os nosos dicires sobre o mundo están aí, pechados dentro do muro. Ningún dicir sobre o mundo con sentido, isto é, os dicires que de verdade digan algo sobre o mundo, se atopa extra muros. Intra muros, pois, non é que se atope o mundo, nin moito menos, senón os nosos dicires con sentido sobre o mundo, velaí o elenco global, infinito, seguramente, de tódalas frases posibles que teñan ou vaian ter sentido.

Certo que Wittgenstein, construído o muro —muro no que quedaban pechados os que querían vivir no mundo—, no canto de se pechar con el, como fixeron os seus ‘discípulos’ do Círculo de Viena, e tantos con eles, deuse présa en saír extra muros, que é onde el quería vivir, ámbito onde atopaba a vida de verdade, a que lle pagaba a pena vivir. Pero, feito todo isto, acontecía que dese ‘ámbito (de realida-

de)’ no que a el lle merecía a pena vivir, no que tiña vontade expresa de vivir, tiña todo agás unha cousa: a palabra. Por efecto da súa xenial construción, Wittgenstein ficaba fóra do muro, ceibe, liberado, pero sen razón, sen ‘saber’, porque si, nun ámbito que desta maneira si é o da vida, pero, asemade, é o puro ámbito da irracionalidade, onde atopa o seu vivir, a ética, a estética, a relixión, a amizade, a aventura, e tantas cousas máis, todas elas sumidas agora, sen embargo, nun reino de silencio: sen palabras. Ámbito onde non hai razón, onde non hai palabra; balbordo si, aínda que el persoalmente non era alguén dado a este, pero de certo que non palabra razoable, proposicións con sentido, saber, coñecemento de mundo: e sobre o que non se sabe, o mellor é calar. Nube do non saber, ámbito do inexpresable, unha vez que, con Wittgenstein, non se quere ser irracional falando do que non se pode falar. Pero, facendo tal cousa, dividindo o mundo na súa zona intra muros e na súa zona extra muros, o mundo wittgensteiniano devén, na miña opinión, un mundo de irrealidades, pois toda realidade ten palabra, máis aínda, deberemos dicir que, de verdade, a realidade é creada pola palabra.

Ese muro tan laboriosamente construído por Wittgenstein caeu hai moito. Era o muro dos unicornios. Pois os emperrenchamentos ós que aquí me refiro —coa terrible ambigüidade que sempre arrastran consigo, pois ningunha acción da razón camiña ‘de verdade en verdade’, o cal nin de lonxe

significa que o problema da verdade non sexa algo decisivo e central, algo informulable, algo irresoluble, xa que sen a 'busca da verdade', sen a 'verdade encontrada', tódalas demais palabras caen en ruidoso marasmo de irracionalidade—, tamén son racionais, tanto como poidan selo os da máis rigorosa lóxica ou os que constrúen as teorías científicas máis aceptadas, hoxe, pola comunidade toda dos científicos.

O noso, polo tanto, é ser e ben. No título destas páxinas fálase da pregunta polo ben, pero, en cambio, non se di: a busca da felicidade. En ningún caso, pois, como indiquei antes, trataríase de que haxa unha felicidade, e que o ben consista en ir cara a aló, que o do ben consistiría en buscar e atopar a felicidade.



Ludwig Wittgenstein, filósofo austríaco que examinou a relación entre a linguaxe e o mundo.

de. Outra cousa distinta será que preguntando polo ben, de súpeto, encontremos que iso é unha gran felicidade. Claro que o que acabo de dicir ten o perigo de caer nesa especie de ver tan rigorista do kantismo, o que aborrezo moito.

Preguntamos, pero ¿por que preguntamos? Porque temos impulsos en nós, porque temos desexo de facelo, porque temos imaxinación, porque, de non o facer, aburriríámonos, porque o desexo nos empurra —é certo que algunha vez haberá que falar, aínda que polo de agora non o entendo de maneira clara, non só sobre o desexo, senón tamén sobre a inhibición—. Ese desexo ó que me refiro é un desexo filosófico, non un desexo puramente carnal, de mera carnalidade; é un desexo tamén de razón, é un desexo de entrever, de enxerga-lo entrevisto e corricar por alí, é un desexo de xogo, é un desexo de amplitude, de amplitude imaxinativa, é unha vontade de desexo; é verdade que se trata dun desexo carnal no sentido de que expresa algo que nos configura no noso propio ser 'corpo de home', pero non é un desexo de mera carnalidade —mais, ¿algo no 'corpo de home' é mera carnalidade?, só podería selo aquilo que responde á pregunta de 'qué é o home', e non de 'quén é o home', aínda que, mirado de preto, nin sequera iso é pura materialidade—.

Ese desexo non é, sen máis, desexo de felicidade, e tampouco acontece que, polo de agora, nese camiñar noso empurrado por unha especie de terror

rigorista, finalmente nos leve a algo que sexa a felicidade. Non, non creo nesa felicidade que é só final, como non haxa felicidade en cada un dos desexos, das imaxinacións, das accións, como non haxa xogo precioso, gracioso, en todo o que facemos, enchéndonos por dentro e, en definitiva, facéndonos felices, e deixa-la felicidade ó que atoparemos ó final de camiños profundamente infelices e aterrorizados polo deber, no meu pensar é puro engano. Todo o noso é vontade de desexo, vontade de felicidade. Claro está que non todo é desexo gracioso e camiño de rosas, simplemente, quede claro que a concepción aquí apuntada nada ten que ver cun rigorismo do deber, que ó cabo tería como premio a felicidade, o que sería entón o ben. Non, diso nada.

IV

En todo o que concirne á cuestión do comportamento e dos seus criterios, polo tanto, teremos que nos ater a tres ámbitos; ámbitos distintos, aínda que estean estreitamente relacionados entre si.

A moral, por un lado, onde se trata das cousas referentes ós qué facer e os quefaceres, e o xuízo e criterios de discernimento para tomalos ou deixalos na futura acción, que podería chegar a constituír, quizais, algo así como unha 'moral dos deberes'. Aquilo que, vistas con coidado as cousas do qué facer, nos impoñemos como resultado cabal das nosas accións sucesivas e, feitos corporalidades, aceptamos como aqueles quefaceres que regulan e facili-

tan a nosa vida; aínda que, por suposto, hai aquí continuas correccións en retroactividade, e tamén —¿como ía ser doutro xeito?— emperrenchamentos racionais. Por suposto que, se ben aquí, como xa anunciei, só poño énfase nos aspectos máis individuais da cuestión, deixando para outra ocasión os decisivos aspectos societarios, esa 'imposición' e ese 'emperrenchamento' a que acabo de referirme levan consigo un xogo de extremada sutileza entre os aspectos individuais e societarios do discernimento do comportamento da acción e dos seus resultados. En todo caso, será un primeiro esbozo do ver ónde-me-leva-en-realidade-a-miña-acción-de-comportamento, en qué nos afastamos do que, con ela, queríamos en-esperanza, qué estamos construíndo (e destruíndo) con ela. Quedarmos aí sería demasiado curto, pero agora as nosas preguntas buscarán aspectos de maior xeneralidade, non tanto en, por así dicir, cada grupo de comportamentos que nos impoñemos e no que nos emperramos nunha maneira de facer, senón en cuestións da xeneralidade do facer do comportamento como acción global nosa.

Nese camiñar preguntando, polo tanto, vén logo a moralidade, onde nos enfrontamos coas maneiras radicais deses qué facer e quefaceres que se van facendo corporalidades como froitos da nosa ininterrompida acción, pero abstraéndonos agora desa concreción das consideracións morais sobre ela e as súas concretas consecuencias; onde se nos formularán con suficiente

xeneralidade as cuestións referentes ó suxeito moral —suxeito individual e suxeito societario, colectivo— e a dirección global do que vai sendo a nosa acción comportamental e do que busca en verdade, así pois, do ver a-onde-medirixe-unha-acción-que-co-meu-comportamento-desvela-quén-vou-sendo-de-verdade; e en canto é aí onde se fai esa reflexión que leva máis alá dos actos morais, tería que ver, seguramente, coa cuestión das preferencias racionais de quen se sabe suxeito volitivo dos seus actos e preocupado da súa maneira voluntaria de actuar, é dicir, tería seguramente que ver cunha ‘moralidade das virtudes’. Porque é aí onde descubrímo-los nodos e contranodos que sinalan os puntos de coagulación ós que debe referirse de contino o noso propio comportamento na súa xeneralidade; por iso a moralidade ten que ver de maneira moi especial co suxeito desa acción, que é quen asume e ordena os ditos nodos como lugares que sinalan a dirección global que voluntariamente toma para o seu comportamento. De novo aquí deben darse as consideracións do suxeito individual e do suxeito societario. E dos sutís xogos que se dan entre ambos, porque esa voluntariedade non significa unha liberdade sen asidoiros; tamén aquí se dá o xogo entre constrinximentos —aquilo que o societario pon para impoñernos— e liberdade —aquilo que poñemos para safarnos do societario ou para mudalo—, nunha singular loita de emperrenchamentos.

Por fin, a ética, onde nos responderíamos con toda a súa forza á pregunta polo ben, pregunta qué nos apareceu en crecente indicio nos dous ámbitos anteriores; a cal, pola súa vez, ten como dous vertentes, pois é o pináculo do que todo o da moralidade e da moral pende para existir como tal e é tamén o final dunha pirámide que se constrúe na moral e logo se adelgaza xa na moralidade, tendendo cara a ela que é o seu vértice, o vértice que a culmina e sostén, por onde de novo se nos ofrece o xogo da circularidade. Porque albiscamos cómo, finalmente, é o ben o que regula o xogo enteiro dos tres ámbitos, xa que nel é onde encontramos que se nos dá o para qué último de toda a nosa acción: actuamos sempre para ser en plenitude, ou, polo menos, en relación con esa idea regradora de ser en plenitude, pois podemos, evidentemente, querer con vontade decidida desentendernos diso e mesmo desregularnos por completo.

¿Por que é importante esta distinción dos tres ámbitos? Porque nos interesa a cuestión do suxeito, do quen imos sendo niso que son qué facer e quefaceres. Pero, sobre todo, porque a ética ten que ser incontaminada, pois ten que ver coa finalidade, cos para qué diso que imos sendo. Porque a ética ten que ver co final dos nosos desexos e imaxinacións, das nosas palabras e razóns, coa consubstancialidade última dos seus resultados; ten que ver coas imposibles-posibilidades que se nos fan realidade. Porque a ética ten que ver coa realidade, co ser, co que, sendo,

chegamos a ser e somos. Porque a ética ten que ver, en definitiva, con ese ser que, como 'corpo de home', hei ser en realidade. Por iso a ética ten que estar incontaminada do que vaian sendo os nosos comportamentos, e mesmo do que vaian sendo as nosas reflexións sobre eles. Non é que non teña que ver con eles, pero non é, sen máis, algo así como o seu derradeiro destilado, nin sequera o seu presuposto que haberá de nos rexer con man férrea. Incontaminada porque será ela a que, ó cabo, orientará e xulgará comportamentos e reflexións sobre estes; porque ela xulgará toda moral e identicamente toda moralidade, xulgará todo deber e toda virtude, incluída, claro está, a xustiza. A última palabra será a súa, porque a súa é a palabra do ser en plenitude.

Pero, nótese a importancia do que segue, esa palabra nunca deixará de ser tamén palabra nosa, palabra encarnada de 'corpo de home', como son sempre tódalas nosas palabras. E por selo será alcanzable pola acción racional da razón práctica, polo menos como o que se ve desde o portelo, o que imos vendo cando descendemos desde el cara ó outro lado da ladeira da montaña. Nada ten dun mero deber de imposición, nin dun mero valor do que nos valemos, nin dun mero constructo, senón que ten que ver coa última resposta á nosa pregunta definitiva por 'quén son', por 'quén somos', sen xamais, por iso, saírnos do noso 'corpo de home'; ten que ver con aquilo que, como o que somos, 'corpo de home', habemos chegar a ser sen nunca deixar

de ser 'corpo de home'. É o respecto dese noso ser en plenitude que ilumina desde o seu propio ser iso que imos sendo, que aspiramos a ser, que desexamos ser, que imaxinamos ser, que é o ser último dos nosos dicires, das nosas lérias, que temos vontade de ser, e ese respecto é o ben. Un ser en plenitude, polo tanto, que nos é dado e que, co seu respecto de ben, marca a dirección global e última de todo o noso camiñar e de toda reflexión sobre o noso camiñar. Por iso a 'ética como preguntar polo ben' é o pináculo do que todo comportamento e reflexión sobre eles pende, sen que, como ética do 'corpo de home' que ela é, teña nada que ver cunha imposición foránea, senón que, tamén acá nun xogo de circularidades, é o final desa construción piramidal, porque, como é obvio de ver, sen os nosos comportamentos e a reflexión sobre eles non cabe ética ningunha, polo menos unha que sexa a ética do 'corpo de home'.

E agora, seguramente, témo-los elementos para, deslindando, tomar partido na discusión nas cuestións que tocan as diferentes liñas de eticidade. Como levamos visto, é a moralidade o lugar onde se conxuga o que, na xeneralidade do noso comportamento, se dá nese amor que ten que ver coa tribo, coas tradicións, pois somos tribo, somos tradición, pero non quedamos nin en tribo nin en tradición; tampouco quedamos pura e simplemente nunha moralidade da xustiza. Como se defende nestas páxinas, é o ben e non a xustiza o principal, o decisivo, o que rexe

todo o conxunto, pois, con respecto ó ben, a xustiza é, á vez, previa e un derivado; a xustiza, quizais, non sexa outra cousa que a reflexión primeira diso que xa entón, como vimos, nos aparece como a 'frecha do ben' que se dá no camiño cara á ética, e a refracción ou o reflexo do ben que se dá no camiño de volta desde a ética, nese treito do camiño global da ética que é a moralidade, a cal, pola súa vez, se monta sobre a moral dos comportamentos e tira dela.

A xustiza pode cambiar, a xustiza ten moito de consenso, aínda que non todo nela é consenso, porque se o fose, se o tivese todo de consenso, na pirámide que debuxamos non habería estirón cara a arriba, cara á ética, cara ó ben. Porque unha moralidade que se peche na xustiza —converténdoa en (mera) xustiza—, pecha o camiño a esa consideración da plenitude do ser que como 'corpo de home' somos no seu respecto de ben. Pechándose na xustiza, ademais, os seus efluvios descendentes á moral, tinguindo de (mero) xusticialismo-de-pesantez os nodos e contranodos dos que antes falabamos, facendo que, por así dicir, o único valor, que se repite en cada un dos valores, o único deber, sexa sempre a (parcialidade da) xustiza e só ela; por iso, se así fose, a única liberdade nese caso sería sempre unha liberdade do consenso. O balanceo da xustiza, froito dunha común pesantez que regule a balanza, sempre na procura dos seus consensos, sempre no xogo de basculación que conxuga tódalas posibilidades entre o 'meu' e o 'noso', buscando dig-

nos apaños racionais e consensos, por máis que cheguen a ser incluso irracionais, sería quen dera o ton global da moralidade; pero daquela non habería ningunha referencia sería ó ben, e isto podería ser así porque, evidentemente, non cabería falar de ningunha 'plenitude do ser', e moito menos aínda dunha 'completude do ser'. Unha moralidade da (mera) xustiza, claro é, que se pechou á ética, ou que converteu a ética nunha (mera) moralidade do suxeito xusticeiro e consensual; e faino porque, creo que inxustamente, decidiu que non hai *posibilidade* racional ningunha dun 'falar do ser'. Pero, entón, ¿onde queda o noso inmensamente divertido xogo das imposibles-posibilidades?, ¿non se supón como algo adquirido para todos que, contra toda verdade, utilizamos xa aquelas famosas tesoiras?

Pero o noso era ser e ben. Nese cadro, así como a ética era a busca do ben, tamén nós poderemos agora dicir da moralidade que é a busca da xustiza, pero unha xustiza que está engarzada na fluencia da 'frecha do ben'. O cal ha supornos, logo, establece-las pertinentes relacións entre ética e moralidade, entre ben e xustiza. Porque onde se produce o pechamento non é na moralidade, senón na ética, é dicir, nese respecto de ser que é o ben.

Os actos en que se desenvolve a nosa acción comportamental, nos que se deu o paso do qué facer ó quefacer, convertido este, ademais, en corporalidade, son un conxunto no que tódalas relacións con nós mesmos e cos

demais, mesmo as nosas relacións cos nosos compañeiros mundanais e con todo o que é o mundo, póñense en xogo. É aí onde se dá ese xogo de equipotencias, de compoñendas prudenciais, de sopesamentos, de reparticións intelixentes e cheas de discernimento, de sopesamento de consecuencias e obxectivos en que consiste a xustiza. Porque somos de maneira absolutamente esencial e necesaria seres en sociedade necesitamos ese xogo complexo que é o da xustiza. E, non se esqueza, somos seres en sociedade en canto se nos dá o ser ‘corpo de home’, sen deixar de selo en todo o tempo que nos mantemos en vida. Non cabemos de ningún xeito no individualismo, incluso cando estamos radicalmente sós. Aí, nese ámbito societario e de construción de corporalidades é onde se dá a pregunta pola xustiza. Xa que logo, un dar a cadaquén o que é seu de extremada sutileza, pois sendo todos nós de nós todos, nada é esencial e soamente noso.

V

Ata aquí foi a nosa unha construción da pirámide das nosas reflexións sucesivas verbo da nosa acción comportamental para chegar ó seu pináculo: o ben. Era un preguntar que se foi perfilando máis e máis na resposta, desde comezos aínda confusos e principais, como o que rematou sendo: unha resposta que acadou o ámbito do ben. Pois o importante está en que desde o comezo da reflexión aparece en embrión iso mesmo que logo veremos en toda a súa claridade, iso que logo se

manifestará como o que en verdade é, polo que, xa desde esa mesma orixe da reflexión sobre os comportamentos, esta queda tinguida polo ben, pois desde entón amósase como un preguntar polo ben, do que, sen embargo, só logo, ó final, tras non pouco esforzo, daremos falado con sentido. Isto deu-nos ocasión de ver todo o camiño realizado coma se este se tendera non nunha ‘frecha do tempo’, senón nunha ‘frecha do ben’; polo tanto, unha frecha que apunta ó vértice da pirámide. Atópase alí, nel, recollido, unido, cohonestado, composibilizado, todo o que fomos vendo da consideración da nosa acción comportamental. Valería aquí, coido, esa imaxe tan plotiniana —se ben entendendo que a miña é sempre unha racionalidade en rede, polo tanto, profundamente distinta no seu conxunto— dos innumerables raios que no centro do círculo se funden en radical unidade.

Non chegamos así a unha ‘definición’ —e que como tal sería meramente baleira— do que sexa o ben, ben ó contrario, no que el sexa fixemos intervi-la reflexión última e de máis en máis xeneralizadora de toda a acción moral e a consideración sobre o suxeito desa acción. Nos sucesivos xogos dos en-imaxinación ós en-realidade, descubrimos que se dá en nós a imposible-posibilidade dun ir alén que, no seu límite, funda ese ser en plenitude que en verdade somos. Máis aínda, puidemos albiscar que ese pináculo derradeiro era o para qué de toda a construción, empeñado xa desde o comezo como

algo que nos marca un cara a ónde do conxunto enteiro da nosa acción comportamental, o cal é comprendido na nosa acción reflexiva sobre ela, se a levamos, é verdade, ata as súas derradeiras consecuencias racionais. Así e todo, non perdemos de vista algo obvio, que só bosquexamos aquí os sucesivos pasos dese camiñar, as sucesivas pezas engarzadas nesa frecha, e que queda, por suposto, a presentación esmiuzada do aquí simplemente apuntado no seu bosquejo racional, importante se se quere en canto é quen de situarnos e balizarnos un terreo difícil, e facéndoo direccionalmente, pois o balizamento resulta ser a xeito de frecha, pero que só é iso, un simple bosquejo.

Unha vez dilucidado, mesmo se cadra atopado, o que sexa o ben, entendemos que o descrito ata o de agora é só un camiño de ida desde a moral ata a ética, interpretándoo como preguntar polo ben. Sabendo xa cál é o lugar onde se atopa a fin dese decidido preguntar, é dicir, unha vez constituída a ética, quedaríanos iniciar un camiño de volta que, desde a ética, pasando pola moralidade, descenda ata a moral. Pois debemos preguntarnos no presente por ónde se dan os pasos e as conexións entre o ben e a xustiza, por ónde tecen as súas relacións a xustiza e o ben, a ética e a moralidade. Utilizando de novo a imaxe plotiniana —coa salvidade, repito, de que a miña racionalidade é en rede—, do centro único proceden tódolos raios do círculo, como en perfecta referencia a el, por ben lonxe que

cheguemos seguíndoos. Na pregunta polo ben, todo foi nun comezo unha dura ascensión, desde os primeiros tatexos ata a plenitude da resposta. Pero todo camiño, en acción de circularidade, é de ida e volta; quedaría agora, pois, iniciar-lo camiño de descenso, pero por hoxe o tempo vaise esgotando.

Por iso, ó cabo xa, a moral, en contra do que dicía primeiramente, queda 'atrapada' pola ética, como os extremos dos raios, que agora seméllannos perfectamente referidos ó centro do seu círculo. No camiño de volta descubrimos, pois, que todo el no seu conxunto foi unha construción ética, que nel todo resulta ser do ámbito da ética, pendente da ética, a cal, deste xeito, finalmente, engloba moralidade e moral. Ó principia-la reflexión sobre a acción comportamental, buscabamos camiño, abríámolo rozando ribazos; chegados ó lugar do seu descanso, entendemos que todo el é o camiño do ben, por iso, aínda que agora o tommos como camiño de volta, xa nunca deixará de ser para nós, sen máis, 'o camiño do ben'.

Nótese, finalmente, que no empeño de percorrer ese camiño, na súa dobre modalidade de camiño de ida e camiño de volta, aínda que sexa difícil camiño de reflexión, non por iso esqueceremos algo decisivo, que é a vontade —na que se conxuntan desexo, imaxinación e palabra— a que nos arrastra con poder cara á plenitude do ser (cara ó ben). Por iso hai que dicir, con palabra terminal, que de maneira

absolutamente radical o ben é cuestión da vontade, da vontade do 'corpo de home'.

Madrid, 26 de marzo de 2000

BIBLIOGRAFÍA SUCINTA

(tirando dela chégase a case todo)

Camps, V., O. Guariglia, e F. Salmerón (eds.), *Concepciones de la ética*, Madrid, Trotta, 1992.

Cortina, A., *Ética mínima. Introducción a la filosofía práctica*, Madrid, Tecnos, 1986.

Dussel, E., *La ética de la liberación. En la edad de la globalización y de la exclusión*, Madrid, Trotta, 1998.

Fernández, A., *Teología Moral*, vol. I, *Moral fundamental*, Burgos, Aldecoa, 2ª ed., 1995.

Guariglia, O., *Moralidad. Ética universalista y sujeto moral*, Bos Aires, FCE, 1996.

Libéraux et communautariens, textos reunidos e presentados por André Berten, Pablo da Silveira e Hervé Pourtois, París, PUF, 1997.

Mella, P., *El conflicto social en la teoría crítica de Jürgen Habermas*, Lovaina-A Nova, Université Catholique de Louvain, 1999.

McIntyre, A., *Tras la virtud*, Barcelona, Crítica, 1987.

Rawls, J., *Teoría de la justicia*, México, FCE, 1978.

_____, *Liberalismo político*, Barcelona, Crítica, 1996.

_____, *Justicia como equilibrio* [recompilación de artigos realizada por M. A. Rodilla], Madrid, Tecnos, 2ª ed., 1999.

Rescher, N., *Razón y valores en la Era científico-tecnológica*, Barcelona, Paidós, 1999.

Rhonheimer, M., *La perspectiva de la moral. Fundamentos de la Ética Filosófica*, Madrid, Rialp, 2000.

Sen, A., *Sobre ética y economía*, Madrid, Alianza, 1989.

Singer, P. (ed.), *A Companion to Ethics*, Oxford, Blackwell, 1991.

Taylor, Ch., *Philosophical Papers*, vols. 1 e 2, Cambridge, Cambridge University Press, 1985.

_____, *La ética de la autenticidad* [*The malaise of modernity*], Barcelona, Paidós, 1994.

_____, *Fuentes del yo. La construcción de la identidad moderna*, Barcelona, Paidós, 1996.

Tugendhat, E., *Problemas de ética*, Barcelona, Crítica, 1988.

_____, *Lecciones de ética*, Barcelona, Gedisa, 1997.

Walzer, M., *Las esferas de la justicia. Una defensa del pluralismo y la igualdad*, México, FCE, 1993.

PENSAMENTO RELIXIOSO NO SÉCULO XX

Manuel Cabada Castro*
Universidade Complutense
Madrid

As ideas e os pensamentos non se atañen á cronoloxía, aínda que é verdade que esta pode provocar no ser cultural que é a persoa humana determinados momentos fortes que fan que se pense nela ás veces dunha maneira non cotiá. Os comezos e fins de ano, de século ou de milenio (aínda que sobre estes últimos —os milenios van máis a modo— a humanidade da era cristiá non ten moita experiencia) están por iso adobiados de determinadas mitoloxías que expresan angustias, medos, esperanzas, etc. Óllase cara a adiante, pero tamén cara a atrás. Isto último, a ollada retrospectiva, é tamén sempre importante, porque o futuro baséase sempre, quéirase ou non, nun pasado que en realidade endexamais é totalmente pasado senón que segue a estar presente na conciencia ou na lembranza do que se introduce no porvir.

As ideas relixiosas son elemento constitutivo da cultura humana, entendida esta no seu sentido estrictamente antropolóxico, e están por iso, como o conxunto da cultura mesma, sometidas

a cambios, evolucións, resistencias, transformacións, etc., que non son *a priori* perfectamente deducibles. Ó meu modo de ver, a relixiosidade (entendida no seu sentido máis amplo) do século XX ten unha forte dependencia interna dos grandes movementos ideolóxicos e políticos que xurdiron no século anterior. Abonda con pensar en nomes como Feuerbach, Darwin, Marx ou Nietzsche, etc., —por non falar de Kant, que, en calquera caso, vive aínda a comezos do século XIX—, dos que non se pode dicir que nada teñen que ver co ocorrido ideolóxico, política ou relixiosamente no século que segue á súa persoal biografía no XIX. Os conflitos da relixión —entendida esta sobre todo na súa maioritaria concreción cristiá occidental— coas novas ideoloxías evolucionistas, sociais ou desmitificadoras de determinados modos tradicionais de pensa-la divindade ou a relixión, non se limitan, por conseguinte, ó século no que viven os seus ideólogos, senón que adquiren un pulo moi importante ó longo de case todo o século XX. Non se esqueza

* Profesor titular de Filosofía.

concretamente que o movemento comunista (de tan destacada proxección ideolóxica e política en tódolos continentes) —que ten a súa orixe no pensamento de Marx e Engels— se estende en Europa por case todo o século XX ata o inicio do seu declive, simbólica e historicamente expresado na caída do muro de Berlín hai só unha década. Por outra banda e respecto de Nietzsche, que morre no ano 1900, no abrente mesmo do século XX, hai que dicir que o seu influxo ideolóxico abrangue todo este século, e segue a ser forte aínda a súa presenza na actualidade.

Pois ben, Marx e Engels aprenderon de Feuerbach a ve-la relixión ou a divindade como mera proxección da humanidade, se ben tal proxección era pensada por ámbolos dous de maneira máis directamente relacionada coa situación social ou infraestructural como simple consolo ultraterreo ou como aliada, consciente ou non, da mesma opresión capitalista. Fronte a tal situación era preciso actuar política e revolucionariamente. Neste sentido será Prometeo para Marx “o santo máis nobre do calendario filosófico”, dado que o mitolóxico titán soubo rebelarse “contra tódolos deuses celestiais e terreaus que non recoñecen a autoconciencia humana como suprema divindade”. Non pode haber dous soberanos. Hai que escoller entre o home libre ou Deus. Este (como toda ciencia ou comportamento que faga referencia á divindade) é para Engels absolutamente superfluo, dado que os problemas

humanos atopan todos a súa solución nas ciencias da natureza e da historia.

A Nietzsche, pola súa parte, non lle preocupaban, coma ós fundadores do marxismo, estrictamente os problemas sociais (estes eran asuntos da plebe, que só debía dar paso ós grandes individuos, ó ‘superhome’), pero si e moito os problemas da vida e da existencia individual. E é aquí onde Deus para Nietzsche non só é superfluo senón verdadeiramente hostil, verdadeira ‘contradicción da vida’. O Deus dos cristiáns é así, segundo Nietzsche, todo menos algo ‘divino’, é algo ‘absurdo’, ‘daniño’, ‘inmoral’, un ‘atentado contra a vida’, un ‘deus dos enfermos’. Por iso un deus así tiña que ‘morrer’ para deixar paso a un home dono de si mesmo. É así tamén como a nova da ‘morte do vello Deus’ se converte en ledicia desbordante para os ‘filósofos e espíritos libres’, porque deste xeito, coa súa morte, ábrese para a humanidade un novo horizonte de inéditas posibilidades.

Esta concepción dunha divindade ‘concorrente’ —para dicilo dalgunha maneira— co home queda así fixada, tanto no nivel teórico como social, para un gran número de mentes pensantes como algo que se acepta sen máis e sen a penas resistencia. Por outra banda, a imaxe da divindade coa que operaban tanto Marx ou Engels coma Nietzsche non era totalmente allea a determinadas concepcións presentes de feito na sociedade. A realidade é, en calquera caso, que en non poucos pensadores do século XX se mantén este esquema

ideolóxico da relación ‘concorrente’ ou competitiva Deus-home. Así, por exemplo, na crítica que fai E. Bloch a un Deus pensado por el como ‘teocrático’, ‘superposto’, ‘amo’, etc., ou nas formulacións, explícitas ou implícitas, relacionadas coa divindade ou a relixiosidade humana, tal como aparecen en autores como Sartre, Merleau-Ponty, P. Valéry, etc.¹

A esta visión ‘concorrente’ da divindade fronte ó home, que se ergue como crítica da relixiosidade tradicional, vai xuntarse así mesmo unha concepción pesimista do conxunto da realidade, que ten os seus inicios ideolóxicos en Schopenhauer. O Deus tradicional desaparece desta visión, quedando substituído nela pola universal ‘vontade de vivir’, que forza o home á busca dunha felicidade imposible de acadar ou, en definitiva, fráxil e va. Deste xeito o ser humano oscila de maneira inevitable entre a dor e o aburrimiento. Idea esta, a do aburrimiento das sociedades modernas, á que lle dedicarán no século XX a súa atención tanto o marxista crítico Bloch coma o noso M. de Unamuno.

Será Nietzsche quen vinculará o seu pensamento máis directamente co de Schopenhauer. Para Nietzsche o ser humano, ceibe da divindade —que era ata agora o seu asentamento firme e o seu tradicional e seguro punto de referencia—, vai quedar en diante radical e

fondamente desorientado. A parábola nietzscheana do ‘home tolo’ expresa tanto a absoluta desorientación humana que segue ó asasinato ou ‘morte de Deus’ por parte dos homes coma a nostalgia e saudade do ‘home tolo’ polo Deus ó que busca no medio da baleira superficialidade dos homes, eses charlatáns da praza que coidan seren alleos a tales preocupacións. Nietzsche salienta así o caos absoluto producido pola destrución dun esquema interpretativo xeral de toda a realidade, como o era a crenza tradicional na divindade. O universo do home quedou agora sen ‘horizonte’ e a súa terra sen ‘sol’. Xa non hai nin un ‘arriba’ nin un ‘abaixo’. Só hai unha ‘noite’ total, un espacio baleiro e frío, unha ‘nada infinda’. A ‘morte de Deus’ é só o inicio dun ‘ensombrecemento’ que se irá alongando co paso do tempo. Nietzsche pensa que o abandono occidental da interpretación cristiá fará xurdir inevitablemente a cuestión sobre o sentido da existencia, “cuestión —engade— que precisará un par de séculos para ser percibida en toda a súa plenitude e profundidade”.

Pero o filósofo alemán non deixará de indicar, pola súa parte, que o sentido do ser humano non ha de ir pola vía da recuperación da relixiosidade tradicional ou da ascese schopenhaueriana fronte á ‘vontade de vivir’, senón pola da máxima potenciación da nietzscheana ‘vontade de poder’. En

1 Para unha maior ampliación destas consideracións permítome remitir ó que teño escrito en M. Cabada Castro, *El Dios que da que pensar. Acceso filosófico-antropológico a la divinidad*, Madrid, Biblioteca de Autores Cristianos, 1999, páxs. 74-75, 77-79.

calquera caso, o sentido non lle está dado ó home sen máis, de maneira 'obxectiva' ou pasiva, senón que ten que crealo el mesmo².

¿Non podían ser pensadas, en parte e dalgunha maneira, as mesmas guerras mundiais (sobre todo europeas) da primeira metade do século XX e tantas outras, máis ou menos locais, deste belicoso e convulsivo século XX en continuidade, por agachada que sexa, co xurdimento deste 'subxectivismo' prometeico, nietzscheanamente 'creador', derivado da busca 'desorientada' dun novo sentido que enchese o baleiro dunha relixiosidade perdida?

O pensamento de Sartre só se entende, en calquera caso, desde as anteriores coordenadas ideolóxicas. O pensador francés salienta o absurdo paradoxo e vivente contradición que é o home mesmo, unha vez rexeitada como errónea a idea relixiosa dun Deus creador. Ó abandonar esta argumentación, o ser humano carece de esencia ou de natureza e ten, xa que logo, que acceder a ela baseándose na propia liberdade; pero, por outra banda, o ser humano non é libre respecto desta mesma liberdade, ó non poder desvincularse dela. De todo isto procede a sartreana soidade e absurdez do ser humano, que non é en definitiva senón "unha paixón inútil".

Pode dicirse que co romanés E. M. Cioran chegou o pensamento do absurdo á súa máis acabada expresión, un

absurdo que abrangue tanto o ser do home como a súa idea de Deus.

A. Camus considerou, sen embargo, que a cuestión sobre o sentido da vida era a pregunta fundamental da filosofía. Pero a proposta camusiana superadora do absurdo vai tamén na liña de Nietzsche. Fronte a solucións como o simple suicidio ou o consolo dunha mera esperanza (relixiosa ou non), Camus opta pola 'rebelión', actitude esta que non ten un carácter moral ou cualitativo, senón só cuantitativo: "o que conta non é vivi-lo mellor posible, senón vivi-lo máis posible"³.

Non foi só a filosofía a que se ocupou da constatación do absurdo da existencia ou da busca dun sentido para ela, unha vez abandonadas as coordenadas relixiosas. Desde a metodoloxía psicolóxica, V. E. Frankl, o fundador da chamada 'Logoterapia' (é dicir, 'curación polo sentido'), estaría especialmente atento tamén a esta problemática relacionada co sentimento do absurdo e do baleiro da vida humana, que o logoterapeuta vienés detectou sobre todo no sector xuvenil en diversos países e baixo diferentes réximes políticos. Fronte a Nietzsche (e tamén fronte ó psicólogo A. Adler), Frankl considera, sen embargo, que non é a 'vontade de poder' a estrutura fundamental humana, senón a 'vontade de sentido'. A curación do sentimento do baleiro e da absurdez da existencia só poderá realizarse polo

2 Cf. M. Cabada Castro, *o. c.*, páxs. 189-191, 200-202.

3 A. Camus, *El mito de Sísifo. El hombre rebelde*, Bos Aires, Losada, 1967, pág. 52.

tanto na medida na que o 'logos', é dicir, o 'sentido' da vida sexa readquirido ou redescuberto pola concreta persoa humana⁴. As enquisas sociolóxicas confirman, por outra banda, a elevada frecuencia coa que os europeos (tamén os españois) se formulan o problema do sentido da vida, revalidando deste modo tanto os datos psicolóxicos como as previsións de Nietzsche.

Unido a todo isto está tamén unha nova concepción da liberdade, que na modernidade e sobre todo desde os escritos de Feuerbach, Bakunin, Marx, Nietzsche, etc., vai ser pensada en frontal oposición coa divindade, afectando así de maneira moi directa á relixiosidade. A visión que, por exemplo, tanto N. Hartmann como, sobre todo, Sartre teñen sobre a relación entre liberdade e divindade ou relixiosidade non é máis que unha mostra desta continuidade ideolóxica.

Naturalmente, cando filósofos, psicólogos ou sociólogos abordan os problemas relacionados coa relixiosidade están a falar dunha nova situación que se caracteriza pola súa complexidade ideolóxica e social, na que existe a convicción de que os problemas humanos non poden ter máis solución que a que a mesma humanidade, soa e sen referencia a superiores instancias, lles poida ofrecer. Durkheim revestira xa a sociedade (de xeito semellante a como fixera Feuerbach en relación coa humanidade) dun carácter

divino, 'infindo', quedando deste modo desprovista a divindade da súa realidade primaria e fundante para se converter nunha mera proxección da realidade social. Pero, ó mesmo tempo, un mundo desvinculado da súa relación tradicional coa divindade non tardará en perder tamén a auréola ou o 'engado' que dela lle proviña. Por iso falará M. Weber do 'desencantamento do mundo', no sentido da tamén chamada 'secularización' das realidades humanas. A sociedade é agora sobre todo técnica, e esta acabará pouco a pouco por facerse presente ata nos recunchos máis agachados da existencia humana.

Pero o problema da técnica non é propiamente ela en si mesma, senón o feito de que o home adquire con ela un novo e especial carácter manipulador, na liña da nietzscheana 'vontade de poder', tal como foi ben destacado por Heidegger. Isto conduce, segundo o propio Heidegger, ó encubrimento ou ocultación do 'santo', que non é senón a pegada mesma do 'divino'. En seguimento de Nietzsche, Heidegger considera que o home 'técnico' e manipulador 'mata' o Deus concibido e manipulado por el. O 'Deus morto' nietzscheano non é así para Heidegger senón o Deus domesticado polo home e posto por este ó servizo dos seus propios intereses, o Deus "co que o home fai os seus negocios". Deus resulta así empequenecido, axeitado á medida do home. Esta é a razón pola que

4 En consonancia con Frankl, R. May considera tamén o sentimento do 'baleiro' (*emptiness*) como o problema principal do home de mediados do século XX.



Jean-Paul Sartre, de Yankel. Sartre cría que o home é o que quere ser e debe comprende-lo que é a súa natureza, que o fai capaz de enganarse.

Heidegger considera que é mellor a 'pregunta' por Deus (que leva consigo a exclusión da súa manipulación) cá satisfeita e superficial sabedoría sobre el. Compréndese que Heidegger enxalce así ó 'home tolo' da parábola nietzscheana xustamente porque 'pregunta' por Deus á diferenza dos charlatáns e superficiais da praza, que non poden crer, porque non pensan e, así, non son capaces tampouco de buscar nin de preguntar. É esta superficialidade a que fai, segundo Heidegger, de tal maneira 'invisible' a Deus no mundo moderno, que só o mesmo Deus sería capaz de trocá-la súa invisibilidade en visibilidade: "Só un Deus pode salvarnos", dixo Heidegger na súa famosa entrevista de 1966. De aquí tamén a súa cautela filosófica ante a problemática da divindade e a súa 'espera' ante a posibilidade de que o divino mesmo se comunicase.

Teña ou non razón Heidegger nestas súas reflexións sobre a conflictiva relación entre a técnica e a relixiosidade, o feito é que o home moderno e actual está ata tal punto mergullado na técnica que esta é vista así efectivamente na súa primordialidade vivencial de maneira practicamente unánime⁵. Pero, ademais, isto afecta de maneira moi importante á relixiosidade, dado que esta ten que ver desde sempre cos problemas máis fondos e esenciais da

persoa ou do grupo humano no que a persoa vive. Se —segundo o dito por Tresserras— a 'televisión' e a 'tecnoloxía' ocupan o primeiro lugar nesta autoapreciación das vivencias máis sobresaíntes do século, veñen a presentárselle así á relixiosidade actual problemas e desaxustes como estes ós que el mesmo alude (que non deixan ademais de estar —como é doado ver— en continuidade co dito por Nietzsche e Heidegger sobre a 'superficialidade' dos que non atenden nin entenden o 'home tolo'):

El ambiente virtual y distraído habitúa a tener experiencias periféricas. Se habla a veces de un conflicto entre la Iglesia y los medios de comunicación de masas. La raíz de este conflicto está justamente en la dicotomía banalidad-radicalidad. La experiencia de lo religioso comporta radicalidad, introspección, compromiso, pasión, diálogo tenso con el misterio. La experiencia mediática, en cambio, es etérea, obvia, fácil, alejada de cualquier complejidad, fugaz [...] La experiencia religiosa, por el contrario, es una experiencia límite, arrebatadora u oscura, pero siempre fuerte [...] Así, el lenguaje religioso pasa a ser un lenguaje marginal [...] De aquí se sigue tanto la subcultura del fenómeno religioso como la inexpresabilidad de la experiencia trascendente⁶.

A tendencia moderna á chamada 'privatización' da relixión ten aquí unha das súas raíces, aínda que é verdade que contribúen a ela tamén de

5 "En junio del año pasado, los periódicos publicaron una noticia curiosa. La Editorial Harper Collins había lanzado a la calle una iniciativa con vocación polémica. A los Collins se les ocurrió definir el siglo con cien palabras que los lectores de *The Times* habrían de elegir. Y el 4 de junio de 1998 daban a conocer el resultado de la encuesta. Según las preferencias expresadas por el público, la palabra que mejor describía nuestro siglo era televisión. Los términos siguientes era: tecnología, comunicación, globalización, chip y holocausto" (M. Tresserras, "El hecho religioso en un mundo mediático", *Misión Abierta*, 1999, núm. 8, outubro, páx. 14).

6 M. Tresserras, o. c., páx. 16.

xeito moi importante outros factores como a crecente autonomía dos individuos, a complexización e diversificación das dinámicas sociais, a presenza simultánea e mercantilización de distintas ofertas relixiosas, etc.

Os indubidables éxitos das ciencias posibilitaron tamén unha ideoloxía teórica afín a elas, que pouco podía favorecer-la mentalidade relixiosa. Refírome ás correntes teóricas relacionadas co positivismo lóxico e, sobre todo, neste contexto, a R. Carnap e A. J. Ayer. Aquí, a mesma palabra 'Deus' non ten sequera cabida, dado que para este modo de pensar só ten sentido ou significado o que é experimentalmente 'verificable'. E aínda que os neopositivistas ou positivistas lóxicos non son estritamente nin ateos nin agnósticos, dado que estas dúas últimas posturas parten do suposto de que a expresión 'Deus' é, en calquera caso, significativa (o que é negado polos primeiros), o feito é, sen embargo, que a postura agnóstica (de forma máis ou menos estricta) irá tomando pouco a pouco o relevo da anterior postura máis estritamente atea.

A este tipo de agnosticismo vincúlase tamén directamente a estendida indiferencia relixiosa da época actual, que non é mera conclusión teórica senón o resultado da confluencia nela dunha serie de motivacións e factores moi diversos de tipo vivencial e social, ós que acertadamente alude o estudioso das relixións J. Martín Velasco, como

son o desenvolvemento económico dos anos cincuenta xunto coa masiva emigración do mundo rural ás grandes cidades, a crecente industrialización, a ampla transformación dos métodos de produción, a elevación xeral do nivel de vida, a democratización da cultura, etc., que levan consigo cambios nas formas de pensar e de vivir, na xerarquía de valores, etc.⁷ Verbo deste último punto, J. Kerkhofs indica que importantes sociólogos, ó interpretaren o material relacionado cun coñecido estudio sobre os valores actuais dos europeos, chegan á conclusión de que o declive da práctica relixiosa está causado de maneira primaria polo racionalismo occidental e pola perda da comprensión tradicional da vida e do mundo⁸. Unha e outra causa están de feito intimamente relacionadas entre si, xa que os simbolismos tradicionais vinculados a importantes experiencias humanas non atopan doado acomodo no ámbito dunha mentalidade racionalista e tecnocrática. Abonda con pensar, por exemplo, na dificultade que se lle presenta a calquera persoa afeita a un medio rural, en permanente e directo contacto persoal polo tanto coas misteriosas realidades do cosmos, da vida e da morte —experiencias que poderían denominarse 'teoxenéticas' (é dicir, posibles xeradoras de relixiosidade)—, cando por unhas ou por outras razóns ten que cambia-lo seu hábitat tradicional por outro industrial, desruralizado e despersonalizado.

7 Cf. J. Martín Velasco, *El malestar religioso de nuestra cultura*, Madrid, Paulinas, 1993, pág. 88.

8 Cf. J. Kerkhofs, "Europa necesita terapia...", *Misión Abierta*. 1999, núm. 8 (outubro), pág. 10.

Por outra banda, tales cambios, motivados fundamentalmente por razóns de tipo económico ou de adquisición dun, aparentemente polo menos, máis elevado e pracenteiro modo de vida, teñen como consecuencia o feito de que unha relixiosidade vinculada ata agora case exclusivamente coa negatividade das carencias e necesidades veña a estar de máis na nova situación e se troque polo tanto en algo inútil, sen valor ningún. Ortega y Gasset referíase sen dúbida a este tipo de relixiosidade tradicional que entra en crise na modernidade, cando escribe:

Por vez primera en esta civilización sienten el hombre que la vida merece la pena de ser vivida. Esto trae consigo un cambio en la actitud ante la religión [...] En la vida pobre el individuo necesita tanto de Dios que vive *desde Dios* [...] Pero al hincharse aquélla [la vida misma] y enriquecerse éste [el mundo], lo cismundano intercala su grosor creciente entre el hombre y Dios y los separa [...] La irreligiosidad es el resultado⁹.

En realidade este tipo de relixiosidade, á que aquí se refire Ortega e que xorde e funciona unicamente en conxunción coas carencias humanas, é a que está na base da crítica que realizara xa Feuerbach, no século XIX, a este modo de pensar a Deus e a relixión en relación coa negatividade humana, que o filósofo alemán pola súa parte coida-

ba que pertencía á esencia mesma da relixión¹⁰.

Pois ben, a relixión e, máis concretamente, as igrexas cristiás do século XX recibiron un forte impacto como consecuencia destes cambios ideolóxicos e sociais, sobre todo porque era a estas, en canto lugar e manifestación da relixiosidade oficial, ás que se dirixía de maneira máis directa a crítica ilustrada. H. Küng considera que a este respecto hai unha continuidade na maneira de exercerse esta crítica desde o século XVIII ata a actualidade: “Hai algo común —escribe o teólogo suízo— á primeira crítica ilustrada da relixión do século XVIII, á clásica do XIX e comezos do XX e á actual: rexeitamento de relixión está en conexión con rexeitamento de relixión institucionalizada, rexeitamento de cristianismo con rexeitamento de cristiandade, *rexeitamento de Deus con rexeitamento de igrexa*”¹¹.

Por outro lado, determinados representantes cualificados, sobre todo da teoloxía protestante do século XX, insistiron pola súa parte tan decididamente na especificidade e primariedade da revelación ou comunicación de Deus ó home fronte a calquera tipo de razón ou sentimento natural, que,

9 J. Ortega y Gasset, *Origen y epílogo de la filosofía*, Madrid, Espasa-Calpe, 1980, pág. 111.

10 Velaquí algúns textos feuerbachianos: “Deus xorde do sentimento dunha carencia” (L. Feuerbach, *Sämtliche Werke*, Stuttgart-Bad Cannstatt, Frommann Verl. Günther Holzboog, 1959, vol. VI, pág. 90). “Canto máis baleira é a vida, tanto máis pleno e concreto é Deus. O baleiramento do mundo real e a plenificación da divindade é un mesmo acto. Só o home pobre ten un Deus rico. O que o home bota de menos [...] iso é Deus” (o. c., pág. 89s). “A noite é a nai da relixión” (o. c., pág. 233).

11 H. Küng, *Existiert Gott? Antwort auf die Gottesfrage der Neuzeit*, München/Zürich, R. Piper, 1978, pág. 364.

como consecuencia diso, a distancia entre a dimensión humana e a divina non fixo máis que aumentar, co conseguinte prexuízo tamén en definitiva para a propia relixiosidade. Tal é o caso da chamada 'teoloxía dialéctica' de K. Barth, que rexeita calquera maneira de 'precomprensión' ou 'conexión' por parte da persoa humana en relación coa divindade, ou —aínda que en menor medida— o de R. Bultmann. Non faltan intérpretes do moderno proceso relixioso, como E. Schillebeeckx, que ven neste modo de pensar teolóxico unha das causas que de feito conduciron, polo menos en parte, á chamada 'teoloxía da morte de Deus' dos anos sesenta, na que a reflexión teolóxica partía da constatación do ensombrecemento ou situación crepuscular dunha determinada relixiosidade.

Os enfrontamentos armados internacionais ou nacionais, e neste último caso especialmente a Guerra Civil española, non deixaron de afectar dunha ou doutra maneira tamén á credibilidade dunha Igrexa na que algúns dos seus mandatarios non souberon manter sempre unha postura independente e apartidista, fiel á súa alta función moral e relixiosa. Foi con posterioridade a estes enfrontamentos da primeira metade do século e despois tamén da aparición da problemática relacionada coa relixiosidade (máis arriba mencionada), xurdida en conexión co crecemento industrial e económico iniciado na segunda metade deste mesmo século, cando a Igrexa católica se decidiu no Concilio Vaticano II a un



[...cando a igrexa católica se decidiu no Concilio Vaticano II a un intento de *aggiornamento* dos modos tradicionais de pensar e de vivi-la fe cristiá...]

intento de *aggiornamento* dos modos tradicionais de pensar e de vivi-la fe cristiá, cunha especial atención á nova situación cultural e social. Nesta importante asemblea, de innegable influo sobre a xeral mentalidade relixiosa, foron en boa parte de feito recoñecidos diversos postulados tradicionais, explícitos ou implícitos, da cultura laica como, por exemplo, a autonomía das realidades temporais, das ciencias, etc. (Constitución *Gaudium et spes*), a liberdade relixiosa (Declaración *Dignitatis humanae*), etc., coas consecuencias que

de aquí derivaban en relación coas relixións non cristiás (Declaración *Nostra aetate*), etc. Foi, por iso, a raíz das perspectivas abertas por este Concilio, cando se iniciaron encontros ou reunións de diálogo entre cristiáns e marxistas, así como tamén o espírito ecuménico cobrou novo pulo, chegando a adquirir forma simbólica na común oración dos líderes relixiosos pola paz do mundo en Asís, á invitación de Xoán Paulo II, o 27 de outubro de 1986. Non se pode esquecer tampouco, a este respecto, a recente “Declaración conxunta sobre a xustificación”, asinada en Augsburg o 31 de outubro de 1999 pola Igrexa católica e a Federación Luterana Mundial.

O encontro da relixión e, máis concretamente, do cristianismo coa modernidade non se realizou, sen embargo, sen fortes tensións e disparidades internas, entre, por exemplo, posturas como a da denominada primeira teoloxía política, a da posterior teoloxía da liberación, etc., por unha banda, e movementos de signo integrista ou restauracionista de época máis recente, por outra. Isto último podería deberse á comprensible reacción de determinados sectores eclesiais fronte á situación creada polo feito de que nos países de tradición cristiá

los cristianos —segundo a constatación de J. Martín Velasco— estamos viviendo, sobre todo en la segunda mitad del siglo XX, el cambio de unas sociedades y una cultura impregnadas de religiosidad

cristiana a otras en las que la forma de pensar, de sentir y de vivir se han alejado del influjo oficial del cristianismo, dando lugar, por vez primera en muchos siglos, a la extensión generalizada de mentalidades, culturas y formas de vida ajenas a la inspiración cristiana¹².

É comprensible tamén que á Igrexa non lle resulte doado o proceso de inserción nesta nova e complexa situación, tal como indica o mesmo Martín Velasco ó dicir que

hay que reconocer que la Iglesia está haciendo poco por repensar el sistema de mediaciones de la vida cristiana en el terreno de las formulaciones racionales, de las normas éticas, de la organización de las instituciones, de la celebración litúrgica, para hacerlo compatible con las nuevas condiciones de vida y para que sirvan de medio de expresión a los hombres y mujeres que viven en ellas¹³.

De aquí a non infrecuente afirmación de que se cre en Deus, pero non na Igrexa.

É ben sabido que ó ser humano, dado que é un ser eminentemente ‘cultural’, non meramente ‘natural’, lle afectan de maneira moi decisiva os cambios culturais, ó non dispor de maneira natural ou automática de respostas axeitadas para as novas situacións. Agora ben, ó formar parte o elemento relixioso da esencial dimensión cultural humana, está el tamén necesariamente afectado por estes cambios. Dicia con razón H. de Lubac que “a humanidade imaxina que perde a Deus cada vez que abandona un sistema de pensamento”¹⁴. De aquí os

12 J. Martín Velasco, *o. c.*, páx. 8-9.

13 *Íd.*, *o. c.*, 51.

14 H. de Lubac, *Sur les chemins de Dieu*, París, Aubier-Montaigne, 1966, páx. 207.

intentos de regreso a épocas anteriores, supostamente máis relixiosas, facilmente observables en momentos de fortes cambios culturais¹⁵. Pero estas tentativas non poden ter resultado positivo, porque a historia (e a chamada 'cultura' con ela) nunca volve para atrás. É preciso, máis ben, afondar, tanto reflexiva como experiencialmente, na nova situación para poder inserir ou descubrir nela unha relixiosidade á que o ser humano, en canto tal, dunha ou doutra forma, nunca poderá renunciar. Esta actitude deberá ser tanto máis radical canto máis profundo sexa o cambio cultural. Velaquí, por exemplo, o que indica R. Panikkar en relación cos desafíos da época moderna ó problema de Deus:

El replanteamiento de la noción de Dios no es solamente una especie de modernización y adaptamiento, sino que lleva consigo una revolución radical, comparable a una nueva mutación de la conciencia de la humanidad, como quizá ha sucedido pocas veces en la historia del hombre sobre la tierra¹⁶.

Pois ben, intentarei seguidamente aludir a algúns síntomas ou manifestacións desta reformulación do problema da divindade e da relixión que pouco a pouco foron aparecendo, en relación coa nova situación cultural, ó longo do século XX e que na súa derradeira

década semellan incluso terse intensificado.

Parece, en primeiro lugar, que a insistente crítica do XIX á relixión, que se fai presente aínda con forza en boa parte do século XX, non afecta no seu radicalismo ó fondo mesmo da relixión, senón só a determinados modos históricos ou circunstanciais de concibila ou de vivila. É neste sentido como o filósofo E. Trías propón recentemente

corregir el modo frívolo y banal con que la tradición moderna e ilustrada ha solido situarse en relación al hecho religioso, al que ha considerado por lo general como una supervivencia que la Razón debería paulatinamente relegar hasta conseguir su plena extinción¹⁷.

Esta censura da crítica relixiosa ilustrada abrangue tamén a mesma postura posmoderna: "el tema religioso —afirma— ha constituido el gran tema olvidado y censurado por toda la tradición moderna y postmoderna; en general por la tradición *ilustrada*"¹⁸. Trías, pola súa parte, propón, coa seguinte significativa declaración, darlle cabida na reflexión a importantes feitos culturais, modernos ou actuais, relacionados coas relixións:

Intento [...] salir del marco asfixiante de las tradiciones universitarias académicas, en las que se mantiene el postmodernismo, tratando en cambio de captar los movimientos históricos reales que se

15 J. Martín Velasco alude neste contexto a determinados intentos restauracionistas dos anos vinte e trinta deste século XX. Cf. id., o. c., páxs. 42-43.

16 R. Panikkar, *El silencio del Dios*, Madrid, Guadiana de Publicaciones, 1970, pág. 232.

17 E. Trías, *Pensar la religión*, Barcelona, Destino, 1997, pág. 18.

18 E. Trías, o. c., pág. 37 (tamén id., o. c., pág. 39). "Tanto el modernismo como el postmodernismo han sido ciegos en relación a la relevancia de ese 'hecho religioso' que no permite simplificaciones como las que son canónicas en toda la tradición ilustrada y moderna. En dicha tradición la religión ha sido reducida a aspectos parciales de su compleja existencia" (id., o. c., pág. 38).

hallan presentes en este fin de milenio. Y allí descubro lo que en las tradiciones académicas tiende a ocultarse por cuanto constituye, acaso, algo que no es del todo 'políticamente correcto'; pero que es, sin duda, el gran *novum* de estos tiempos: el resurgir de las grandes religiones históricas¹⁹.

Este rexurdimento das relixións está directamente en relación con algo que a filosofía non deixou de salientar case sempre, dunha forma ou doutra, fronte ás pretensións absolutistas das ciencias empíricas. É iso de feito o que neste contexto Trías volve retomar como relevante en relación coa importancia de “pensa-la relixión” na situación da fin do século:

Constituyen [la técnica y la ciencia] un referente al que apelar en multitud de asuntos que atañen a los medios con los cuales organizamos nuestra realidad convivencial. Pero a medida que avanzamos hacia el final de milenio se va teniendo cada vez más claro que la técnica y la ciencia no son capaces de instituirse como factores generadores de fines últimos; no son creadoras de valores. Ciertamente que orientan nuestra conducta y alientan nuestros pasos en la dirección que les es característica. Pero los fines y los valores se hallan en una galaxia cultural a la cual ni la ciencia ni la técnica acceden²⁰.

No seo mesmo do posmodernismo filosófico e nun autor tan representativo neste movemento como G. Vattimo aparece, por outra banda, a idea de que boa parte dos principios básicos da mesma ontoloxía ‘débil’ —á que Vattimo chega a considerar como “una transcripción del mensaje cristiano”²¹— como tamén o feito mesmo da ‘secularización’ moderna²² están en relación con contidos esenciais da revelación ou tradición cristiá. Vattimo resume así a súa tese, que el considera, para si mesmo, como un verdadeiro ‘descubrimento’:

Lo que creo que se puede decir en términos de un pensamiento no metafísico es que gran parte de las conquistas —teóricas y prácticas, hasta llegar a la organización racional de la sociedad, al liberalismo y a la democracia— de la razón moderna están arraigadas en la tradición hebraico-cristiana y no son pensables fuera de ella²³.

Pero non se trata só da compoñente cristiá ou hebraico-cristiá de elementos fundamentais da modernidade, senón do feito de que a crítica mesma da modernidade á relixión veu resultar á fin de contas errónea. Vattimo é ben explícito:

19 E. Trías, *o. c.*, pág. 36. Cf. tamén *id.*, *o. c.*, pág. 15.

20 E. Trías, *o. c.*, pág. 16. Ver tamén J. M. Mardones, *Síntomas de un retorno. La religión en el pensamiento actual*, Santander, Sal Terrae, 1999, páxs. 11, 117.

21 Cf. G. Vattimo, *Creer que se cree*, Barcelona, Paidós, 1996, pág. 43.

22 Velaquí o que afirma Vattimo: “Secularización como hecho positivo significa que la disolución de las estructuras sagradas de la sociedad cristiana, el paso a una ética de la autonomía, al carácter laico del Estado, a una literalidad menos rígida en la interpretación de los dogmas y de los preceptos, no debe ser entendida como una disminución o una despedida del cristianismo, sino como una realización más plena de su verdad, que es, recordémoslo, la *kénosis*, el abajamiento de Dios, el desmentir los rasgos ‘naturales’ de la divinidad” (*id.*, *o. c.*, pág. 50).

23 *Id.*, *o. c.*, pág. 81. Ver tamén *id.*, *o. c.*, páxs. 38-46.

El hecho es que el 'fin de la modernidad' o, en todo caso, su crisis ha traído consigo también la disolución de las principales teorías filosóficas que pensaban haber liquidado la religión: el cientifismo positivista, el historicismo hegeliano y, después, marxista. Hoy ya no hay razones filosóficas fuertes y plausibles para ser ateo o, en todo caso, para rechazar la religión²⁴.

En realidade, o que aquí se constata é algo ó que tanto M. Scheler como Blondel aludiran xa con anterioridade en relación coa relixión en xeral e que agora, na época actual, fenomenólogos e sociólogos do feito relixioso veñen a confirmar. En efecto, Scheler fala da inevitabilidade do que el chama o 'acto relixioso', aínda que este poida estar desviado do seu obxecto propio que é a divindade, cando afirma: "a conciencia finita *non* pode *escoller* entre crer ou non crer en algo [...] *En consecuencia, o home ou cre en Deus ou cre nun ídolo. ¡Non hai outra alternativa!*"²⁵. Scheler fala neste contexto da 'idolatración' ou divinización do Estado, do diñeiro, do saber, etc. E nesta mesma liña vai o pensamento de Blondel cando analiza detalladamente as 'idolatrías' moder-

nas da ciencia, da ética ou da propia metafísica²⁶.

Se ámbolos filósofos falaban desta 'desviación' da relación relixiosa cara a algo que desde o punto de vista obxectivo non ten un carácter divino, serán os estudiosos do feito relixioso os que aludirán pola súa parte a unha 'transformación' da relixión (sen que esta en si mesma desapareza) na época moderna. Nos seus escritos, M. Eliade aprendeunos a saber descubri-lo 'sagrado' das relixións primitivas na 'profanidade' moderna. Escribía así a mediados deste século o grande historiador das relixións: "La mayoría de los hombres 'sin religión' siguen comportándose religiosamente, sin saberlo [...] Hay más: el hombre moderno que se siente y pretende ser arreligioso dispone aún de toda una mitología camuflada y de numerosos ritualismos degradados"²⁷. Outros falan dunha 'relixión invisible' (Th. Luckmann), dunha 'metamorfose do sagrado' (J. Martín Velasco)²⁸, etc. A existencia e proliferación actual dos chamados 'novos movementos relixiosos'²⁹ vén sendo unha boa mostra desta

24 *Id.*, o. c., páx. 22.

25 M. Scheler, *Vom Ewigen im Menschen*, Bern, Francke Verl., 1954 [Gesammelte Werke, Bd. 5], páx. 398s. As cursivas son de Scheler.

26 Cf. M. Blondel, *L'action*, París, Alcan, 1936-37, vol. II, páxs. 332-338.

27 M. Eliade, *Lo sagrado y lo profano*, Barcelona, Labor, 1985, páx. 172. Ver tamén *Id.*, o. c., páxs. 172-177.

28 Cf. J. Martín Velasco, *Metamorfosis de lo sagrado y futuro del cristianismo*, Santander, Sal Terrae, 1998, páxs. 9, 18, 26. Ver tamén S. Giner, *El porvenir de lo sagrado: a propósito de José Alberto Prades*. Prefacio a: J. A. Prades, *Lo sagrado. Del mundo arcaico a la modernidad*, Barcelona, Península, 1998, páxs. 11-13. A obra de José Antonio Prades traducida ó castelán co título de *Lo sagrado. Del mundo arcaico a la modernidad* (na que se inclúe o Prefacio de S. Giner) leva como título no seu orixinal francés este outro: *Persistence et métamorphose du sacré*. Neste contexto e en relación coa linguaxe eclesial sobre a moderna "cultura da increenza" di J. Vitoria que "la Iglesia española haría bien en no confundir la desinstitucionalización de la religión con la increencia" (J. Vitoria Cormenzana, *Religión, Dios, Iglesia en la sociedad española*, Santander, Sal Terrae, 1997, páx. 38).

29 J. M. Mardones fala das novas formas de relixión 'civil' (en relación co corpo, co sistema, cos nacionalismos, etc.), 'profana' (en relación co deporte, coa música, co traballo, etc.), 'mística' (New Age, etc.), 'esotéri-

mutación ou transformación relixiosa ocorrida na modernidade.

É precisamente neste contexto de plural oferta e presenza relixiosa das sociedades occidentais co conseguinte mutuo e inevitable contacto onde introduce xustamente Torres Queiruga, por exemplo, o seu suxestivo concepto de 'inrelixionación', co que quere expresalo proceso de incorporación, a modo de 'enxerto', no propio organismo relixioso de elementos doutras configuracións relixiosas diferentes, que non fan desaparecer-la propia relixiosidade, senón que contribúen máis ben á súa vitalidade e rexeneración³⁰.

Máis alá, sen embargo, da variedade e profusión das experiencias relixiosas da modernidade —das que falan sobre todo sociólogos e fenomenólogos ou historiadores das relixións—quero aludir finalmente, aínda que de maneira obrigadamente breve, á dimensión filosófica da problemática relixiosa tal como foi analizada neste século por algúns significativos autores. As súas reflexións axudarán ó tempo a entenderlo porqué desta inesperada presenza ou rexurdimento da relixiosidade nunha época que se predicía como arrelixiosa. En realidade, os modos de realizarse culturalmente a relixión, é dicir, a religación humana coa divindade poden ser moi diferentes, incluso desconcertantes para unha mentalida-

de allea á cultura da que as crenzas ou os rituais relixiosos concretos fan parte. Pero só desde a filosofía se pode acceder en definitiva á resposta da cuestión sobre se a estrutura relixiosa pertence ou non á esencia mesma do ser humano. ¿É ou non o ser humano unha realidade que en canto tal está inevitablemente e sempre, dunha ou doutra forma, ante o Misterio que o envolve e o desborda infinitamente? Esta é unha cuestión á que non atendeu (ou simplemente rexeitou) nin a crítica relixiosa decimonónica, nin en xeral as correntes posmodernistas; non ten que ver por outra parte tampouco coa metodoloxía das ciencias sociais que se ocupan do feito relixioso.

Pois ben, hai que dicir que non deixou de haber no século XX determinados pensadores que, en certo modo a contracorrente, souberon manter viva a reflexión filosófica sobre tan importante cuestión, da que depende en definitiva unha resposta con garantías sobre a futura supervivencia ou non da relixiosidade. Unamuno foi un deles, fiel ó que el mesmo dicía: "espero muy poca cosa en el orden de la cultura —y cultura no es lo mismo que civilización— de aquellos que viven desinteresados del problema religioso en el orden metafísico y sólo lo estudian en su aspecto social y político"³¹. Mais tal tarefa, sobre todo na actualidade, non está exenta de dificultades, tal como o

ca', etc. Cf. J. M. Mardones, *Para comprender las nuevas formas de la religión. La reconfiguración postcristiana de la religión*, Estella, Verbo Divino, 1994.

30 Cf. A. Torres Queiruga, *Do terror de Isaac ó Abbá de Xesús*, Vigo, Xeira Nova-SEPT, 1999, páxs. 236-237.

veu a confirmar Trías ó falar da polémica xurdida ante a súa proposta sobre “la necesidad de pensar la religión en este fin de milenio como asunto ineludible y de primer orden en el terreno filosófico”³².

Pola miña parte aludirei, sen pretensións de exhaustividade, só a algúns puntos concretos nos que a reflexión deste século semella ter axudado dalgunha maneira á comprensión da relixiosidade humana.

Hai que recoñecer que a crítica relixiosa decimonónica axudou, en calquera caso, indirectamente ós posteriores pensadores da relixión a utilizaren unha linguaxe sobre a divindade que evitase converter esta nunha realidade *máis*, finita coma as outras, non divina polo tanto. Só así pode, en efecto, a divindade ser pensada como transcendente e ó tempo como íntima a toda a realidade, sen se facer ‘concorrente’ co ser humano á maneira feuerbachiana ou nietzscheana. Isto fai, ademais, coherente e comprensible a denominada ‘ruptura de nivel’, que os fenomenólogos da relixión consideran como actitude típica do home relixioso ante a experiencia do transcendente. Autores como P. Tillich, H. de Lubac, K. Rahner, E. Schillebeeckx ou X. Zubiri realizaron nesta liña un meritorio labor.

Por outra parte, dado que as dificultades para a valoración obxectiva das experiencias humanas en relación

coa relixión proviñan de fronte ideoloxicamente tan diferentes como a filosofía analítica, por unha banda, ou a teoloxía dialéctica protestante, por outra, é preciso lembrar aquí tanto a Wittgenstein coa súa atención non só ó ‘místico’ (en relación co feito mesmo do ser do mundo) senón tamén á “variedade dos xogos da linguaxe” (no contexto ideolóxico da filosofía analítica), como unha vez máis a K. Rahner ou E. Schillebeeckx, que sobre todo fronte a Barth e ós seus epígonos salientaron de maneira decisiva a importancia de que a crenza relixiosa conecte coas experiencias humanas básicas, se non quere ela mesma condenarse ó illamento e solipsismo do fideísmo.

A divindade é transcendente e inabarcable; sen embargo, habita tamén no máis íntimo da nosa intimidade, como dixera Agostiño de Hipona. Esta case imposible estrutura humana que xorde da súa misteriosa relación coa divindade foi —en parte polo receo dos teístas ante o perigo do panteísmo e tamén debido naturalmente á crítica do ateísmo á relixión— practicamente esquecida ou non pensada na modernidade despois de Hegel. Abonda con lembra-lo impacto producido no gran público, nos anos sesenta, polo escrito *Honest to God* (“Sincero para con Dios”) do bispo anglicano John A. T. Robinson, no que se rexeitaba a concepción dun Deus ‘fóra’ ou ‘máis alá’ do mundo. Foron aquí tamén Rahner e Zubiri

31 M. de Unamuno, *Obras Completas*, Barcelona-Madrid, Vergara-Afrodisio Aguado, 1951-1958, vol. XVI, páx. 121.

32 Cf. E. Trías, o. c., páx. 17.



Karl Rahner arriscouse a propugna-la realidade *en* Deus á maneira do panenteísmo.

consecuentes e arriscados propugnadores desta visión da realidade *en* Deus, ó xeito non do panteísmo, senón do panenteísmo. Desde esta concepción da misteriosa, íntima e indestrutible relación home-Deus, é certamente máis doado non sorprenderse ante a aludida supervivencia da relixión en contextos culturais que semellaban non serlle en absoluto propicios.

No ámbito cultural do século XX, moi centrado nas ciencias positivas, non era fácil pensa-la finitude das realidades e da mesma mente pensante

como posibilitadas en si mesmas pola infinitude (que polo menos desde Descartes vén sendo sinónimo da divindade), tal como así o fixeran importantes pensadores da tradición. Sen embargo, destacados filósofos deste século como G. Siewerth, M. F. Sciacca, J. Nabert ou o mesmo P. Ricoeur, entre outros, atrevéronse a reflexionar fondamente nesta implicación finito-infinito que está na base de toda formulación rigorosa do problema de Deus e da relixiosidade humana. Isto conduciu loxicamente a unha visión da relixiosidade e do pensamento humano acerca da divindade como precedidos en certo modo pola mesma divindade, que coa súa presenza provoca ou suscita a dinámica (en definitiva, polo tanto, non meramente subxectivística) do espírito humano. Fitos importantes deste modo de reflexión son, ademais dos xa ditos, A. Amor Ruibal, M. de Unamuno, M. Blondel, M. Scheler, E. Levinas, J. Manzana Martínez de Marañón, etc. O mesmo Vattimo parece aludir dalgunha maneira a este tipo de 'precedencia' cando apunta a que "es constitutivo de la problemática religiosa precisamente el hecho de ser siempre la recuperación de una experiencia hecha ya de algún modo"³³. Habería que aludir aquí ademais, desde o punto de vista da fenomenoloxía da relixión, ás achegas de J. Martín Velasco coas súas pertinentes reflexións sobre a 'iniciativa' da divindade, entendida como 'Misterio', na

xénese e estrutura do comportamento relixioso.

O pensamento sobre o 'absurdo' (que dificulta a actitude relixiosa) e sobre a busca de sentido na existencia é, como xa sabemos, un tema característico da modernidade. Non deixou de haber tamén, con todo, pensadores que elaboraron as súas reflexións en relación con esta temática, como Unamuno ó pensa-la divindade en conexión non co 'por qué' senón co 'para qué' (é dicir, co sentido) do universo e da existencia humana³⁴ ou tamén outros como M. Horkheimer, R. Garaudy e incluso o Wittgenstein dos *Diarios*, nos que se vén a identificar 'sentido' e 'Deus'.

O 'absurdo' está en relación co mal, co sufrimento, coa morte, en definitiva coa limitación humana. ¿Estará esta, sen embargo, e de maneira positiva, relacionada tamén co descubrimento da divindade? K. Jaspers, coa súa idea da experiencia da 'Transcendencia' nas 'situacións-límite', así o viu, o mesmo que É. Gilson, ó analiza-la xénese da crenza relixiosa en relación coa experiencia humana do mal. De feito, o propio Vattimo volve, no ámbito da posmodernidade, a darlle unha certa anuencia a este tipo de consideracións ó indicar el mesmo que "el problema de Dios se plantea en con-

xión con el encuentro de un límite, con el darse de una derrota"³⁵.

Pero a experiencia da divindade non está só en relación cos límites do ser humano, entre outras razóns porque, como ben dixeran Hegel, dos límites non se é consciente se non se está xa sobre eles. E isto quere dicir, como sostían xa Descartes ou Malebranche, que o saber ou a experiencia do infinito debe preceder en certo modo a do finito. Foi neste contexto sistemático sobre todo o filósofo alemán G. Siewerth quen no século XX soubo poñer coherentemente en relación a experiencia relixiosa coas primarias e fundamentais vivencias de amor e acollemento nos comezos do existir humano, fronte ás teorías proxectivas de S. Freud, na liña de psicólogos como P. Bovet, J. Piaget ou C. G. Jung. Se ó ser humano sen recepción de afecto non lle é posible sobrevivir, tal afecto é percibido pola nacente persoa humana como algo que non ten límites, como infinito. Velaquí como deste xeito o infinito da divindade se lle amosa a todo ser humano no abrente mesmo do seu vivir, asentando así para sempre os alicerces dunha relixiosidade persistente³⁶.

En continuidade experiencial con estas vivencias, outros pensadores deste século aludiron ó fondo relixioso que é posible adiviñar tamén na

34 Cf. M. de Unamuno, *o. c.*, páx. 280-283.

35 G. Vattimo, *o. c.*, páx. 16. Vattimo engade aquí mesmo: "¿Se descubrirá, pues, a Dios sólo allí donde se choca con algo radicalmente desagradable? ¿Por qué la costumbre de decir 'que sea lo que Dios quiera' sólo cuando algo va verdaderamente mal y no, por ejemplo, cuando se gana la lotería?". Ver tamén *id.*, *o. c.*, páx. 12s.

36 Ocupeime desta visión de Siewerth en *Sein und Gott bei Gustav Siewerth*, Düsseldorf, Patmos, 1971 (Trad. francesa: *L'être et Dieu Chez Gustav Siewerth*, Lovaina, Peeters, 1997). Para unha maior comprensión da

relación persoal co 'tí', que se amosa dalgún modo para M. Buber como 'incondicionado' e para E. Levinas (ou J. Manzana) como 'rosto' que, revestido dos caracteres cartesianos da infinitude (divindade), provoca e obriga á subxectividade a respectalo e amalo. Estas reflexións levinasianas son, ó meu modo de ver, de enorme importancia para entender o porqué do estranho dato, constatado pola socioloxía actual, da moi elevada proporción de persoas dispostas a da-la súa vida por outras persoas, proporción significativamente superior á das dispostas a dala pola súa relixión. Isto quere dicir que o comportamento relixioso se despraza na actualidade de maneira especial cara á dimensión ética, sen que por isto deixe de seguir habendo aquí verdadeira relixiosidade. Trátase só dunha relixiosidade —a teor do dito máis arriba— 'transformada'. Non poucas das análises de R. Garaudy van tamén, de maneira máis ou menos explícita, nesta dirección.

En realidade, o que aquí se di respecto da relación individual ou persoal 'eu-tí' pode ser aplicado en igual medida á visión xeral da conexión entre moralidade e relixiosidade. Xa Nietzsche criticara a incoherencia sistemática de Schopenhauer ó propugnar este unha ética (a súa ética da compaixón) tendo rexeitado previamente o teísmo,

dado que só este pode, segundo Nietzsche, garantir aquela. Esta mesma razón vén a estar presente tamén en M. Horkheimer cando na súa polémica contra o positivismo sostén que non é posible nin a moral nin a verdadeira política sen ingredientes teolóxicos. Pouco importa aquí que esta dimensión teolóxica sexa ou non explicitamente recoñecida como tal, como ben salientou polo súa parte o teólogo K. Rahner ó afirmar que alí onde se acepta a absoluta obriga da conciencia se está aceptando de feito, saíbese ou non, a Deus en canto fundamento dese carácter absoluto da obriga moral³⁷.

A moralidade está, por outro lado, posibilitada en si mesma pola liberdade. Pois ben, cara á visión desta como intimamente vinculada coa divindade dirixíronse tamén os esforzos especulativos dalgúns pensadores deste século, que deste modo intentaron contrarresta-la oposta concepción 'moderna' dunha liberdade enfrontada coa divindade. Unha vez máis foron aquí especialmente meritorios, entre outros, G. Siewerth, K. Rahner e tamén X. Zubiri, ó pensaren a liberdade desde o seu fundamento divino, absoluto e radicalmente libre, que é precisamente o que fai posible a específica fenomenoloxía da liberdade humana.

Dada esta fonda conexión interna entre a realidade finita e a divindade,

temática da afectividade na súa relación coa relixiosidade ver tamén o meu escrito *La vigencia del amor. Afectividad, humanización y religiosidad*, Madrid, San Pablo, 1994 (Trad. portuguesa: *A vigência do amor. Afectividade, humanização e religiosidade*, Petrópolis, Vozes, 1998).

37 De feito, o Concilio Vaticano II admitiu a posibilidade de salvación dos non crentes que atenden á "chamada da conciencia".

que se manifesta no modo máis íntimo de ser do home, non é nada estraño que desde diversos puntos de vista se viñese incluso a rexeita-la mesma posibilidade dun verdadeiro ateísmo teórico (non 'práctico' ou de comportamento moral, naturalmente), entendido como actitude de fondo (non meramente explícita ou interpretativa), tal como afirmaron, dunha ou doutra maneira, autores como Blondel, Scheler, Unamuno, Maritain, Tillich, Gilson, Sciacca, H. de Lubac, Rahner, Schillebeeckx ou Zubiri. Máis que de verdadeiro ateísmo, trataríase —segundo a expresión de P. Teilhard de Chardin— dun 'teísmo insatisfeito'.

Finalmente e en síntese, tanto a relixiosidade como o pensamento sobre esta gozaron no século XX, pese á crítica á relixión herdada do século XIX, de excelente saúde, que seguramente se manterá e fortalecerá no próximo século. Como di S. Giner: "Los dioses no tienen la menor intención de desvanecerse"³⁸...

BIBLIOGRAFÍA

Berger, P., *Para una teoría sociológica de la religión*, Barcelona, Kairós, 1971.

Cabada Castro, M., *El Dios que da que pensar. Acceso filosófico-antropológico a la divinidad*, Madrid, Biblioteca de Autores Cristianos, 1999.

Díaz-Salazar, R., e outros (ed.), *Formas modernas de religión*, Madrid, Alianza, 1994.

Duch, L., *Religión y mundo moderno. Introducción al estudio de los fenómenos religiosos*, Madrid, PPC, 1995.

Durkheim, E., *Las formas elementales de la vida religiosa*, Madrid, Alianza, 1993.

Eliade, M., *Lo sagrado y lo profano*, Barcelona, Labor, 1985.

Estruch, J., *Innovación religiosa. Ensayo teórico de sociología de la religión*, Barcelona, Ariel, 1972.

Giner, S., *El porvenir de lo sagrado: a propósito de José Alberto Prades*. Prefacio a: Prades, J. A., *Lo sagrado. Del mundo arcaico a la modernidad*, Barcelona, Península, 1998, páxs. 11-16.

Mardones, J. M., *Para comprender las nuevas formas de la religión. La reconfiguración postcristiana de la religión*, Estella, Verbo Divino, 1994.

_____, *Síntomas de un retorno. La religión en el pensamiento actual*, Santander, Sal Terrae, 1999.

Martín Velasco, J., *El malestar religioso de nuestra cultura*, Madrid, Paulinas, 1993.

_____, *Metamorfosis de lo sagrado y futuro del cristianismo*, Santander, Sal Terrae, 1998.

- ____ "El siglo de una gran mutación religiosa", *Sal Terrae*, 1999, núm. 1.029 (diciembre) 879-891.
- Panikkar, R., *El silencio del Dios*, Madrid, Guadiana de Publicaciones, 1970.
- Tresserras, M., "El hecho religioso en un mundo mediático", *Misión Abierta* 1999, núm. 8 (octubre) 14-22.
- Trías, E., *Pensar la religión*, Barcelona, Destino, 1997.
- Vattimo, G., *Creer que se cree*, Barcelona, Paidós, 1996.
- Vitoria Cormenzana, J., *Religión, Dios, Iglesia en la sociedad española*, Santander, Sal Terrae, 1997.
- Weber, M., *Ensayos sobre sociología de la religión*, Madrid, Taurus, 1984-1988.



A DEMOCRACIA EN EUROPA: ENTRE O FINAL DA UTOPIÁ E A FIN DA HISTORIA (REFLEXIÓNS SOBRE UN SÉCULO)

Roberto L. Blanco Valdés*
Universidade de Santiago
de Compostela

“Pero sempre existe un goberno. A cuestión é,
polo tanto, a quén pasou”

Leccións sobre a filosofía da historia universal
G. W. F. Hegel

1. A CENTURIA DOS SÉCULOS, O SÉCULO DO PENSAMENTO

Se a centuria que comezou en 1700 foi a da Ilustración e a das revolucións que fixeron virar de xeito radical a evolución da humanidade —a norteamericana e a francesa—, e a que comezou en 1800 terminou por se-la do Estado, é dicir, a da extensión e consolidación daquel poderoso Leviatán iluminado polo movemento liberal no que, como Tocqueville había escribir en *A democracia en América*, “tódolos poderes semellan acudir por si sós cara ó centro, acumulándose nel cunha sorprendente rapidez, de xeito tal que o Estado acada de súpeto os límites extremos da súa forza”, a nosa última centuria, a que arrincou en 1900, podería caracterizarse, moi probablemente, como a dos moitos séculos a un tempo:

porque o de 1900, que foi, sen dúbida, o da emancipación das mulleres no eido familiar, cultural e laboral, resultou tamén o século das sucesivas revolucións científicas e técnicas, como resultou o da conquista do espazo; pero a centuria que agora rematamos non sería menos o século da persecución da enfermidade e o da loita polo alongamento dos límites da vida, cá das guerras nas que os mortos se contaron por millóns e nas que se cometeron os máis horrendos xenocidios; o século XX foi o século, así mesmo, da descolonización, e, de xeito paralelo, tanto o da pluralidade cultural que xorde da eliminación das barreiras materiais ós movementos xeográficos dos homes e das súas producións de todo tipo, canto o do renacemento e reivindicación das identidades culturais. Si, certamente, todo iso, e moito

* Catedrático de Dereito Constitucional.

máis que aínda podería subliñarse, definiu os cen anos longuísimos que transcorren entre o 1900 e o 2000. Creo, sen embargo, que o feito máis relevante do período, do que resultaron consecuencia, en gran parte, moitos dos que acaban de apuntarse, rematou por ser, ó cabo, o do impresionante poder do pensamento para cambia-los límites e imposicións da realidade.

Refírome, claro, ó poder do pensamento no sentido en que a el se tiña referido o gran filósofo de Xena, cando insistía na definitiva relevancia das ideas como dato histórico esencial no que a Revolución Francesa obtivera a fonte inspiradora do seu comezo e as súas orixes. Nas *Leccións sobre a filosofía da historia universal*, de 1830, escribe Hegel: “O pensamento que considera como o supremo as determinacións universais e atopa que o que existe está en contradición con elas, sublevouse contra o estado existente. A determinación extrema que o pensamento pode achar é a da *liberdade da vontade*”. Dese poder estou a falar, precisamente: do que deriva da liberdade da vontade, do pensamento que vai ser quen de imaxinar —o mesmo no eido político e social, ca no cultural ou no tecnolóxico-científico— moito máis alá das barreiras do existente, moito máis alá das limitacións de cada presente histórico concreto, e que vai, dese xeito, a ser quen de producir —material e intelctualmente— o mesmo as máis grandes creacións da historia humana, que algúns dos seus máis aterradores pesadelos. Como é sabido, non casualmen-

te, o mesmo século XX que pensará a posibilidade de loitar contra o determinismo da enfermidade e da vellez cunha intensidade que haberá facer del, como acabo de dicir, o século da superación das fronteiras intrínsecas da vida, haberá ser tamén, ó cabo, o que pense o xenocidio dos xudeus ou dos xitanos como instrumentos dunha delirante política racial.

E é que a liberdade da vontade permitirá, por vez primeira no devir da humanidade, pensar como posible o que ata entón non fora pensado endexamais, ou fora, en todo caso, pensado sempre como utópico. O século XX foi, por iso, en máis dun sentido, o do final das utopías, un final este que haberá ser intuído por Marcuse como unha das definitivas posibilidades da centuria. Aínda que ó servizo da realización das súas propias utopías, tal ía se-la idea apuntada na célebre conferencia dictada en 1967 polo filósofo marxista na Universidade Libre de Berlín:

Este final da utopía —isto é, a refutación das ideas e das teorías que teñen utilizado a utopía como denuncia das posibilidades histórico-sociais— pódese entender agora, nun sentido moi preciso, como final da historia [...] no sentido de que as novas posibilidades dunha sociedade humana e do seu mundo circundante non son xa imaxinables como continuación das vellas, non se poden representar no mesmo continuo histórico, senón que presupoñen una ruptura precisamente co continuo histórico...

O século XX abrirá, á fin, e nunha medida que o propio Marcuse non tería sequera imaxinado cando pronuncia a súa anticipadora conferencia berlinesa, unha porta para lle poñer fin á (unha)

historia, co cal daba coherencia ó seu propio nacemento, que foi tamén, con claridade, o da ruptura e a descontinuidade.

2. A GRANDE GUERRE E O FINAL DO VELLO MUNDO: O AMENCER DA DEMOCRACIA

De feito, o século XX só desde o punto de vista cronolóxico comeza en 1900 (ou en 1901, segundo se vexa): historicamente, haberá que esperar ata a *Grande Guerre*, o acontecemento que, verdadeiramente, e con extraordinario traumatismo, dará inicio a unha *nova* centuria para tódolos efectos. É o principio da continuidade (cronolóxica) pugnando co da ruptura e a descontinuidade (histórica): unha ruptura, esta, que ten sido admitida de tal xeito que non é estraño que as análises do novo século se inicien cando a guerra. Velaí, implícita a tese da ruptura, na monumental *Enciclopedia de Historia Universal*, dirixida polo catedrático de Harvard William L. Langer, que dedica o seu cuarto volume *O século XIX* e o quinto ó período que vai *Da Primeira á Segunda Guerra Mundial*. Velaí, brillantemente exposta, na interesantísima obra de Arno J. Mayer, *A persistencia do Antigo Réxime*, que argumenta de xeito non facilmente refutable cómo os elementos premodernos vixentes na Europa anterior á Guerra do 14 “non eran os restos decadentes e fráxiles dun pasado practicamente desaparecido, senón a esencia mesma das sociedades civís e políticas presentes en Europa”. O final da Guerra non só abriu, pois, a

porta ós felices anos vinte —que inventarán o charleston e contribuirán en Occidente ós primeiros pasos firmes no proceso de emancipación das mulleres e da xuventude; ou que verán o desenvolvemento impresionante do cinematógrafo, da aviación e os automóbiles— senón tamén, e sobre todo, a un cambio substancial da forma en que o mundo se tiña ata entón organizado, e do xeito en que as sociedades viñan sendo gobernadas. Arno J. Mayer recórdanos, por exemplo, cómo o funeral polo rei inglés Eduardo VII, celebrado en maio de 1910, confirmou, no seu fasto, a autenticidade da influencia que mantiñan os reis europeos xa iniciado o novo século: “O 20 de maio, cuns dous millóns de persoas formando solemnes ringleiras nas beirarrúas, un cortexo funerario verdadeiramente extraordinario acompañou os restos do Rei Eduardo á estación de Paddington, desde a cal un tren levou o ataúde ata o castelo de Windsor para soterralo na cripta debaixo da capela de San Xurxo”.

Certamente, antes da Guerra do 14, a vida política dos Estados europeos seguía xirando sobre os monarcas e as súas cortes, os vellos partidos de notables e as tradicionais burocracias militares e civís, como a vida económica seguía sendo predominantemente campesiña e a vida social tiña aínda unha pegada rural indiscutible, de xeito tal que en toda Europa as nobrezas territoriais ocupan un lugar predominante nos eidos económico, político, social e cultural. Non é, así pois, de

estrañar que nunha guía para polemistas e lectores de diarios publicada por John Bertram Askew en 1903, nin o problema da democracia —nin o da dictadura— figurasen nunha lista na que se incluían os douscentos cincuenta temas máis controvertidos para a opinión pública do tempo: alí estaban a cuestión da posible remuneración dos parlamentarios, ou a das liberdades de palabra e de opinión, ou a da liberdade relixiosa... pero non a cuestión da democracia.

E, sen embargo, os efectos da Guerra van ser politicamente impresionantes, ata o punto de que unha boa parte dos acontecementos que se producen tralo asinamento do armisticio camiñarán na dirección de ampliala democracia: en 1919 apróbase en Bélxica unha nova lei electoral que introduce o sufraxio universal e concede dereitos políticos a certa clase de mulleres; no mesmo ano adóptase en Francia unha lexislación electoral que inclúe unha forma electoral proporcional; tamén en Italia, igualmente en 1919, unha nova lei electoral introduce o sufraxio universal e o sistema francés de escrutinio de lista e fórmula electoral proporcional; os cambios son aínda máis transcendentais en Alemaña, onde o 31 de xullo de 1919 se aproba a Constitución democrática de Weimar; en Austria, onde o 1 de outubro do ano seguinte se aproba tamén un texto constitucional federal e democrático; ou en Checoslovaquia, que, outrosí en 1920, adopta unha Constitución demo-

crática que segue moi de preto o modelo francés republicano.

Todo isto vaise traducir na aparición de dúas realidades —e dos dous conceptos cos que, desde entón, as designamos— que van constituír unha das contribucións fundamentais do pensamento político no intre de entreguerras: dunha banda, a realidade da aparición e fortalecemento progresivo dun novo tipo de partidos ata entón descoñecidos, os chamados partidos políticos de masas —socialdemócratas primeiro e, máis tarde, comunistas—, realidade que, favorecida pola extensión do sufraxio universal e a introdución de sistemas de proporcionalidade electoral, fará xurdi-lo concepto de *Estado de partidos*, como forma de designalo Estado democrático no que aqueles se converten en instrumento esencial de participación política e social e de funcionamento institucional dos réximes políticos. Hans Kelsen, un dos máis importantes xuristas europeos do momento, deixará constancia do cambio producido pola nova realidade dos partidos políticos de masas nunha obra aparecida en Alemaña en 1920 que é fundamental para entende-los debates xurídico-políticos do tempo, *Esencia e valor da democracia*, obra na que, despois de apunta-la evidencia de que “o individuo illado carece por completo de existencia política positiva por non poder exercer ningunha influencia efectiva na formación da vontade do Estado” e constatar que, consecuentemente, “a democracia só e posible cando os individuos, a fin de

conseguiren unha actuación sobre a vontade colectiva, se reúnen en organizacións definidas por diversos fins políticos, de xeito tal que entre o individuo e o Estado se interpoñan aquelas colectividades que agrupan en forma de partidos políticos as vontades políticas coincidentes dos individuos”, conclúe: “Só por obcecación ou dolo pode sosterse hoxe a posibilidade da democracia sen partidos políticos. A democracia, necesaria e inevitablemente require un *Estado de partidos*”.

Doutra banda, e sumándose ó proceso mencionado, a aparición das primeiras declaracións constitucionais de dereitos sociais, debido ó pulo, moi especialmente, dos novos partidos políticos de masas, levará o xurista socialista Herman Heller a sistematizalo concepto de *Estado social* a finais dos anos vinte, como aquel tipo de Estado que non se limita a contemplar, desde a óptica liberal tradicional do *laissez faire-laissez passer*, as desigualdades sociais e económicas *naturalmente* existente no corpo social, senón que dispón a creación de toda unha serie de mecanismos e instrumentos destinados a tenta-la superación, sequera limitada, das máis escandalosas de entre elas, por medio fundamentalmente da acción pública. É dicir, da acción dos novos poderes dun Estado en proceso de profunda democratización.

Pero o avance democrático dese período fructífero ía dar, ó cabo, sen embargo, nun auténtico cataclismo político, social e cultural, de tremendas consecuencias para Europa e para o

mundo en xeral: o avance progresivo e imparable dos fascismos, que tentarán por medio da guerra e o terror —como xa o tentara o comunismo, a través do dirixismo autoritario, nun proceso que se iniciara na década anterior—, atopar unha fórmula, histórica e teórica, alternativa á da democracia liberal e ós conflitos políticos que a viñan definindo.

3. AS ILUSIÓNS DE SUPERACIÓN DA DEMOCRACIA LIBERAL: O COMUNISMO E OS FASCISMOS

A da guerra non foi, certamente, a única ruptura que marca o inicio da centuria, pois, de feito, en plena guerra ten lugar a primeira das moitas revolucións de tipo comunista que ían caracterizar case ata o final o seu decurso en todo o mundo: a revolución comunista *fundadora*, a bolxevique, que triunfa en Rusia en 1917. Dirixidos por un comité revolucionario militar e axudados polos soldados da gornición de



O buque *Aurora* dispara desde o río Neva sobre Petrogrado.

Petrogrado, os mariñeiros do Kronstadt e a Garda Roxa dos traballadores, os bolxeviques asaltan en outubro o Palacio de Inverno dos Tsares, fanse co control dos organismos estatais e arrestan os membros do goberno provisional que, encabezado polo príncipe Giorg Lvov, se constituíra uns meses antes. O triunfo da revolución bolxevique, que se traducirá finalmente —hoxe o sabemos— nunha das máis graves catástrofes da historia humana, suporá a primeira tentativa de superación da democracia liberal e de construción dun réxime político e, alén diso, dunha enteira sociedade, a partir de principios diferentes, cando non antitéticos, ós que ata entón, iniciado xa o século XX, viñan definindo unhas democracias que van pasar a ser cualificadas, en adiante, de burguesas: a pluralidade política, que se expresaba na liberdade de asociación e de constitución libre de partidos; a separación e control mutuo dos poderes estatais; o recoñecemento —constitucional ou legal— das liberdades e dereitos cidadáns; e, en suma, o chamado Estado de dereito, é dicir, un tipo de Estado que somete a súa actuación a normas públicas procedentes de poderes representativos do corpo electoral.

Fronte a esta construción, que se fora perfeccionando, con avances e retrocesos, ata a profunda crise democrática que se inicia ó final dos anos vinte e ó comezo dos trinta en gran parte dos países europeos, a Revolución Rusa, e a posterior construción

na denominada desde entón Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS) dunha chamada sociedade comunista, vai iluminar un modelo que se pretende alternativo, e superador, do modelo da democracia liberal. Un novo modelo, o comunista, que se concibe teoricamente a partir dunha *teoloxía* contida xa nas contribucións orixinais dos *países fundadores do socialismo científico*, Karl Marx e Friedrich Engels, por máis que só o leninismo faga posteriormente daquela teoloxía unha práctica histórica concreta. Ó grito final de “¡Proletarios de tódolos países, unídevos!”, o *Manifesto Comunista*, publicado por primeira vez en Londres en febreiro do 48, continúa xa, de certo, os fundamentais elementos *doutrinais* da teoloxía comunista: a afirmación da loita de clases como motor da historia humana, a consideración do proletariado como unha clase portadora dos intereses obxectivos de toda a sociedade en constante proceso de crecemento e de empobrecemento como consecuencia da dinámica acumulativa da explotación capitalista, e, en fin, a afirmación da revolución socialista como única saída á confrontación entre proletarios e burgueses e como único camiño para a construción, non dun novo réxime de dominación política, senón dun réxime que poría fin a tal dominación, abrindo o paso á nova sociedade comunista: “Os comunistas —escriben Marx e Engels no parágrafo final do *Manifesto*— consideran indigno ocultar as súas ideas e propósitos. Proclaman solemnemente que os seus obxectivos só poden ser acadados derrocando

pola violencia toda a orde social existente. As clases dominantes poden tremar diante da Revolución Comunista. Os proletarios non teñen nada que perder nela máis que as súas cadeas. Teñen, en troques, un mundo que gañar”.

Claro que no manifesto tamén se faría referencia ó instrumento esencial a través do cal tería lugar tal suposto remate da dominación dos homes sobre os homes: “O proletariado —escriben os *pais fundadores*— haberá de utiliza-la súa dominación política para quitarlle a burguesía gradualmente ó capital, para centralizar nas mans do Estado os instrumentos da produción, o que fará xurdi-lo Estado organizado en clase dominante”. Só Lenin, sen embargo, e transcorrido máis de medio século, exporá en toda a súa centralidade decisiva a idea da dictadura do proletariado, fundamental na teoría da construción histórica da sociedade comunista: “A transición do capitalismo ó comunismo —escribe Lenin en 1917, na súa obra *O Estado e a revolución*— non pode, naturalmente, por menos de proporcionar unha enorme abundancia e diversidade de formas políticas, pero a esencia de todas elas terá que ser necesariamente unha: a *dictadura do proletariado*”.

A transcendencia histórica profunda deste soño da razón —que, coma os de Goya, vai rematar por producir monstros— non pode ser captada, en todo caso, sen ter en conta a dimensión universal da utopía comunista. “En

resumo —escriben Marx e Engels nas liñas finais do *Manifesto*— os comunistas apoian por onde queira todo movemento revolucionario contra o réxime social e político existente”. Esta pretensión ecuménica do movemento comunista, que haberá espalla-lo seu modelo polos cinco continentes durante toda a centuria, terá a súa expresión máis sobresaínte na sucesiva constitución de *Internacionais*, a terceira das cales, a chamada *Komintern*, creada en Moscova en marzo de 1919 coa finalidade de se converter nun gran cartel de partidos comunistas en defensa da revolución bolxevique e das súas conquistas para o proletariado, terá unha importancia decisiva para a evolución do pensamento socialista, pois rematará por consuma-la ruptura definitiva e radical entre socialdemocracia e comunismo, é dicir, entre dúas formas antitéticas de entende-la loita pola emancipación dos traballadores e pola igualdade económica e social nas sociedades capitalistas avanzadas.

A diferenza, que non é outra á fin que a que existe entre a defensa da democracia representativa e a da dictadura como formas de gobernar sociedades desenvolvidas e complexas, pode apreciarse de xeito insuperable no contraste entre as respectivas concepcións de dous dos representantes máis senlleiros de cada un deses dous socialismos contrapostos. Mentres Lenin escribirá na súa obra *O Estado e a revolución* que:

a doutrina da loita de clases aplicada por Marx á cuestión do Estado e da revoluc-

ción socialista, conduce necesariamente ó recoñecemento da dominación política do proletariado, da súa dictadura, é dicir, dun poder non compartido con ninguén e sostido directamente na forza armada das masas.

Karl Kautsky, o gran líder da *II Internacional* e un dos teóricos máis significativos da socialdemocracia alemá, fará unha defensa pechada da democracia representativa nunha obra esencial do pensamento socialista —*O parlamentarismo, a lexislación directa polo pobo e a socialdemocracia*— aparecida xa en 1893:

Só alguén politicamente cego —escribe Kautsky— pode hoxe aínda afirmar que o sistema representativo asegura o dominio da burguesía tamén cando rexe o dereito electoral universal, e que para derrocala habería que suprimir primeiro o sistema representativo [...] O que cómpre facer non é elimina-lo sistema de representación, senón rompe-lo poder do Goberno fronte ó Parlamento e, ó mesmo tempo, facilita-lo acceso do proletariado ó Parlamento a través da igualdade do dereito ó voto, da distribución proporcional dos distritos electorais, da protección do segredo ó voto, de períodos lexislativos curtos, da total liberdade de imprenta, de reunión e asociación e, sobre todo, da ampliación do dereito ó voto a tódolos cidadáns que teñan cumpridos os vinte anos. Esta é unha das principais tarefas da clase traballadora na súa loita polo poder político.

As reivindicacións de Karl Kautsky, que conforman, como facilmente pode verse, un auténtico programa de reformas democráticas, hoxe afortunadamente indiscutible e indiscutido, vai ser duramente impugnado no seu tempo, sen embargo, desde a ortodoxia comunista: Lenin escribe en 1918 unha refutación politicamente furibunda fronte ás teorías

as do traidor Kautsky (*Contra o revisionismo. A revolución proletaria e o renegado Kautsky*), ó seu xuízo responsable de ter convertido a Carlos Marx nun “vulgar liberal”, obra onde poden xa apreciarse con absoluta claridade as concepcións políticas de fondo que desembocarán na dictadura soviética e na catástrofe final do stalinismo.

Pero non soamente desde a ortodoxia comunista será impugnado o programa do socialismo democrático: tamén os movementos da dereita autoritaria, que medran por Europa coma unha hedra velenosa a partir de mediados da década dos vinte, asumirán unha parte decisiva da tarefa de superala por eles considerada *ingobernable* democracia liberal e levaranlles, como pola man, ós europeos, o máis tremendo dos seus cataclismos colectivos: o dos fascismos e, despois, e como consecuencia da súa victoria política parcial, o da hecatombe doutra guerra, a segunda de dimensión mundial nun cuarto de século tan só. A progresión do totalitarismo vai ser, de certo, ben vertixinosa: en outubro de 1922 terá lugar en Italia a “Marcha sobre Roma” de Benito Mussolini, episodio case que iniciático da posterior victoria do fascismo en 1925; en xuño de 1923 fórmase en Bulgaria o goberno de Zankov, a consecuencia dun golpe de Estado militar; outro golpe militar leva en España, o mesmo ano, ó xeneral Primo de Rivera a suspenderla Constitución e apoderarse pola forza do poder; en 1926 ten lugar en Polonia o

golpe de Estado de Pilsudski e en Portugal o do xeneral Gomes da Costa; o Rei Alexandre de Iugoslavia dá un golpe de Estado en 1929. Pero o círculo do totalitarismo non se pechará ata que en 1933 Adolf Hitler chegue ó poder en Alemaña, en 1934 Dollfuss estableza a súa dictadura protofascista en Austria e en 1936 o xeneral Franco se subleve contra o goberno constitucional da II República española.

Como xa apuntei anteriormente, a instalación final das dictaduras totalitarias (fascista) en Italia e (nacional-socialista) en Alemaña, e a de tódolos demais sistemas de tipo totalitario ou autoritario que se construíron contemporaneamente noutros Estados europeos a imitación dos modelos italiano e alemán, xerará o segundo grande intento, xunto co ensaio comunista, de superación da democracia liberal. De feito, e malia as súas apreciables diferencias, é posible falarmos xenericamente dos fascismos para describir unha ideoloxía que presenta certas características comúns e que se define sobre todo pola súa pretensión de se constituír en modelo alternativo ó democrático: a concentración nun único partido, ríxida e xerarquicamente organizado, e no caudillo que o dirixe, de tódolos recursos do poder político estatal, poder que se *con-funde* materialmente co partido e coa elite responsable da súa dirección; a negación, consecuentemente, dos principios definidores do Estado (burgués) de dereito e do Estado democrático: do pluralis-

mo político e da súa expresión electoral por medio do exercicio do dereito de sufraxio individual, da división entre os poderes políticos do Estado (lexislativo, executivo e xudicial), e da clara separación entre o Estado e a sociedade que se garante por medio dun sistema de liberdades individuais e dereitos persoais; a utilización da violencia e do terror como instrumento de dominación e de goberno; o nacionalismo expansionista, de base racial e historicista, vinculado a un militarismo belicista; o irracionalismo e o elitismo; e, en fin, o corporativismo, que converte as organizacións sociais de todo tipo en simples correas de transmisión das decisións e dos valores ideolóxicos do líder e da minoría dirixente.

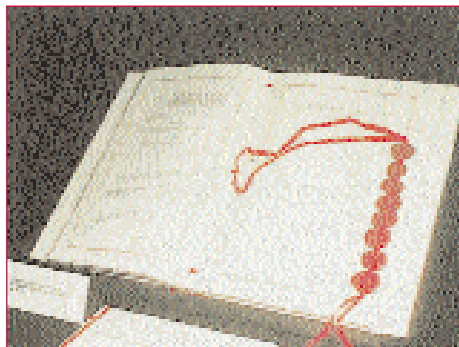
Como é sabido, o totalitarismo dos fascismos levou as comunidades nacionais que tiveron que vivir baixo a súa man de ferro a auténticas catástrofes políticas, sociais e culturais, e a un indescritible sufrimento individual e colectivo, catástrofes e sufrimento que os campos de concentración exemplifican de xeito arrepiante e insuperable. O nacionalismo expansionista, agresivo e belicista levou, polo seu lado, primeiro a maior parte dos países europeos e, despois, algunhas das que entón comezaban a ser xa grandes potencias, a unha Guerra devastadora que habería de deixar un herdo temporalmente moi longo e politicamente moi pesado: o da guerra fría e a polarización do mundo en bloques.

4. OS DEBATES DA POSGUERRA: ENTRE A DINÁMICA PARTIDISTA DEMOCRÁTICA E A CONFRONTACIÓN POLÍTICO-IDEOLOXICA DE DOUS MODELOS CONTRAPOSTOS

En todo caso, a derrota militar dos réximes fascistas vai eliminar unha das dúas fronteiras nas que a democracia tivera que bate-la súa armas na primeira metade da centuria. E isto porque malia a supervivencia de dictaduras que se reclamaron desa filiación nos seus momentos iniciais —a de Franco no noso país e a de Salazar en Portugal—, o fascismo pasou a ser despois da Guerra só o nome co que se designaba un pesadelo do pasado. Pero a ruptura da gran coalición aliada que combaterá contra o *Eixe* transformouse case de inmediato ás dúas grandes potencias vencedoras —os Estados Unidos e a URSS— en adversarios, e fixo da Europa que xurdirá dos acordos de Ialta e de Postdam un territorio que se convertía de feito en fronteira material entre o leste e o oeste. Dese xeito, o desencadeamento da chamada guerra fría, determinante xa da dinámica mundial ata a caída do muro de Berlín, manterá en Europa unha dobre liña de competición/confrontación ideolóxica e política, que sen dúbida vai servir para explicar unha boa parte dos debates que percorren o pensamento político europeo na segunda metade da centuria: por unha parte, a competición electoral dereita/esquerda no interior dos réximes representativos que conforman a chamada Europa occidental, competición que se resolve a través da

loita electoral libre e democrática, nun contexto de crecente cooperación interestatal que se vai consolidando ano tras ano e que fará vivir a Europa o seu máis longo período de paz en moito tempo; pola outra, a confrontación entre capitalismo e socialismo, que é fundamentalmente, aínda que non só, unha confrontación territorial entre a Europa occidental e a oriental, na que ten a súa privilexiada proxección a que enfronta o leste co oeste, ou, por mellor dicir, os Estados Unidos, e os seus aliados militares e políticos, coa URSS e os seus satélites.

Os efectos destas reflexións, o verdadeiramente transcendente é que esas dúas liñas de confrontación que acaban de apuntarse non percorren camiños paralelos, senón que teñen decisivos puntos de contacto: téñenos, en primeiro lugar, porque a confrontación entre capitalismo e socialismo vai ser tamén unha confrontación entre a democracia liberal e a chamada democracia popular, que nega de plano os principios básicos daquela: o pluralismo, a



Documento orixinal da fundación da CECA.



Jean Monnet e o ministro de Exteriores alemán, Hallstein (de perfil), asinan a fundación CECA en 1951. O primeiro paso para a unidade europea deuse no ámbito do mercado do carbón e do aceiro.

separación de poderes e o Estado de dereito; pero téñenos, ademais, porque a competición política democrática entre a esquerda e a dereita estará determinada durante moitos anos en Europa occidental, tamén, pero non só, pola discusión sobre a suposta superioridade do modelo soviético respecto do democrático-burgués, así chamado en tal contexto de debate.

En Europa occidental, que cede con toda claridade trala guerra o papel protagonista político e económico mundial a Norteamérica, o debate ideolóxico e político situarase, de certo,

entre o que convencionalmente chamamos a esquerda e a dereita, ou o que, para os tempos era o mesmo, entre as forzas conservadoras vertebradas ó redor das ideoloxías democrata-cristiá e liberal-conservadora e as forzas da esquerda debedoras das concepcións da socialdemocracia e o comunismo. As primeiras —que, segundo destaca Robert Nisbet no seu estudo sobre o *Conservadorismo*, se vertebran en torno a varios valores esenciais: historia, tradición, propiedade, autoridade, liberdade e relixión— manifestaranse defensoras das tradicións herdadas do pasado nos eidos social e cultural, da

democracia representativa no político e do liberalismo non intervencionista no económico, hexemonizarán os réximes políticos da maior parte dos países do centro e sur de Europa ata os últimos compases do século e alternaranse no goberno coas maiorías socialistas nos do norte desde as primeiras eleccións celebradas na posguerra. A súa evolución en calquera das tres fronte mencionadas foi, en todo caso, a propia do seu concreto tempo histórico, alén da influencia indiscutible que no cambio dalgunhas das súas concepcións puideron ter varios dos acontecementos máis relevantes da segunda metade da centuria: por exemplo, o asinamento ó longo dos cincuenta dos tratados constitutivos das Comunidades Europeas, proceso este do que as propias forzas conservadoras foron en gran medida protagonistas e promotoras; a celebración a comezos dos sesenta das sesións do Concilio Vaticano II, movemento de cambio relixioso que habería ter unha influencia moi significativa nos partidos entroncados coa tradición democrata-cristiá; o comezo a mediados dos cincuenta da guerra de Vietnam, que fortalecerá a posición proamericana das forzas da dereita europea e o antiamericanismo das da esquerda; a construción en 1961 do Muro de Berlín, que contribuirá decisivamente a darlle relevancia política en Europa á Guerra Fría; ou, en fin, a Revolución de Maio do 68, que tenderá a polarizalo enfrontamento dereita/esquerda ó facer xurdir unha nova esquerda antisistema portadora de valores parcialmente

diferentes os da máis *clásica* esquerda occidental.

E é que o campo da esquerda ía estar en Europa Occidental escindido basicamente entre as dúas tradicións xa referidas, a tradición socialdemócrata, que entroncaba, dun xeito ou outro, coa socialdemocracia clásica existente antes da Guerra, e a comunista, defensora ata os anos sesenta, case que de xeito monolítico, do modelo soviético. A esas dúas tradicións, moi maioritaria a primeira nos países do centro e norte de Europa e significativamente presente a segunda nos do sur, virían engadirse logo outras tradicións minoritarias, as máis importantes das cales serán a maoísta, fortalecida tralo éxito na China da Revolución de Mao Tse-Tung en 1949, e as opcións antisistema da chamada *nova esquerda* nacidas coa revolución do 68 en varios países europeos. Fronte ó tradicionalismo cultural e o liberalismo político e económico das forzas da dereita, as da esquerda mostraranse en conxunto defensoras de cambios substanciais nos eidos social e cultural (regulación sobre o divorcio, despenalización parcial do aborto, reivindicación dos dereitos da xuventude e das mulleres, cambios nos costumes, modificación das relacións tradicionais home/muller e fillos/pais, etc.), dun afondamento do sistema democrático no eido da política (mediante a combinación dos mecanismos da democracia representativa, típicos do liberalismo burgués, e da que comezará a coñecerse desde entón como a democracia participativa) e

dun activo papel do Estado no eido da economía, mediante a posta en práctica dunhas políticas, as keynesianas, que desde os anos trinta pasarán a coñecer-se polo nome de quen as defendera en Norteamérica trala durísima crise do ano 29: John Maynard Keynes, partidario do impulso desde o Estado de políticas de déficit susceptibles de posibilitaren unha acción pública sostida de loita contra o ciclo recesivo xerador de crises recorrentes do capitalismo, e dunha redistribución da renda e da riqueza susceptible, pola súa vez, de mante-lo consumo das clases economicamente máis febles, e a demanda global no conxunto do sistema. A sistemática aplicación deste tipo de políticas por parte das socialdemocracias gobernantes nalgúns dos países do centro e do norte de Europa dará lugar, ó longo dos anos cincuenta e sesenta, á creación dun peculiar tipo de Estado democrático, o Estado de benestar (*welfare stata*), no que a democracia non se concibirá xa soamente como un instrumento para a participación de todos no funcionamento do réxime político, senón tamén como un decisivo instrumento da política estatal ó servicio da superación das desigualdades económicas, sociais e culturais.

A socialdemocracia experimentará, de tódolos xeitos, un proceso de profunda modernización do seu discurso e das súas propostas programáticas como consecuencia do propio cambio que se vai producir nun dos máis importantes partidos socialdemócratas de Europa a finais da década dos cin-

cuenta: en 1959 o Partido Socialdemócrata alemán aproba, no curso dun congreso extraordinario, o seu programa de Bad Godesberg, que supón o abandono dalgunhas das máis clásicas posicións socialdemócratas: a afirmación da pluralidade ideolóxica interna do partido; a superación da tradicional posición de enfrontamento coa Igrexa e a afirmación, no seu lugar, dunha nova posición de colaboración; a afirmación da lealdade constitucional e dos métodos democráticos na loita política polos obxectivos do partido; o abandono do dogma das nacionalizacións e a afirmación da libre competencia e da libre iniciativa empresarial como elementos importantes da política económica socialdemócrata; a consideración do partido non unicamente como un partido dos traballadores, senón como un partido de todo o pobo; e, en fin, a crítica radical ó comunismo:

Os comunistas —proclama a introdución do programa de Godesberg— oprimen radicalmente a liberdade. Violan os dereitos do home e o dereito á libre determinación dos homes e dos pobos. Contra este aparello implacable érguense actualmente, en medida crecente, as mesmas poboacións dos países rexidos polos comunistas. Alí tamén se están a producir transformacións. Alí estase tamén a acrecenta-la vontade de liberdade que ningunha dominación pode, co tempo, afogar completamente.

Exactamente dese xeito ía acabar sucedendo. De feito, e como xa apuntei liñas máis arriba, a dinámica democrática de competición electoral dereita/esquerda, activa en Europa Occidental desde a caída dos fascismos e a recuperación da democracia, e a propia

dinámica de competición dentro da esquerda entre partidos socialdemócratas e partidos comunistas, vaise ver arreo entrecruzada pola propia confrontación dos dous modelos de sociedade vixentes no continente desde o asinamento dos acordos que fixan nel as respectivas zonas de influencia: o do capitalismo (e a democracia liberal) e o do socialismo (e a democracia popular). E isto porque os partidos comunistas manifestaranse ata os remates da década dos cincuenta e comezo da dos sesenta, con maior o menor énfase dependendo dos países e das diferentes conxunturas, como avanzados defensores do modelo socialista e das que entón se supuña constituían as súas indiscutibles conquistas económicas e sociais. De feito, ata moi avanzados os cincuenta non se van producir no seo dos partidos comunistas as primeiras reaccións indicativas dun rexeitamento, sequera larvado, do modelo soviético: os iniciais síntomas de cambio serán os posteriores ó esmagamento polos tanques soviéticos da revolución de Hungría do 1956 e, sobre todo, os que subseguen ó golpe que para moitos comunistas de Occidente supuxo o comezo do proceso da chamada *desestalinización*.

Un proceso que ten lugar a penas tres anos despois do pasamento de quen fora desde o seu ascenso ó poder na URSS un semideus para os seus concidadáns, abraiaados ou aterrados polo seu poder omnímodo, e para unha boa parte do movemento comunista internacional: Joseph Vissarionovich Stalin.

Morto dunha apoplexía o 5 de marzo de 1953 e sucedido por Nikita Jruschov, este último pronunciará no XX Congreso do Partido Comunista da Unión Soviética, celebrado en febreiro de 1956, a conferencia celeberrima sobre o culto á personalidade. Por ela, escribe Leszek Kolakowski, na súa obra fundamental sobre *As principais correntes do marxismo*, souberon os delegados no Congreso do PCUS e soubo o mundo enteiro “que quen tiña sido o líder da humanidade progresista, a inspiración do mundo, o pai do pobo soviético, o mestre da ciencia e da cultura, o supremo xenio militar, e, ó mesmo tempo, o maior xenio da historia, era de feito un torturador paranoico, un asasino de masas e un ignorante militar que levará o Estado soviético ó bordo do desastre”. Como é lóxico, a desestalinización abriu unha fenda entre o movemento comunista en Occidente e o que entón comezará a chamarse de forma xeneralizada socialismo *real* —termo que servirá para designa-la realidade do modelo supostamente dexenerado dunha hipotética e posible sociedade socialista *auténtica*— que futuros acontecementos posteriores virían ensanchar ata os límites mesmos do insuperable: a represión armada polas tropas soviéticas da Primavera de Praga, en 1968, marcará, finalmente, un punto de ruptura neste proceso de distanciamento ó provoca-las primeiras reaccións públicas significativas no comunismo occidental contra o dirixismo do PCUS.

Praga significa, de feito, o comezo dunha dinámica de illamento dos países do leste e do modelo socialista que conducirá, dúas décadas despois, á caída do muro de Berlín, símbolo da final creba do modelo: nesa dinámica de illamento da URSS e os seus satélites desempeñará un papel fundamental a popularización, fóra das fronteiras da primeira, do fenómeno da disidencia interna, e a crítica radical ó comunismo que, como una versión anovada do fascismo, gañará terreo na opinión pública europea trala revolución francesa de maio do 68. Téñase en conta, polo que se refire ó primeiro dos fenómenos citados, que en 1970 Alexandr Solzhenitsin, unha das figuras máis sobresaíntes da disidencia soviética, e autor dunha obra narrativa marcada pola denuncia do stalinismo e das súas aterradoras consecuencias sobre o pobo ruso, vai obter o premio Nobel de literatura: para entón, o gran novelista de Rostov tiña escrita xa unha das súas obras máis famosas, *Un día na vida de Iván Denisóvich* (1962), obra que remataba con aquela arrepiante descrición do final da xornada de Shújov, un preso do *gulag*:

Durmíase Shújov plenamente satisfeito. Moitas cousas lle saíran ben no día: non o meteran no calabozo, non mandaran o equipo de Vivendas Socialistas, ó medio día gañou unhas gachas, o xefe pechou ben a porcentada, a parede levantouna Shújov con alegría, non o colleran coa folla no rexistro, pola noite gañou algo con César e comprou tabaco. E non se puxo enfermo, puido con el. Pasara un día sen desgusto ningún, case que ledos.

Xunto a popularización da disidencia, que a concesión do premio Nobel a Solzhenitsin elevou a cotas nunca antes coñecidas no mundo occidental, unha parte dos intelectuais mozos que o maio francés converte de súpeto en *gurús* do novo pensamento contribuíron tamén decisivamente, na súa obsesiva cruzada antimarxista, ó desprestixio do modelo soviético. Un daqueles mozos, Bernard Henry-Levy, escribiría un libro que gozou entón de moito público —*A barbarie con rostro humano*— que comezaba cunha frase que supuña toda unha declaración dos novos principios ideolóxicos que se querían defender: “Son fillo natural —dicía Henry-Levy— dunha parella diabólica, o fascismo e o stalinismo [...] Non coñezo outra revolución que poida servir de exemplo neste século, que esta da peste parda e do fascismo roxo”.

Entra entón, dentro da lóxica, que no contexto que definen as circunstancias apuntadas, a mediados da década dos setenta saltara ás primeiras páxinas da prensa un neoloxismo —o de *eurocomunismo*— que ía facer pronto fortuna e significa-lo último intento por “salva-los mobles”, se se me permite a expresión, dun movemento comunista xa entón en claro retroceso. Como Fernando Claudín, o grande analista do fenómeno, deixou escrito no seu libro *Eurocomunismo e socialismo*:

a intervención militar de Moscova [en Hungría e Checoslovaquia] achegou unha nova proba máis irrefutable ca ningunha outra anterior, de ata qué punto

o réxime edificado baixo Stalin e consolidado polos seus sucesores era incompatible co socialismo democrático, é dicir, co verdadeiro socialismo. Esta demostración colocou entre a espada e a parede os partidos comunistas de Europa Occidental...

Certamente, o eurocomunismo, contemporaneamente presentado polos seus protagonistas —sobre todo polos comunistas italianos, franceses e españois— como unha nova vía de acceso democrática a unha sociedade socialista, que non podía, por socialista, ser máis ca democrática, non foi en última instancia máis que resposta a ese emparedamento dunhas forzas políticas obrigadas polas circunstancias da historia a ter que elixir entre a súa tradicional lealdade á *patria soviética* e a súa necesidade de competir no mercado democrático despois de que o socialismo real entrara en aberto retroceso. En todo caso, sen embargo, a derrota final dos últimos vestixios do autoritarismo de tradición fascista no continente Europeo —as dictaduras española e portuguesa— a mediados dos setenta, o crecente proceso de unión económica e política de Europa, e a crise imparable dos países do mundo socialista —desprestixiados coma nunca desde o triunfo da Revolución do 17 no exterior e obrigados a facer fronte a gravísimas crises económicas e políticas no interior— ía dar ó cabo coa apertura dunha nova situación na que, por primeira vez en todo o século, a democracia parecía ser en Europa o único horizonte de futuro e o único modelo ó que aspirar.

5. A VICTORIA DO PRINCIPIO DEMOCRÁTICO: A CAIDA DO MURO DE BERLÍN, O DOMINÓ DAS LIBERDADES NA CORTINA DE ACEIRO, E O RENACER DA EUROPA EN GUERRA

Como había recoñecer despois con humildade quen entón era presidente da República Francesa e un dos máis influentes líderes políticos na Europa do momento, o socialista François Mitterrand, case que ninguén crería en 1988 que en 1989 había derrubarse o muro de Berlín. Pero, contra todo prognóstico previsible, o proceso de crise do mundo europeo socialista será vertixinoso e imparable en canto a URSS afrouxa a súa presión sobre os países situados na área de influencia soviética. En marzo de 1985 Mijaíl Gorbachov, líder do que de contado ía coñecerse como *perestroika*, convértese en Secretario Xeral do PCUS e a penas transcorridos catro anos, en abril do 89, celébranse na gran república oriental as primeiras eleccións parcialmente en liberdade. Desde esa data, e nun prazo de non máis de medio ano, ponse en marcha un auténtico *dominó* de cambios de modelo económico e político, que vai facer desaparecer nun tempo *récord* a vella armazón das democracias populares situadas tras do que ata entón fora por algúns denominado en Occidente a *cortina de aceiro*: en xuño, os membros do sindicato Solidariedade vencen nas primeiras eleccións parcialmente libres celebradas en Polonia, e en agosto un intelectual católico, Tadeusz Mazowiecki, convértese en primeiro ministro do país; en outubro



Unha das causas da caída do muro de Berlín foi a apertura de fronteiras por parte de Hungría, que facía pouco que se convertera nunha democracia.

Erich Honecker perde o poder na República Democrática Alemana e o 9 de novembro ábrese o muro de Berlín; no mesmo mes, Todor Jivkov cae en Bulgaria, tras do cambio que fixera en outubro a Hungría deixar de ser unha democracia popular; en decembro Nicolás Ceaucescu é expulsado violentamente do poder en Romanía e no mesmo mes, terminando case o ano 89, o escritor disidente Vaclav Havel é eli-

xido presidente da República de Checoslovaquia. Aínda con tódalas dificultades do momento e por riba das moi diferentes situacións dos diversos países afectados polos cambios, o principio democrático semella abrirse paso pouco a pouco: certamente, nun contexto de gran complexidade vanse celebrando eleccións libres e vanse elixindo lexislativos e executivos democráticos que representan as respectivas

maiorías cidadás. O tránsito vai ir, claro, acompañado pola apertura duns sistemas económicos ata entón planificados, que terán que entrar a marchas forzadas no, para eles, difícilísimo camiño da economía de mercado, e polos intentos de modernización económica, social e tecnolóxica de sociedades que as dictaduras comunistas mantiveran nun atraso pavoroso.

Pero, en todo caso, non ían se-los problemas ligados á democratización, á modernización ou a apertura ó mercado das súas economías os máis graves que ía provocar na zona a caída do modelo socialista: e iso porque o proceso de liberación do antigo xugo dos partidos únicos e dos seus *luminosos* dirixentes traduciríase moi pronto nunha explosión de reivindicacións territoriais que, por momentos, pareceu colocar a Europa nos intrínsecos posteriores ó final da Gran Guerra do 14. Aínda que as consecuencias máis visibles desa explosión nacionalitaria afectarían o antigo imperio soviético, que ía ver cómo se independizaban territorios dun lado e doutro da antiga Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas (Estonia, Letonia, Lituania, Ucraína, Chechenia), as máis dramáticas foron, sen dúbida ningunha, as que supuxeron o desmembramento da antiga Iugoslavia, territorio no que se inicia en 1991 un devastador conflito armado que fará renacer todo aquilo que Europa parecía ter esquecido desde o final da Segunda Guerra Mundial: a propia guerra, en primeiro termo, pero tamén algunhas das súas máis tremen-

das lacras asociadas: o racismo, o nacionalismo xenófobo e violento, os campos de concentración, os desprazamentos masivos de poboación e os xenocidios.

Curiosamente, dese xeito, mentres Europa Occidental afondaba ano tras ano un proceso de unidade que a adopción da Acta Única Europea en 1985 pareceu facer xa irreversible, unha parte da antiga Europa socialista entraba nun camiño de atomización territorial que multiplicaba os mini-Estados e dificultaba o proceso de construción dunha verdadeira Europa unida, que se estendera desde o océano Atlántico ata os Urais. Por iso a historia da victoria, por ampliación do seu *espacio vital*, do principio democrático, que resultaba, certamente, paralela á que se viña producindo en todo o mundo, e que levou a alguén a populariza-la tese da fin da propia historia, era tamén a da aparición dalgúns dos desafíos cos que tería de enfrontarse un novo século que era, nesta ocasión, tamén, novo milenio.

6. O SÉCULO XXI: ¿A FIN DA HISTORIA?

No verán de 1989 un entón descoñecido Francis Fukuyama, director adxunto da Oficina de Planificación Política do Departamento de Estado norteamericano, publicaba na revista *The National Interest* un longo artigo titulado “¿A fin da historia?”, que axiña ía transformarse nun texto de referencia indispensable no debate

político e intelectual provocado pola chegada ó poder de Gorbachov, a posterior caída do muro de Berlín e tódolos seus acontecementos asociados. Recorrendo á imaxe acuñada por Hegel, cando, tras identifica-la victoria de Napoleón sobre os prusianos na batalla de Xena (1806) co triunfo dos principios da Revolución francesa, proclamaba, na súa obra *A fenomenoloxía do espírito*, que a historia rematara en 1806, a tese de Fukuyama é que os acontecementos que se están a producir no mundo ó final da década dos oitenta marcan un triunfo do liberalismo e do pensamento liberal que supón tamén *a fin ha historia*:

O século XX ten visto o mundo desenvolvido sometido a un paroxismo de violencia ideolóxica, no cal o liberalismo loitaba contra os vestixios do absolutismo, logo do bolxevismo e do fascismo, e ó final, contra os do marxismo posto o día, que ameazaba con conducir á apocalipse total da guerra nuclear. Pero o século que comezou cheo de confianza no triunfo irrefutable da democracia liberal occidental semella ter descrito un círculo e ter chegado case que de novo ó punto de partida: non a unha 'fin da ideoloxía' e a unha converxencia entre capitalismo e socialismo, como se predixera, senón a unha inquebrantable victoria do liberalismo económico e político.

Alén dos excesos, evidentes ó meu xuízo, da formulación de Fukuyama —pois o capitalismo actual dos países máis desenvolvidos é, efectiva e innegablemente, un sistema *mixto* influído de xeito determinante pola idea orixinariamente socialista da igualdade, de xeito tal que o triunfo da democracia liberal nin supuxo nos oitenta, nin supón dúas décadas despois, o triunfo das ideas do liberalismo

económico— serviu para chama-la atención —velaí o seu éxito inmediato— dun fenómeno dificilmente discutible: o da victoria, por desaparición dos opoñentes, do modelo de democracia representativa que, nado coas revolucións americana e francesa, fora impugnado ó longo do século por dous modelos alternativos finalmente fracasados: o do fascismo e o do comunismo. Un simple dato pode servir para confirmar esta evidencia: mentres en 1900 existían no planeta nove países democráticos con sufraxio universal masculino, no 2000 existen oitenta e oito Estados onde poden votar homes e mulleres e onde os cidadáns gozan de liberdades civís e políticas. Outro, ademais, vén confirma-la transcendencia do anterior desde o punto de vista da extensión *popular* da democracia: a comezos do século XX a democracia era o réxime político do vinte por cento dos países da comunidade internacional, nos cales vivía entón un dez por cento da poboación mundial; cen anos despois, os países democráticos son o corenta e seis por cento e a poboación que neles vive o corenta por cento da mundial.

Polo tanto, ¿a fin da historia? Non o parece, a pesar de todo. Ou polo menos, non máis ca cando Hegel o proclama en 1806, nun momento no que, de feito, os grandes principios da Revolución —a liberdade, a igualdade e a fraternidade—, é dicir, os da historia que entón se abría, a penas estaban a comeza-lo seu lento camiñar polos vieiros do planeta. Lonxe diso, penso

que a victoria, por máis que aínda parcial e cuantitativa e cualitativamente limitada, do paradigma democrático, establece posibilidades descoñecidas no pasado e novos retos, que son xa os do máis próximo futuro.

¿Posibilidades? Sen ningún xénero de dúbidas: a de loitarmos contra os desequilibrios internos e a pobreza en tódolos territorios nos que as institucións democráticas —máis ou menos estabilizadas, máis ou menos eficaces— conviven aínda con niveis escandalosos de desigualdade e inxustiza. E a de loitarmos igualmente, desde o punto de vista das relacións internacionais, contra os actuais desequilibrios norte-sur, que son tamén, aínda que non só, desequilibrios entre os Estados onde existen liberdades políticas e civís e aqueles nos que a ausencia parcial ou total dunhas ou doutras é o habitual. Hoxe, máis que nunca, sabemos que as solucións ós problemas do subdesenvolvemento e da miseria non dependen xa fundamentalmente das posibilidades do avance tecnolóxico, que convive coa presenza da idade media en moitas partes do planeta, senón da busca de novos equilibrios —internos e internacionais— que pasan decisivamente polo universo da política. Hoxe máis ca nunca quedou claro que só a democracia é a solución dos problemas políticos, pero tamén dos problemas económicos xeradores de atraso e de desigualdade social e cultural. A victoria do paradigma democrático é, ten que ser, xa que logo, a da afirmación de que só desde procesos política e econo-

micamente autocentrados é hoxe posible loitar contra as máis graves e escandalosas lacras do planeta: as do autoritarismo e a miseria.

¿Retos?: tódolos que acaban de subliñarse como posibilidades, pois cada unha delas enfronta o mundo a un reto moi difícil. Pero tamén os que son característicos das democracias avanzadas: o de loitar contra o nacionalismo xenófobo e identitario que renace en moitos Estados de Occidente, o de enfronta-los problemas de madurez da democracia (fundamentalmente o da corrupción e o da apatía democrática) e o de converte-la globalización nun dos aliados do progreso evitando que esta poida derivar nun adversario dun mundo máis equilibrado no económico, máis integrado no social e máis plural no cultural. Dese xeito, e se, como dicía ó principio destas páxinas, o século XVIII foi o da Ilustración e as revolucións liberais, o XIX o da consolidación do Estado como aparello de dominio e o XX o do pensamento que derivou da liberdade da vontade do individuo, podería dicirse que o XXI debера se-lo da liberdade da vontade dos pobos do planeta, que non deberían ter que estar xa condicionados dun xeito infranqueable polas súas orixes históricas á hora de tentar busca-lo seu camiño en dereitura á liberdade, á igualdade e á fraternidade. Trataríase, emporiso, de rachar xa de vez con aquel determinismo cego, e por cego indiscutiblemente inxusto, que tan certeiraamente describía Tocqueville, cando en *A democracia en América* escribía

que “ós pobos sempre lles afecta a súa orixe” e que “as circunstancias que acompañaron o seu nacemento e axudaron ó seu desenvolvemento inflúen sobre todo o resto da súa existencia”.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Claudín, F., *Eurocomunismo y socialismo*, Madrid, Siglo XXI, 1977.
- Fukuyama, F., “¿El fin de la historia?”, en *Claves de Razón Práctica*, núm. 1 (abril de 1990).
- Hegel, G. W. F., *Lecciones sobre la filosofía de la historia Universal*, Madrid, Alianza Editorial, 1980.
- Henry-Levy, B., *La barbarie con rostro humano*, Barcelona, Monte Ávila, 1978.
- Kautsky, K., *Parlamentarismo y democracia*, Madrid, Editora Nacional, 1982.
- Kelsen, H., *Esencia y valor de la democracia*, Barcelona, Labor, 1934.
- Kolakowski, L., *Las principales corrientes del marxismo*. Vol. III: *La crisis*, Madrid, Alianza Editorial, 1983.
- Langer, W. L., *Enciclopedia de historia universal*, vols, IV e V, Madrid, Alianza Editorial, 1990.
- Marcuse, H., *El final de la utopía*, Barcelona, Ariel, 1981.
- Marx, K., e F. Engels, *Manifiesto Comunista*, en K. Marx, e F. Engels, *Obras escogidas*, II vols., Madrid, Akal, 1975.
- Mayer, A. J., *La persistencia del antiguo régimen*, Madrid, Alianza Editorial, 1984.
- Nisbet, A., *Conservadurismo*, Madrid, Alianza Editorial, 1995.
- Tocqueville, A. de, *La democracia en América*, II vols., Madrid, Aguilar, 1989.
- Soljenitsin, A., *Un día en la vida de Iván Denisóvich*, Barcelona, Plaza y Janés, 1979.
- Uliánov, V. I. (Lenin), *El Estado y la revolución*, Madrid, Ayuso, 1975.
- *Contra el revisionismo. La revolución proletaria y el renegado Kautsky*, Madrid, Fundamentos, 1975.



TRAZOS XURÍDICOS DUN SÉCULO

Pedro Ortego Gil*
Universidade de Santiago
de Compostela

Tempus fugit. ¿Cabería afirma-lo mesmo do Dereito? Non hai unha resposta unívoca a tan complexa cuestión. En todo caso, a evolución xurídica non se axusta á lenta variación cronolóxica. O cambio de milenio non afecta o Dereito, ou máis ben os diferentes Dereitos con vixencia no orbe. Principios e normas xurdidos hai dous mil anos, ós que se uniu a interpretación dos glosadores e comentaristas pouco despois do ano mil, chegan adaptados e modificados ó terceiro milenio. Caería nun erro quen pense que por superar uns díxitos no calendario se producirá indefectiblemente unha transformación no Dereito.

Máis aínda. A finais do século XVIII iniciouse en Europa, e desde aquí estendeuse paulatinamente a outros continentes, unha nova etapa na lenta transformación do Dereito marcada pola Codificación. De entre tódolos códigos, o máis importante, o político, tamén impuxo o seu nome neste pequeno segmento da evolución xurídica. De aí que se fale do Constitu-

cionalismo e a Codificación para referirse ó período no que aínda nos encontramos.

A vixésima centuria, sen embargo, perfilou os contornos do que haberá de se-lo camiño xurídico, polo menos, do século que abre o terceiro milenio. A consolidación do chamado Estado de Dereito nun ámbito territorial cada vez máis amplo facilitará a extensión real a tódolos seres humanos sen distinción dos dereitos e liberdades declarados universalmente.

En España comezámo-lo século XX cunha Constitución da centuria anterior, a de 1876, e unha Monarquía constitucional que derivou cara a unha dictadura na súa fase final. A súa caída facilitou o chegada da República e unha nova concepción política reflectida na Constitución de 1931, non só cambiou o sistema político de goberno senón que se iniciou o camiño para dar unha nova estrutura ó Estado, o cal ía acompañado dun amplo recoñecemento de dereitos e liberdades para os cidadáns.

* Catedrático de Historia do Dereito e das Institucións.

Unha guerra deu paso a un réxime autoritario que promulgou un conxunto de sete leis fundamentais. Esta peculiar configuración normativa do esquema político superior presentaba dous grandes núcleos a semellanza dos textos constitucionais: a parte orgánica —das Cortes de 1942, de Referendo Nacional de 1945, de Sucesión á Xefatura do Estado de 1947, de Principios do Movemento Nacional de 1958 e Orgánica do Estado de 1967— e a parte dogmática —Foro do Traballo de 1938 e dos Españois de 1945—.

O restablecemento da Monarquía a finais de 1975 e as súas consecuencias políticas máis inmediatas reflectíronse na Lei para a Reforma Política aprobada en referendo a finais de 1976, corpo dispositivo que marca a ponte da transición á democracia e o Estado de Dereito, consolidado nun amplo texto constitucional de consenso, capaz de articular no político-xurídico as aspiracións máis diversas. A nova configuración e articulación das administracións públicas ou o máximo recoñecemento ós dereitos dos cidadáns sen distinción ou discriminación, permitiron afirmalo Estado de Dereito.

Partamos, non obstante, de dous ámbitos diferentes. As ramas do Dereito público foron crescendo a un ritmo, certamente, imparable, invadindo, cada vez máis, aspectos da vida humana persoal e colectiva. Amplas ramas do Dereito privado, pola contra, seguiron máis apegadas á tradición de séculos. As transformacións, en suma, dentro de cada ámbito particular do

ordenamento xurídico sufriron avatares diferentes, marcados tanto polas transformacións políticas como polos movementos socioeconómicos.

A todo isto hai que agrega-la aparición durante o século XX, ou polo menos desde finais do século XIX, de novas ramas do ordenamento xurídico, froito das necesidades derivadas da convivencia social. Así, por exemplo, mesmo cando contara con importantes antecedentes, o Dereito do traballo como rama independente consolidase; o mesmo cabe dicir do Dereito financeiro e do Dereito tributario; o da Facenda Pública; do Dereito comunitario; Dereito ambiental; do Dereito urbanístico; do Dereito... Mentres, o Dereito privado a penas viu nacer algunha rama esgazada, como o Dereito agrario. Transformacións que tamén tiveron o seu reflexo sobre as ensinanzas dadas nas Facultades de Dereito.

Esta foi unha das causas, non a única, pola cal foron xurdindo paulatinamente un conxunto de ramas xurídicas que se foron separando dos diferentes troncos comúns, ata conseguir ter entidade propia. A necesidade de estudar e coñecer estes novos Dereitos contemporáneos propiciou a especialización xurídica: na docencia a través de novas materias; na vida profesional coa aparición de novas figuras encargadas de dar resposta ós problemas que se presentan en cada unha delas.

Noutras ocasións, a aprendizaxe do pasado marcou novas pautas xurídicas, como a importancia adquirida

por algúns ordenamentos supranacionais sobre os estatais, ó convertérense aqueles no *dereito común* de tódolos sometidos ó seu ámbito territorial, a semellanza, salvando a distancia temporal, co Dereito Romano-Canónico o *Ius commune* dos séculos medievais e modernos. Isto produciu unha dimensión máis ampla no seo dos diferentes ordenamentos nacionais, nos que se mesturan de forma complementaria, e non sempre harmoniosa, normas que proceden de institucións diversas, tanto daquelas soberanas coma doutras que recibiron algunhas as súas importantes facultades de forma voluntaria —cabe lembra-la entrega de soberanía en aspectos fundamentais que fixeron os Estados da Unión Europea—. Isto provocou alteracións substanciais nos ordenamentos propios, ó se xera-la obriga de adaptarse fielmente ás normas supranacionais.

Tal influencia dos ámbitos xurídicos internacionais sobre os Dereitos estatais viuse reflectida de maneira substancial na transcendental importancia adquirida polas regulacións dos Dereitos humanos. Cos antecedentes revolucionarios de finais do século XVIII e o reflexo que tiveron nas construcións constitucionais durante as dúas últimas centurias, desde mediados do século XX teñen vixencia universal, en boa medida pola súa concreción normativa, os dereitos considerados como básicos e substanciais do ser humano. A Declaración Universal de Dereitos Humanos do 10 de decembro de 1948 —con antecedentes

desde 1776 e 1789— foi trasladada —xa que non tiña forza obrigatoria para os Estados, pero si moral ou ética— a numerosas constitucións e normas que as desenvolveron, e mostra disto é a Constitución española de 1978 e o desenvolvemento lexislativo do seu Título primeiro. Outro tanto cabe aducir do Pacto internacional de dereitos económicos, sociais e culturais de 1966; da Declaración (1959) e posterior Convención (1989) dos dereitos do neno; ou da Declaración (1967) e a Convención (1979) sobre a eliminación de tódalas formas de discriminación contra a muller. Nun nivel territorial máis restrinxido, cabe mencionala Convención Europea para a salvagarda dos dereitos do home e das liberdades fundamentais de 1950, que favoreceu a existencia dun conxunto de medios legais para facelas respectar e favorecer-lo seu exercicio.

Outro factor que cómpre considerar é a incidencia dos cambios políticos acaecidos na esfera internacional e a súa posible repercusión no nivel estatal, posto que todos eles implican necesariamente un conxunto de modificacións imprescindibles para adapta-la realidade xurídica á política. Neste sentido, por exemplo, a descolonización de territorios africanos ou asiáticos, desde mediados do século XX, levou á independencia a un bo número de Estados que promulgaron constitucións, nun principio, adaptadas ós esquemas da antiga metrópole, é dicir, a esquemas europeos; se ben, con posterioridade, os diferentes

acontecementos destes países xeraron códigos políticos presidencialistas ou de partido único, nos que os dereitos humanos están ben lonxe de acadarse.

Mesmo coa aludida matización, existe certa tendencia á unificación en grandes campos do Dereito internacional, o cal repercute en cascada sobre os Dereitos estatais superando, non sen certos atrancos, os obstáculos derivados das peculiaridades nacionais. Aínda son escasos estes esforzos, máis apreciábeles en grandes rexións continentais —como a Unión Europea ou Mercosur— e centrados sobre cuestións económicas ou novas ramas xurídicas —Dereito aéreo—. Algúns pasos lévanse andado na represión criminal a escala mundial e nas vías procesuais para o axuízamento e castigo de certos delitos por Tribunais internacionais. As dificultades, que nalgúns supostos se poderán superar nun futuro non moi distante, encóntranse no ámbito privado, pois rota a unidade substancial que existiu en boa parte de Europa desde a Baixa Idade Media ata o século XVIII gracias ó *Ius commune* e a súa aplicación subsidiaria en tódolos Estados, faise moi dificultosa, polo menos, unha homoxeneización supra-territorial.

É evidente a xeneralización de textos constitucionais, incluso do Estado de Dereito, pero isto non impide adverti-la distancia, ás veces abismal, entre a teoría legal e a realidade práctica. Por moita presión que faga a sociedade na regulación de certos dereitos —dereito ó traballo, acceso á

vivenda, respecto ás minorías, ós inmigrantes, dereito á educación, por exemplo—, outras forzas poden face-lo contrapeso ante os órganos parlamentarios e gobernamentais na correspondente normativa que reconece e protexe tales dereitos e liberdades, políticas, sociais, económicas ou xurídicas.

Á mencionada condición de cidadáns e os conseguíntes dereitos políticos ou cívicos en xeral coa que chegamos ó século XX, fóronse unindo, de xeito paulatino, as condicións de traballador —cunha eclosión fulgurante de normas que xeraron o Dereito do traballo e da Seguridade Social—, de consumidor e usuario —coas transcendentais repercusións no ordenamento xurídico máis actual—, de seres ociosos —que requiren unha íntegra formación cultural e que han completa-la súa capacidade intelectual con tempos de ocio— e, por último, a máis recente de seres integrados nun medio que hai que respectar e conservar —o que desembocou nunha inxente produción normativa co obxectivo fundamental da defensa ambiental—. Sen esquecer que para chegar a conseguila satisfacción nestas facetas temos que ser, asemade, contribuíntes.

Prodúcese, sen embargo, nestas cuestións certa contradicción. Pídeselle ó Estado que protexa as liberdades dos cidadáns e que garanta os seus dereitos reconecidos nos textos constitucionais; pero, ó tempo, aquel invade aspectos esenciais da actividade humana. O dato máis significativo é o número crecente de leis, decretos e todo tipo de

normas emanadas dos poderes políticos. Este crecemento do ordenamento xurídico, ó longo do século XX, lonxe de ser aritmético é realmente proporcional. A consecuencia disto é un intervencionismo estatal, reclamado ou non, en aspectos económicos e sociais ata ese momento deixados ó libre albedrío dos cidadáns. Neste sentido, as Cortes aprobaron nos últimos vinte anos preto de mil catrocentas disposicións entre leis, validacións de decretos-leis e delegacións legislativas.

O individualismo liberal do século XIX, aínda que non desaparecera de todo, quedou postergado ó mencionado intervencionismo do Estado en numerosos sectores da actividade socioeconómica dos cidadáns. Os factores que provocaron esta situación son moi variados, desde a ampliación das estruturas administrativas e as súas competencias en vastas materias como a educación, a saúde, as obras e os servizos públicos, o fomento da industria, a agricultura, a pesca ou o comercio, en definitiva, a súa participación na planificación máis ou menos intensa da economía; a tendencia á implantación do Estado de Dereito manifestada nos esforzos por garanti-las liberdades democráticas e os mesmos dereitos a tódolos cidadáns; a tendencia á unificación xurídica nacional e incluso internacional en moitas materias que afectan ós cidadáns; a necesaria protección social sobre amplos sectores sociais, garantindo a asistencia médica e educativa, así como o amparo dos dereitos laborais ou intelectuais, entre outras.

Punto especialmente crucial con referencia ó último aspecto citado é a multiplicación de normas que ampararon a igualdade entre homes e mulleres ó longo de todo o século XX. A aceptación na maioría dos ordenamentos do sufraxio universal a finais da década de 1910, ata o recoñecemento do principio de que “a igual traballo, igual salario”, fóronse borrando vellas discriminacións como o predominio do principio de masculinidade ou a necesidade de completa-la capacidade xurídica da muller para a realización da maior parte das relacións contractuais, en especial da muller casada. A equiparación plena entre homes e mulleres foise conseguindo pola vía normativa de forma moi lenta e complexa, a pesar do cal non se pode falar aínda dun recoñecemento universal. E esta progresiva tendencia á igualdade permitiu, de forma paralela, ir eliminando outras antigas discriminacións nas relacións paternofiliais, como puidera se-la equiparación entre os chamados hoxe fillos matrimoniais e extramatrimoniais, ou o mesmo recoñecemento dos dereitos do neno.

A propia necesidade de protección dos máis desfavorecidos reflectiuse nos ordenamentos xurídicos. Non só as protestas sociais, tamén un criterio permanente por mellora-la vida dos seres humanos, propiciou normas encamiñadas a rexeitar calquera discriminación por razón de orixe, por problemas físicos ou psíquicos, idade, etc.; e favoreceuse, amparada pola lexislación, a integración de persoas que pre-



Tanto na lexislación do Estado coma na proveniente da Comunidade Europea, a saúde laboral é un tema amplamente tratado.

sentan minusvalías nun plano de igualdade. Con moitas dificultades, as minorías van sendo protexidas, polo menos por unha conciencia social e xurídica que ten como verdadeiro sinal de identidade o ser humano considerado en si mesmo. A asistencia sanitaria obrigou os Estados a promulgar normas transcendentais para facela chegar a todos.

Esta tendencia manifestouse, ultimamente, na necesidade de recoñecer nos ordenamentos xurídicos un con-

xunto de dereitos ás persoas procedentes doutros lugares, que chegan buscando traballo ou fuxindo da represión política dos seus países de orixe. Neste sentido, cabe mencionala Lei Orgánica do 1 de xullo de 1985, sobre dereitos e liberdades dos estranxeiros en España, e o Regulamento de execución, aprobado por Real Decreto do 2 de febreiro de 1996; Lei do 26 de marzo de 1984, reguladora do Dereito de Asilo e da Condición de Refuxiado, e o seu Regulamento e normas complementarias do Tratado da Unión Europea e sobre

Protección dos Dereitos Humanos e das Liberdades Fundamentais.

Incluso, o amplo campo das relacións laborais e de protección social permitiu desenvolver unha, cada vez máis, abundante lexislación sobre estas cuestións. O século XX preséntase como o das conquistas por parte dos traballadores dun conxunto de dereitos, regulados polo Estado e amparados por grandes organizacións sindicais que fan presión sobre aquel. Con validez case universal, agás nalgúns lugares onde aínda se dá a explotación das persoas, hoxe recoñécese a xornada laboral de menos de 40 horas semanais, as pensións de velez, as vacacións pagadas, a seguridade social, a libre sindicación, os convenios colectivos ou o dereito de folga.

A realidade palpable do tradicional principio en virtude do cal “o descoñecemento das leis non exime do seu cumprimento”, a pesar de estar consagrado en numerosas normas e facilitar-se tal coñecemento mediante a súa publicación nos diarios oficiais ou bases de datos, está moi lonxe de ser certo. Abonda con achegarse ós andeis onde se gardan encadernados os tomos do Boletín Oficial do Estado ou dos diarios oficiais das Comunidades Autónomas, sen esquecer-las normas promulgadas por outras institucións inferiores, ou ás coleccións lexislativas máis coñecidas para asegurarse desta realidade. Sen esquecer-las modificacións que, sobre os máis variados asuntos, se fan en numerosas leis a través da Lei de orzamentos de cada ano. A regu-

lación normativa dunha mesma materia pode estar publicada no Diario da Europea, o Boletín Oficial do Estado, no Diario Oficial de Galicia e, ás veces, nas ordenanzas municipais. Ademais, non tódolos textos que se publican conteñen disposicións normativas en sentido estricto, polo que se os cidadáns pretenden coñecer calquera regulación xurídica o máis fácil, aínda que non sempre o máis económico, é acudir ós profesionais do Dereito.

A regulación de certas materias, con todo, lonxe de poder encadrarse como antano no seo dunha única rama do Dereito, é obxecto na actualidade de concorrencia normativa desde ángulos xurídicos en ocasións moi distantes. Isto propiciou, ademais, que os nidos perfís que caracterizaban e puideran separar aquelas ramas se borrarán ou esvaerán.

E aínda que se puidera pensar que, ante tal avalancha de textos normativos, o Dereito vai parello ou é reflexo da evolución social, isto non sempre é así. Denúnciase arreo a lentitude na formulación xurídica para solucionar non poucas situacións problemáticas, o atraso na súa tramitación parlamentaria ou a insuficiencia dalgunhas das súas medidas. Moi poucas destas disposicións, ademais, afectan ó Dereito civil ou ó penal, mentres que as que inciden nos Dereitos administrativo, fiscal, tributario ou laboral crecen de modo galopante. Tal actividade non é propia ou peculiar de ningún Estado, pois está xeneralizada por tódalas partes.

Vistos, a grandes trazos, certos aspectos esenciais da evolución xurídica do século XX, cómpre introducirmos no mundo xurídico que nos resulta máis próximo, o español e, por extensión, o galego. Con independencia das transformacións políticas habidas en España e, como resulta evidente, as súas consecuencias no ordenamento xurídico, os esquemas substanciais responden con certo atraso á evolución xeral detallada.

No campo do Dereito público e, en concreto, do administrativo, viron a luz, ó longo da centuria que abandonamos, transcendentais leis que regularon a actuación das institucións administrativas —aí están os corpos normativos polos cales se regula o réxime local e, sobre todo, as administracións central e territorial— xunto doutras que pretenden suxeitalas complexas estruturas administrativas a certos comportamentos na súa relación cos cidadáns. Os exemplos máis coñecidos son os das Leis da xurisdicción contencioso-administrativa de 1956, derogada pola promulgada en xullo de 1998; de Réxime Xurídico da Administración do Estado de 1957 e de Procedemento Administrativo de 1958, refundidas na Lei do réxime xurídico das administracións públicas e do procedemento administrativo común, tanto no seu texto de 1992 como de 1999; ou a Lei de organización e funcionamento da Administración xeral do Estado de 1997. Normas que habería que ampliar con algúns textos similares das Comunidades Autónomas.

A estrutura territorial do Estado durante boa parte do século que conclúe articulouse sobre as provincias e os municipios. O primeiro cuarto da centuria estivo marcado polas Leis provincial e municipal procedentes da Restauración. A chegada de Primo de Rivera ó poder supuxo certo cambio reflectido nos Estatutos municipal (1924) e provincial (1925). A Segunda República andou vacilante na configuración dos órganos de goberno destes niveis administrativos, xa que partiu do restablecemento das Leis municipal de 1877 e provincial de 1882, aínda que a primeira foi modificada en 1935. Con posterioridade promulgáronse diferentes Leis de réxime local, tanto de bases coma textos refundidos, entre elas, a de 1945 desenvolvida en 1950 e a súa refundición en 1955, a do 19 de novembro de 1975 —data certamente emblemática— e o último texto aprobado en 1985. Non obstante, nestes aspectos é preciso ter en conta as competencias asumidas na actualidade polas Comunidades Autónomas.

Emporiso, o máis singular da configuración territorial do Estado xorde durante a Segunda República, aínda que houbo que esperar ó restablecemento da Monarquía para que aquel obxectivo asentara de vez: os Estatutos de Autonomía. Pasouse dunha estrutura fortemente centralizada a unha configuración autonómica nos territorios que con máis afán o pediron no tránsito do século XIX ó XX. Na etapa republicana chegaron a promulgarse os Estatutos do País Vasco e Cataluña,

mentres o de Galicia era aprobado en plebiscito. O proxecto quedou axiña frustrado e volveuse á ríxida centralización xerárquica. O rexeitamento a esta, unha vez implantado o sistema democrático, permitiu volve-la mirada á concepción autonómica dos diferentes territorios que conformaron España, o que deu orixe, primeiro, ós entes preautonómicos e, máis tarde, ás Comunidades Autónomas. Establecéronse non só nos mencionados senón que se xeneralizou a todo o Estado. Polo tanto, non pode estraña-la cualificación de “España das Autonomías”. Correspondeulle á Constitución de 1978 propicia-la nova realidade territorial recollida nos Estatutos de Autonomía do País Vasco e Cataluña (1979), Galicia (1981), Andalucía e Asturias (1981) ata os de Extremadura, Baleares, Madrid e Castela-León (1983), sen esquecer-los das cidades de Ceuta e Melilla (1995). Algúns deles foron obxecto de modificacións, pero os catro primeiros xunto cos de Canarias e Navarra permaneceron inalterados.

A actuación de tódalas instancias administrativas está indefectiblemente unida á obtención de recursos económicos. A determinación dos ingresos e gastos do sector público plásmase cada ano nas leis de orzamentos aprobadas polas Cortes. Elemento imprescindible nos cálculos da Facenda pública é unha eficaz captación de recursos tributarios. Ó longo do século XX en España foron varias as reformas tributarias que intentaron, na maioría dos casos sen o conseguir, alcanza-la eficiencia. Boa

parte delas derivaron de acontecementos políticos relevantes: a de Fernández Villaverde tralas perdas coloniais, a de Calvo Sotelo que creou os monopolios durante a Dictadura de Primo de Rivera, a de Larraz trala Guerra de 1936-1939, a de 1964 froito dos Plans Nacionais de Desenvolvemento e as dos gobernos democráticos para axustala nosa economía dentro da Unión Europea, dentro dun marco económico mundial. Na actualidade prima nestas normas a volatilidade, pois en poucos meses se converten en Historia do Dereito financeiro e tributario.

Por outra parte e desde a perspectiva do Dereito privado entendido nun sentido amplo, non hai que esquecer que entre 1881 e 1889 se promulgaron a Lei de axuizamento civil, de axuizamento criminal e os Códigos civil e de comercio. Coas súas oportunas modificacións, as dúas primeiras estiveron vixentes case todo o século XX ata que, como consecuencia da Constitución de 1978 e a necesaria adaptación á situación social, foron derogadas por outras concordes ás novas circunstancias. Pola contra, os citados códigos aínda continúan vixentes, a pesar de que a aparición de novos problemas, sobre todo no ámbito mercantil, deu orixe á promulgación dun número considerable de normas especiais, capaces de enche-las lagoas dos corpos decimonónicos sen necesidade de proceder á complexa tarefa de elaborar uns novos textos.

O Código civil, aínda cando permaneceu como un único corpo legal,

sufriu ó longo da súa vixencia numerosas, importantes e substanciais reformas, mantendo, non obstante, o seu número de artigos e estrutura básica. De entre estas reformas cabe mencioná-las que se levaron a cabo durante a Segunda República en materia de familia, divorcio ou matrimonio civil; as rebaixas da maioría de idade —ós 21 anos en 1943, por exemplo—; a nova regulación que se deu en 1958 a numerosos preceptos que afectaban, fundamentalmente, a capacidade xurídica da muller, suprimindo limitacións e recoñecéndolle certos dereitos nos ámbitos familiar e sucesorio; ou a do Título preliminar verificada de acordo coa Lei de Bases do 17 de marzo de 1973 e o Decreto do 31 de maio de 1974 que continúa o texto articulado, dando un novo perfil ás cuestións esenciais de calquera ordenamento xurídico.

Como a calquera transformación política lle seguen en cascada outras xurídicas, a partir da Transición democrática introducíronse substanciais modificacións nos meses de maio e xullo de 1981 polo que se refire a aspectos básicos da convivencia familiar, como a separación, o divorcio e o procedemento para resolvelos, así como unha nova regulación en materia de filiación, patria potestade e do réxime económico-matrimonial. En virtude da Lei do 3 de marzo de 1989 establecéronse medidas para favorecer a igualdade de trato á muller, cuestión ampliada con posterioridade na Lei do 15 de outubro de 1990 de reforma do Código civil en aplicación do principio

de non discriminación por razón de sexo.

A necesidade de enche-las lagoas do Código civil en aspectos moi concretos supuxo a aparición de textos normativos coa finalidade de responder ás solucións que demandaba a sociedade. Quizais un dos puntos máis interesantes é o referido ós arrendamentos rústicos —obxecto de regulación lexislativa moi importante entre 1935 e 1980—, coas peculiaridades dos máis antigos —os chamados arrendamentos históricos, de gran repercusión en Galicia—; ou os arrendamentos urbanos, en especial os alugueiros de vivendas de suma transcendencia para a maioría das familias —desde a Lei de Bases de 1955, o texto articulado do ano seguinte, a Lei de 1964 e a súa última regulación de novembro de 1994—.

Do Dereito propiamente civil fóronse esgazando de forma paulatina, se ben aínda non adquiriron vida propia dentro das ensinanzas universitarias, o Dereito hipotecario e o Dereito notarial, o Dereito agrario —hoxe xa admitido nalgunhas universidades como materia optativa—, etc.

Por outra parte, a Lei de Bases de 1888 para a redacción do Código civil dispoñía que o Goberno, oída a Comisión Xeral de Codificación, presentaría ás Cortes uns Apéndices coas institucións forais que se habían conservar. Este obxectivo non se cumpriu malia que se elaboraron algúns traballos preparatorios; publicouse unicamente o Apéndice de Aragón en 1925.



Pouco a pouco estase a logra-la igualdade da muller no traballo e noutros ámbitos da vida cotiá.

Ante as críticas que recibiu este texto e por non se ter conseguido o obxectivo marcado, desde os foros doutrinais propiciouse a busca de novas solucións. A pesar do tempo transcorrido, os Apéndice non se promulgaban e a cuestión civil foral mantíñase vixente. Trala celebración dun Congreso Nacional de Dereito civil en Zaragoza en 1946, adoptáronse unha serie de conclusións co obxectivo final de elaborar un Código civil xeral para toda España. O paso intermedio sería a compilación das institucións forais non desaparecidas ou obsoletas, restable-

céndolas e tendo en conta a súa vixencia; investigar sobre as fontes xurídicas xerais e as institucións forais; e a futura realización dun novo Congreso de Dereito civil para determina-la forma e o carácter do novo Código civil xeral. Un Decreto de 1947 e outras disposicións creaban as comisións que redactarían as Compilacións dos Dereitos civís forais, promulgadas entre 1959 (Biscaia e Álava) e 1973 (Navarra). A Compilación de Dereito civil especial de Galicia foi aprobada o 2 de decembro de 1963.

En todo caso, este réxime foi alterado polas respectivas asembleas lexislativas das Comunidades Autónomas a partir do recoñecemento que desta competencia recolle o artigo 149.1.8ª da Constitución e o seu desenvolvemento estatutario, o que permitiu promulgar novas disposicións que compendian, actualizan —superando incluso a terminoloxía medieval— e adecúan á Norma fundamental os seus respectivos contidos. As institucións que regulan afectan, con carácter xeral, ó réxime económico-matrimonial, ó Dereito sucesorio, ás servidumes e dereitos reais e á regulación de contratos de natureza agraria. Ó abeiro deste marco promulgouse a Lei de Dereito civil especial de Galicia do 24 de maio de 1995.

No ámbito xurídico mercantil cabe recordar que o Código de comercio, promulgado o 22 de agosto de 1885, continúa vixente a pesar de regular aspectos xa superados como consecuencia da axilidade na actividade mercantil. Intentou, no seu momento, derroga-las limitacións dos españois para negociar, potenciación do Rexistro mercantil, liberdade de forma nos contratos, etc. Non obstante, tivo notables carencias, de maneira que aínda manteñen a súa vixencia certos artigos do Código de 1829 en cuestións procesuais de creba e, sobre todo, porque a materia contractual avanza tan rapidamente que naceu antigo. O defecto non era novo, pero hoxe en día agrávase a situación. O xiro comercial, a internacionalización da economía e a rapidez das modernas comunicacións de todo

tipo motivaron unha profunda transformación na actividade mercantil, á que non sempre dá solucións rápidas o ordenamento xurídico, con independencia da integración legal de figuras creadas á marxe das canles xurídicas admitidas. Sirva como mostra a contratación bolsista, regulada pola Lei de Mercado de Valores de 1988, amais das normas que inciden nas institucións de investimento colectivo e nas entidades de capital-risco.

A evolución do Dereito mercantil obrigou a dictar unha serie de leis especiais naquelas cuestións non suficientemente reguladas polo Código de comercio, como tamén nas que xurdiron con posterioridade á súa publicación. Aí están as Leis de Sociedades Anónimas (1952, substituída en 1959, obxecto de novas regulacións parciais ata refundirse no texto de decembro de 1989), de Responsabilidade limitada (de 1953, modificada en 1989 e, por fin, a Lei do 23 de marzo de 1995), de Sociedades Anónimas Laborais (Lei de abril de 1986), de Cooperativas (Leis de 1987 e 1999), do Contrato de Seguro (Lei do 8 de outubro de 1980), Cambiaria e do Cheque (1985), de Ordenación do comercio polo miúdo (Lei do 15 de xaneiro de 1996), por exemplo.

Particularidades importantes xeraron, pola súa vez, novas ramas separadas do tronco común do Dereito mercantil: o Dereito industrial, o Dereito da navegación aérea, etc. Xurdiron novas leis para regular aspectos esenciais nestes puntos, como a Lei xeral de telecomunicacións de 1998, a Lei xeral de

publicidade de 1988, a Lei do Sector eléctrico de 1997, a Lei de ordenación dos transportes terrestres de 1987 mailo seu Regulamento de 1990, a Lei de defensa da competencia de 1989, a Lei de competencia desleal de 1991, a Lei de patentes do 20 de marzo de 1986, a Lei de marcas do 10 de novembro de 1988, o Estatuto da propiedade intelectual (RDL do 12 de abril de 1996), a Lei do 16 de xullo de 1992 de Industria, etc. Este é, sen embargo, un campo moi aberto a regulacións internacionais, pese ás necesarias matizacións xurídicas en cada Estado.

Sen dúbida a rama xurídica á que afectan máis os cambios políticos é o Dereito penal. Neste sentido, son varios os códigos que tiveron vixencia ó longo do século XX. A entrada nesta centuria fíxose co Código Penal de 1870, que xa desde os últimos anos do século XIX e os comezos do seguinte recibiu bastantes censuras, que se foron facendo cada vez máis duras ata descalificalo en conxunto. A pesar delas prolongou a súa vixencia durante máis de medio século, sacando o período 1928-1931 no que rexeu o Código aprobado pola Asemblea Nacional a instancias do Gabinete de Primo de Rivera, se ben nunca un texto semellante foi obxecto de tan duras críticas.

Proclamada a República, un Decreto do 15 de abril de 1931 dictado polo Goberno provisional anulou —que non derogou— o Código de 1928, restablecéndose a vixencia de 1870. Non obstante, por non se encontrar conforme ó novo marco político,

dispúxose a redacción dun anteproxecto, ó que precedeu unha Lei de Bases aprobada polas Cortes. O Código penal foi publicado o 5 de novembro de 1932. Recolleu os principios políticos e constitucionais vixentes —supresión do adulterio e do amancebamento, creación do delito de usura—, acrecentou a tendencia humanitaria sobre o delincente, optou a clasificación das infraccións en delitos e faltas, reduciu as agravantes, aumentou as atenuantes e suprimiu a cadea perpetua e a pena de morte. Así e todo, esta restableceuse para os delitos de terrorismo en 1934. Durante a súa vixencia, os cambios no Consello de Ministros propiciaron diversas leis especiais de represión criminal e a consecuencia foi un endurecemento da situación real.

Os primeiros gabinetes do xeneral Franco comezaron a elaborar un novo proxecto de Código penal adaptado á ideoloxía triunfante. Os intentos de reforma non fructificaron ata 1944, partindo da introducción de substanciais modificacións no Código de 1932 —maior severidade das penas, admisión da pena de morte, inclusión de novas agravantes—. Por Decreto do 23 de decembro de 1944 aprobouse e promulgouse o Código penal. A abundante lexislación penal extravagante ó Código, motivou que este fora obxecto de novas e profundas reformas en 1963 e 1973, orixe esta última dun texto refundido.

Durante a Transición política, este Código penal foi obxecto de profundas reformas —en especial a urxente e par-

cial levada a cabo en xuño de 1983, ou a actualización que se fixo seis anos despois—, mentres que de modo paralelo se elaboraban novos proxectos que finaban durante os primeiros trámites parlamentarios. A promulgación do Código penal a finais de novembro de 1995 no foi pacífica. Se con anterioridade foran os cambios políticos os efectos da transformación da normativa criminal, na actualidade a maioría das alteracións prodúcense como consecuencia da presión social, ou máis ben da opinión pública, ante a sensibilidade que producen na nosa cidadanía a comisión de determinados delitos. Non se pode esquecer que mentres os códigos decimonónicos tiñan unha vontade de permanencia indefinida, na actualidade as modificacións no ámbito criminal sitúan o Código de 1995 na perspectiva contraria: frecuentes reformas.

Na actualidade vai adquirindo entidade propia o Dereito penitenciario, como rama especializada dentro do campo máis amplo del Dereito penal, unido ou non á Criminoloxía. Advírtase, neste sentido, que unha das primeiras leis aprobadas trala Constitución de 1978 foi a Lei xeral penitenciaria en 1979, modificada ó concluír 1995. Tamén este ano se adoptou unha medida de gran transcendencia, xa que se produciu a abolición da pena de morte en tempo de guerra por Lei do 27 de novembro de 1995.

Con relación á configuración do Poder Xudicial, a norma que estivo vixente durante máis dun século foi a promulgada o 15 de setembro de 1870

co nome oficial de Lei provisional sobre a organización do poder xudicial. A Lei sería posteriormente completada mediante a Lei adicional do 14 de outubro de 1882, na que se introducía o xuízo oral público en primeira instancia para os procesos criminais. Aquel corpo legal legal estivo vixente durante máis de cen anos ata ser derrogado o 1 de xullo de 1985 pola nova Lei Orgánica, reformada en 1988 —o que permitiu a creación dos xulgados do penal—, 1994, 1997 e 1988. Nela regúlanse a planta e organización dos Tribunais, establécese o modo de selección dos xuíces, ó tempo que se declaran os principios de inamovibilidade e responsabilidade destes. De acordo coas novas necesidades foi preciso elaborar unha nova Lei de planta e demarcación xudicial de decembro de 1988, pois a grandes trazos mantíñase a distribución territorial do século XIX. Foi tamén modificado o procedemento de acceso dos xuíces á carreira xudicial.

Estas leis de organización xudicial víronse completas en dous momentos diferentes con cadansúa lei do xurado, pola Lei do 27 de xullo de 1933 durante a República e coa Lei Orgánica do 22 de maio de 1995. Esta última, desenvolvemento dun precepto constitucional que tiña como obxecto fundamental facilita-la participación activa dos cidadáns na Administración de xustiza.

Cabe resaltar, por último, a intervención de certos órganos xurisdiccionais superiores, en especial dos Tribunais Superiores de Xustiza en

determinadas comunidades, e do Tribunal Supremo no ámbito do Estado, na fixación da doutrina legal. Incluso hai que salienta-la transcendental importancia que ten a xurisprudencia emanada do Tribunal Constitucional (regulado pola Lei Orgánica do 3 de outubro de 1979, modificada en 1985, 1999 e 2000), así como doutras institucións xudiciais internacionais, pois as súas decisións repercuten na configuración da armazón xurídica interna, como o Tribunal das Comunidades Europeas con sede en Luxemburgo, o Tribunal de Dereitos Humanos de Estrasburgo ou o Tribunal Internacional da Haia.

Pola súa parte, a Lei de axuizamento civil, promulgada o 3 de febreiro de 1881, permaneceu vixente coas necesarias adaptacións nalgúns asuntos —como a urxente, xeral e profunda verificada en 1984— ata a súa derrogación pola Lei do 7 de xaneiro de 2000. Unha vida similar tivo a Lei de axuizamento criminal de 1882, considerada durante moito tempo como unha excelente lei procesual que, con retoques substanciais e parciais para a súa adaptación ós cambios en materia de política criminal, rexeu máis dun século. Das reformas efectuadas na lei procesual criminal cabe resalta-las levadas a cabo pola Lei do 28 de xuño de 1933 sobre recursos de casación —modificada en datas recentes—, as Leis do 8 de xuño de 1957 e 30 de xullo de 1959 sobre o procedemento de urxencia para resolver certos delitos, do 11 de novembro de 1980 de axuizamento oral de delic-

tos dolosos, menos graves e flagrantes, do 28 de decembro de 1988 sobre o procedemento abreviado, ou a Lei Orgánica do 24 de maio de 1984 de *habeas corpus*.

Tódalas reformas verificadas ó longo do século XX en España tenderon en materia procesual a conseguir unha redución na tramitación dos xuízos e a conseguir un abaratamento do custo da xustiza para os cidadáns facilitando en certos casos a súa gratuidade, queixosos, coma nos vinte séculos anteriores, da lentitude na resolución dos conflitos que máis lles afectaban. Desde a perspectiva estritamente xudicial, tratouse de delimitar, cada vez máis, os supostos de casación e evitar que as vías procesuais se converteran nun medio para atrasar inevitablemente a súa primixenia función: facer xustiza.

Doutra parte, a mencionada condición de traballadores xerou, desde finais do século XIX, pero sobre todo do que acaba de rematar, o xurdimento dunha rama xurídica autónoma de gran repercusión na nosa vida: o Dereito laboral. As conquistas efectuadas polos traballadores asalariados durante a segunda metade do século XIX conduciron á promulgación en España dun pequeno número de disposicións reguladoras da actividade laboral. A partir de 1873 iníciase un longo camiño que permitiu a configuración do Dereito do traballo como unha verdadeira rama con entidade propia. O camiño é fecundo desde as primeiras leis reguladoras de



Cando un conflito colectivo acaba nunha folga á que ten dereito o traballador, tamén os usuarios teñen dereito a uns servizos mínimos.

aspectos tan esenciais hoxe en día como a xornada de traballo ata a promulgación do Estatuto dos Traballadores. Foron infinidade de preceptos os que se dedicaron a regula-los contratos de traballo, os convenios colectivos, as relacións laborais especiais, a representación dos traballadores, o dereito de sindicación, as folgas e outros conflitos colectivos, as sociedades laborais (Lei do 24 marzo de 1997) ou as cooperativas (Lei do 16 de xullo de 1999). O mesmo cabe sinalar sobre todo o referente á asistencia social ós traballadores, recollido para España no R.D.L. do 20 de xuño de 1994 polo que se aprobou o texto refundido da Lei xeral da Seguridade Social.

O século XX comezaba coa promulgación das Leis do 30 de xaneiro de 1900 sobre accidentes de traballo e do 13 de marzo de 1900, que estableceu as condicións de traballo das mulleres e dos nenos; ás que seguiron, entre outras, a do 8 de marzo de 1904 sobre descanso dominical; a do 27 de abril de 1909 que permitiu a obreiros e patróns formar e soste coalicións e folgas; a do 20 de febreiro de 1912, coñecida como *Lei de la Silla*, de acordo coa cal “toda empleada podrá utilizar su asiento mientras no lo impida su ocupación”. Un Decreto do 20 de xuño de 1902 regula, por primeira vez no noso Dereito, o contrato de traballo como contrato intervido pola Administración e non deixado en exclusiva ó albedrío das partes. Regulación esta última superada bastantes anos despois pola Lei de contrato de traballo do 21 de novembro de 1931.

Anos máis tarde fóronse regulando outras conquistas laborais. Así, en virtude do Real Decreto do 3 de abril de 1919, estableceuse a xornada máxima legal en oito horas diarias ou corenta e oito semanais. Obxecto de nova regulación pola lei sobre xornada máxima legal do 9 de setembro de 1931.

Parte destas conquistas mantivéronse no Foro do Traballo da época franquista. Pero o transcendental cambio político que supuxo a Transición política e as novas concepcións que regulaban a actividade laboral en países do noso contorno, obrigaron a introducir unha profunda reforma de regulación na normativa sociolaboral,

froito da cal é o Estatuto dos Traballadores do 10 de marzo de 1980 e a posterior Lei básica de emprego do 8 de outubro de 1980. A abundancia de normas sobre esta materia deu lugar ó R.D.L. do 24 de marzo de 1995 polo que se aprobou o texto refundido do mencionado Estatuto.

O complemento necesario para poder obter e, de se-lo caso, pór en práctica as reformas sociolaborais, deu orixe a un conxunto nada desdeñable de institucións nas que participaron dun xeito ou doutro o Goberno, os patróns e os obreiros. Xurdiron, entre outros, o Instituto de Reformas Sociais creado por Real Decreto do 23 de abril de 1903; o Instituto Nacional de Previsión, creado por Lei do 27 de febreiro de 1908; ata chegar á primeira creación do Ministerio de Traballo en virtude dun Real Decreto do 8 de maio de 1920. Con maior repercusión práctica foron establecidos os Tribunais Industriais mediante Lei de 1922 e, con posterioridade, os Xurados Mixtos por Lei do 27 de novembro de 1931. O cambio de réxime deu lugar ós chamados sindicatos verticais, nos que participaron empresarios e traballadores, así como ó establecemento da xurisdicción laboral ou social. A chegada da democracia deu paso á liberdade de sindicación, á constitución de asociacións empresariais, a novos foros institucionais como o Consello Económico Social, etc.

A todo este conglomerado de normas, sería preciso agrega-las que regularon as prestacións sociais dos obrei-

ros e desempregados, as que incidiron sobre os accidentes de traballo, o control da aprendizaxe laboral, as retribucións salariais e un longo etcétera, no que merecería unha especial mención a regulación dos dereitos de sindicación e folga. En todo caso, a influencia de certos convenios internacionais nesta materia repercutiu favorablemente no noso ordenamento.

Á condición de traballadores unímo-la de usuarios, reivindicando a necesaria protección por parte do Estado o cal, pola súa vez, xerou un amplo espectro de normas a un ritmo crecente. Fronte ás industrias, sociedades ou sectores económicos poderosos, a lexislación tratou de protexe-los individuos particulares debido á súa situación máis débil nas relacións contratuais que asinan con aqueles. Aparecen, por iso, Leis como a do 13 de xullo de 1998 de venda a prazos de bens mobles ou a do 23 de marzo de 1995 de crédito ó consumo, e a máis importante: a Lei xeral para a defensa de consumidores e usuarios de xullo de 1984, que foi singularizada para os diferentes sectores, xunto co Real Decreto de 1990 sobre o dereito de representación, consulta e participación daqueles.

Esta necesidade de protección foise ampliando ante a gran cantidade de datos manexados tanto polas empresas como pola propia Administración, información na maioría dos casos sensible para as nosas vidas, e ante o imparable avance tecnolóxico os Estados tiveron que establecer restric-

cións para preservar a intimidade dos cidadáns. Nesta liña enmárcanse a Lei Orgánica de tratamento automatizado de datos de carácter persoal do 29 de outubro de 1992, que veu complementala Lei Orgánica de protección do dereito ó honor, á intimidade persoal e familiar e á propia imaxe, do 5 de maio de 1982, reformada en 1985.

Apuntei máis arriba que, como seres que habitámo-la Terra, estamos obrigados a conservala. A presión social e de coñecidas organizacións internacionais levou consigo o xurdimento nas dúas últimas décadas do século XX dunha nova rama do Dereito, cada vez máis puxante pola influencia que sobre ela exercen ámbitos tan variados como o xurídico, a bioloxía, a sanidade en xeral, a educación ética ou a química, por exemplo. O Dereito ambiental—sen dúbida sobre o de ‘medio’, posto que a protección ten que ser completa—implicou que tódalas administracións públicas, desde as municipais ás estatais, pasando por territoriais, ou as grandes institucións internacionais sexan conscientes da necesidade de fixar normas de obrigado cumprimento e severos castigos para facilitar a conservación da natureza. Neste sentido, a histórica regulación de montes continúa sendo de grande importancia neste ambiente conservacionista.

Coa finalidade de avanzar un pouco máis nesta materia e obter resultados adecuados, dictáronse nos últimos anos do século algunhas disposicións interesantes, como a Lei do 22 de decembro de 1972 de protección do

ambiente atmosférico, a Lei do 27 de marzo de 1989 de conservación de espazos naturais e da flora e fauna silvestres, ou o Real Decreto do 7 de decembro de 1995 que estableceu medidas para garantir a biodiversidade. Como complemento daquelas engadíronse desde hai varias décadas os preceptos dedicados a regular as actividades molestas, insalubres, nocivas e perigosas ata concluír máis recentemente coa Lei de residuos do 21 de abril de 1998.

Incluso, unha maior atención ó desenvolvemento científico nestas e outras áreas viuse no seu momento amplamente favorecida pola creación do Consello Superior de Investigacións Científicas, ademais das tarefas que levan a cabo as universidades. Esta actividade foi obxecto de regulación específica na Lei de fomento e coordinación xeral da investigación científica e técnica do 14 de abril de 1986. Desde o punto de vista político-administrativo creáronse un Ministerio, consellerías, direccións xerais e concellerías de Medio Ambiente.

Como complemento imprescindible para un axeitado desenvolvemento humano aparece o ocio das persoas e a súa formación cultural, consideradas en sentido amplo, que tamén foron obxecto de regulación. E os Estados non só han propiciar a formación intelectual senón tamén a deportiva dos seus cidadáns en calquera nivel. Non pode estrañar, polo tanto, a promulgación no ordenamento español dunha Lei do deporte en 1990 ou outras

normas complementarias destinadas a racionalizar determinados espectáculos deportivos e o fomento do chamado deporte de base. Outro, nun ámbito certamente diferente, é a preocupación polo mantemento do noso rico e variado patrimonio histórico, obxecto de regulación xeral pola Lei do 25 de xuño de 1985, ademais de certos desenvolvementos específicos que levaron a cabo as Comunidades Autónomas.

A educación ocupou, outrosí, unha destacada atención por parte dos lexisladores. O dereito a obter unha educación digna, no marco dun Estado de Dereito, propiciou en España, trala promulgación da Constitución, unha especial consideración cara ó ensino nos seus diferentes niveis. Froito de tal interese foi a promulgación da Lei do 3 de xullo de 1985 reguladora do dereito á educación e da Lei orgánica de ordenación do sistema educativo, do 3 de outubro de 1990, máis coñecida polas súas iniciais, ambas modificadas en novembro de 1995, e outras disposicións complementarias para favorecer a escolarización xeral da poboación máis nova.

Estas transformacións no ordenamento xurídico español e internacional, ás que fixemos alusión, onde maior —e en non poucas ocasións, lenta— repercusión tiveron dentro do sistema educativo, como resulta obvio, foi nos plans de estudio das facultades de Dereito. A aparición de novas ramas xurídicas esgazadas das tradicionais obrigou a incluílas naqueles, aínda que na maioría das ocasións como materias

optativas, posto que se considera que a formación básica e substancial de todo xurista sempre pasa polas chamadas disciplinas troncais.

O Plan de Estudios do 3 de febreiro de 1883, que sobreviviu ata ben entrado o noso século, abrogou o título de bacharel en Leis, para quedaren reducidos os graos a licenciado e doutor. Fóronse separando materias —o Dereito Penal do Dereito Mercantil, o Dereito Administrativo do Dereito Político— ou creando algunhas máis —Historia do Dereito, Dereito Internacional Público, Dereito Internacional Privado, Dereito do Traballo—. Os oito anos da Licenciatura —un de preparatorio na Facultade de Filosofía e os restantes na de Dereito—, quedaron reducidos paulatinamente a seis —preparatorio e cinco cursos xurídicos— e, por fin, en 1928 ós cinco cursos que, na maioría das universidades, se desenvolven na actualidade.

A Real Orde reguladora do plan de estudos xurídicos do 1 de agosto de 1928 implicou unha redución e simplificación das fórmulas herdadas do século XIX. Desapareceron tódalas disciplinas non vinculadas ós coñecementos non xurídicos, se ben se mantivo o ensino da Economía. As materias formativas permaneceron, en consonancia coa aptitude ideolóxica gobernativa, para instruír un tipo de mentalidade xurídica cuns fundamentos e uns valores moi tradicionais. Neste sentido, o Dereito Romano, o Dereito Natural e a Historia do Dereito configuráronse

como materias de iniciación para a formación do futuro xurista.

A proclamación da Segunda República non supuxo unha modificación substancial no esquema do ensino universitario do Dereito. A pesar do cal, e como resulta obvio, a reforma céntrase máis ben nunha reacción antidictatorial, pois as normas promulgadas, basicamente en 1931, limitáronse á anulación dos plans de estudio da etapa precedente e a restablece-los vixentes con anterioridade ó golpe de Primo de Rivera.

Trala efémera vixencia do Plan de 1943, naceron os sete plans de estudos de 1944, apoiándose para a súa configuración no Plan de 1928, máis acorde cos postulados ideolóxicos da nova etapa, mesmo cando introduciron certas innovacións, como a inclusión do Dereito do Traballo en cuarto curso.

Con independencia das reformas verificadas en 1953, o esquema seguía sendo o tradicional da primeira metade do século. A partir de 1965 establecéronse innovadores plans en Sevilla e Valencia. O Plan de Estudos para a Facultade de Dereito da Universidade de Santiago de Compostela, aínda vixente, permitiulles ós estudantes dos tres últimos cursos a partir do Curso Académico 1966-1967 configurar parcialmente o contido da licenciatura, pois deberían matricularse polo menos en dúas materias optativas das ofertadas por aquela.

A Lei de reforma universitaria, do 25 de agosto de 1983, abriu o camiño

para a reforma dos plans de estudio. O desenvolvemento regulamentario, polo que respecta ó ámbito xurídico, levouse a cabo por Real Decreto do 26 de outubro de 1990, no que se estableceu o título oficial de Licenciado en Dereito e as directrices xerais propias dos plans de estudio conducentes á obtención daquel. A súa elaboración reservouse a cada universidade, con resultados nada prometedores. Ata a definitiva aprobación polo Consello de Universidades dos novos plans de estudos particulares, atopámonos nun período transitorio, polo menos en Santiago e A Coruña, posto que a Facultade de Dereito de Ourense xa conta co seu novo plan.

Gracias á actividade docente facilitouse o estudio e comprensión das grandes construcións normativas e doutrinais, nacionais e foráneas, o que propiciou unha estreita conexión entre as ideas xurídicas predominantes no contexto europeo, polo menos, e as que con posterioridade se implantaron en España. As ideas de Kelsen, Weber, Jellinek, Del Vecchio, Bobbio, Hart, entre outros, influíron na evolución xurídica hispana, sen esquecer españois como Ortega ou Legaz, por exemplo. Do mesmo modo, a actividade internacional desenvolvida por institucións como a Organización das Nacións Unidas ou a Organización Internacional do Traballo, entre unha longa lista, influíron na adopción de criterios e normas novas no noso ordenamento xurídico. Esta recepción viuse facilitada pola iniciativa previa de

importantes xuristas vinculados á Universidade que mantiveron fecundas relacións con colegas ou foros estranxeiros.

En boa medida, os que construíron ó longo do século XX as normas que conformaron o ordenamento xurídico, no que de primixenia elaboración teñen, foron os principais docentes universitarios especializados naquelas materias obxecto de regulación. É certo que as leis emanan das Cortes, dos Parlamentos en xeral; pero non o é menos que a función de preparación dos ditos textos correspondeulles ós profesores de Dereito. E isto, sen menoscaba-la importancia dos corpos xurídicos das diferentes administracións e, por suposto, dos deputados e senadores na adopción definitiva da norma, o que supuxo a necesaria influencia de correntes doutriniais europeas e americanas no noso ordenamento. A experiencia xurídica doutros

Estados permitiu estudialas súas vantaxes e inconvenientes antes de adaptalas á realidade española. E, ó contrario, os modelos xurídicos españois, en especial os máis recentes, tiveron influencia evidente na configuración lexislativa doutros Estados. En suma, unha manifestación máis da aludida tendencia á uniformidade ou homoxeneización supranacional, sen chegar a romper-la idiosincrasia xurídica de cada Estado.

Non pode haber conclusión nesta apertada síntese. O devir xurídico continúa a súa imparable secuencia evolutiva, con independencia de que os *tempos* sexan diferentes en cada unha das ramas do ordenamento xurídico que consideremos ou das institucións por elas reguladas. No seu interior, forzas opostas enlazan a tradición secular coas innovacións xurídicas derivadas do desenvolvemento social, político ou económico.



A PSICOLOXÍA NO SÉCULO XX. BALANCE E PERSPECTIVA NO LIMIAR DUNHA NOVA CENTURIA

*Helio Carpintero**
Universidade Complutense
Madrid

A Psicoloxía, concibida como ciencia positiva, é xa un saber centenario. A finais do século XIX, a conxunción dunha serie de circunstancias creou o espacio onde efectivamente naceu esta ciencia, que converteu o seu desenvolvemento en trazo distintivo da nosa época.

Coma en moitos outros casos, a nova disciplina científica veu a recubrir un espacio que estivera antes na órbita da Filosofía. No noso caso, é notorio que desde o comezo da reflexión filosófica na Grecia antiga, esta ocupouse de coñecer e analiza-la mente humana, os seus varios tipos e temperamentos e ata os factores determinantes que impulsan a vida individual e maila colectiva. Pero todo ese esforzo estaba orientado á construción dunha filosofía.

Ó se constituír hai pouco máis dun século, ese saber acerca da mente como ciencia, e non como Filosofía, ese cambio, enmarcouse nunhas circunstancias precisas, e tivo unhas consecuencias determinantes do seu futuro.

ASFADAS DERREDOR DO BERCE

As creacións do home son sempre nalgún sentido fillas da súa época; o nacemento da ciencia psicolóxica, tamén. Hai algunhas circunstancias presentes naquela hora coas que hai que contar para comprende-lo acontecido.

Unha é a decadencia da Filosofía, como consecuencia da bancarrota do idealismo alemán e a emerxencia do cientificismo positivista. Contra os anos setenta, ata un espírito filosoficamente innovador como Franz Brentano chegou a dicir que o verdadeiro método da filosofía era o da ciencia natural. Reivindicaba, coma moitos outros, a volta á experiencia concreta, tralo ocaso dos sistemas do idealismo.

A segunda é a aparición do evolucionismo, que había aliña-lo home co resto das especies biolóxicas. Con isto, a mente humana e a animal convertéronse en etapas sucesivas dun mesmo desdobraemento, e o seu estudio pedía

* Catedrático de Historia da Psicoloxía.

unha actitude e enfoque comúns (Pinillos, 1975). E tanto a mente coma o organismo comezaron a ser vistos como realidades definidas polo seu valor biolóxico de adaptación e supervivencia (Gruber, 1980).

A terceira vén sen dúbida dada polos éxitos da ciencia do século XIX no proceso de transformación do mundo. A química abriu horizontes inmensos á industria, a fisioloxía á medicina, a física ás comunicacións, á mecanización da produción e á revolución industrial. Incluso o impresionismo en pintura e o naturalismo na novela levan a pegada do influxo da ciencia do seu tempo.

A Psicoloxía naceu así baixo o signo dunha naturalización empírica da mente, dunha inmensa fe na ciencia, que aspiraba a ordena-la totalidade do saber, e por iso —aínda que non nos primeiros momentos— axiña entrou na órbita dos saberes técnicos con valor de utilidade para o benestar humano. Ademais, por mor do seu 'anti-filosofismo', botou a andar cunha renuncia explícita a formula-los problemas últimos da natureza do seu obxecto, conformándose con descubrir leis do mundo de fenómenos que integran a experiencia. Todo isto fixo deste saber algo aberto, sen límites ríxidos, xustificado máis polos seus efectos que polos seus principios, pola súa práctica máis que pola súa teoría. A súa orientación fortemente empírica, unida a esa certa indefinición teórica, fixo posible a aparición de innumerables variedades de escolas e tendencias (Carpintero,

1996). E esta diversidade teórica acabou por aparecer como unha característica súa (Staats, 1983; Yela, 1989).

A PAISAXE DO SÉCULO XX

Aínda que calquera relato histórico da Psicoloxía do século XX comezará sempre por mostra-la existencia dunha gran pluralidade de escolas, convirá aquí trazar só un mínimo bosquejo do que foi esa historia, para logo subliña-los trazos e feitos máis sobresaíentes.

Para empezar, nótese que desde un primeiro momento, xunta o estudio descritivo dos feitos mentais, xurdiron dúas liñas explicativas diferentes: a que os relacionaba coa estrutura biolóxica dos individuos (Psicoloxía fisiolóxica) e a que os poñía en conexión cos marcos sociais e históricos que tamén os condicionan. O frecuentemente chamado 'fundador' da Psicoloxía científica, Wilhelm Wundt (1832-1920), dedicou a cada aspecto unha obra fundamental: nun caso son os *Grundzüge der physiologischen Psychologie* (*Fundamentos de psicoloxía fisiolóxica*) —que foi medrando sen parar desde a primeira á quinta edición—; no outro, a súa voluminosa *Völkerpsychologie* (*Psicoloxía dos pobos*), esta de orientación socio-etnolóxica. Desde entón a Psicoloxía seguiu crecendo en contido en ámbolos campos, pero conservando sempre unha triple inspiración ben diferenciada: a perspectiva 'xeneralista', que inclúe a estrutura dos procesos; a dunha

Psicoloxía social atenta á consideración do interindividual e grupal, e a psicofisiolóxica arredor das bases biolóxicas dos feitos mentais e conductuais. Por iso unha e outra vez se tendeu a caracterizar esta ciencia como 'bio-social', onde o guión cumpre á vez funcións de conexión e separación.

A Psicoloxía nacera coa aspiración de formular leis empíricas que describiran, e de ser posible explicaran, a multitude de fenómenos e vivencias que forman a experiencia ou vida mental. Ó longo do século foron aparecendo cambios profundos nos modelos teóricos utilizados, así como unha continua expansión dos campos de estudo.

Tratemos de delinea-las diferentes vías de desenvolvemento, tanto teóricas como aplicadas. O cadro, aínda que esquemático, tal vez poderá ser útil para evocar de golpe unha imaxe, sequera só aproximada, desta ciencia.

AS GRANDES ESCOLAS

A influencia de Wundt na ciencia posterior non se pode facer de menos. Tense dito que as diferentes tradicións nacionais que tiveron consistencia ó longo do século terminan sempre por mostrar unha conexión co laboratorio do grande investigador alemán. Durante anos, ese laboratorio foi a meca desexada para os psicólogos novos experimentais do mundo enteiro. Xa entrada a nova centuria, a súa influencia decreceu por varias razóns: o seu

rexeitamento a experimentar no laboratorio os procesos mentais superiores, o seu crecente interese polos estudos etnopsicolóxicos, mesmo a súa forte politización xermánica na Primeira Guerra Mundial... (Rieber, 1980).

Wundt buscou describir esa estrutura da experiencia, e se por un lado chegou a unhas unidades relacionadas directamente co funcionamento orgánico (sensación e sentimentos), por outro atendeu ó cambio que introducen na vida mental as diferentes épocas históricas, as sucesivas mentalidades que dominaron a evolución humana. O seu proxecto quedou en seguida escaso para as demandas dos seus discípulos.

Xurdiron alternativas á pretensión do seu 'estructuralismo' de establece-la estrutura e xénese dos procesos conscientes. Estrictamente contemporáneo seu foi o 'funcionalismo', baseado no evolucionismo, que antepón a tódalas outras a pregunta do 'para qué', da funcionalidade e valor adaptativo daqueles procesos. O 'funcionalismo' —algo moito máis amplo e flexible ca unha escola, pero con certos trazos que o delimitan fronte a outras posicións— abrollou no mundo anglosaxón con forza —William James e John Dewey son dúas figuras ben notorias—, estendeuse polos países occidentais (Inglaterra, Suíza, Holanda, etc.), e, como logo imos ver, abriu a vía que había desembocar nas varias formas de Psicoloxía aplicada (Caparrós, 1986).

Contra o ano 1900 xurdiron dous vigorosos grupos fóra da tradición wundtiana. Por un lado, o fisiólogo Ivan Pavlov (1849-1936) descubriu o condicionamento clásico, unha forma moi básica e potente de aprendizaxe asociativa amplamente estendida pola escala animal ata o home. Desde aí, a súa teoría expandiuse a outros temas psicolóxicos como un estudio da 'actividade nerviosa superior'. Pola súa parte, o psicopatólogo Sigmund Freud (1856-1939), polos mesmos anos, abordou o estudio da mente desde os niveis inconscientes, creou un modelo de desenvolvemento mental fortemente apoiado na evolución do dinamismo sexual desde os seus inicios infantís e creu poder explicar desde ese primeiro núcleo as máis amplas construcións culturais —arte, relixión, normativa social—, convertendo a Psicoloxía nunha hermenéutica do desexo (Polaino, 1981).

O interesante é que ámbolos movementos, pensados e concibidos por médicos, aínda que desde situacións empíricas ben distintas, representaron unha ruptura da unidade da nova ciencia experimental recentemente constituída, e os efectos desa disgregación aínda se deixan sentir hoxe, ó cabo do tempo.

Nos anos vinte xurdiron novas opcións teóricas. Destacan aquí dúas escolas, nadas dentro da tradición psicolóxica clásica, que aparecen claramente contrapostas: unha é o conductismo americano, a outra, a psicoloxía da Gestalt.

A escola conductista pretendía explica-la conducta desde asociacións entre estímulos e respostas, concibidos como elementos atómicos que entrarían na construción dos repertorios de conducta máis complexos; a outra, a psicoloxía 'da Forma ou da Gestalt', toma a conducta nas súas formas globais, complexas, e explícaa mediante totalidades que se dan na experiencia e no organismo.

O 'conductismo' orixinouse no mundo norteamericano. John B. Watson (1878-1958) puxo en marcha, en 1913, esta 'Revolución conductista', que logo se estendería trala Segunda Guerra Mundial a gran parte das nacións occidentais. O afán por facer da Psicoloxía unha 'ciencia natural' empurrou a intentar unha ciencia 'sen conciencia' —unificando en gran medida o saber sobre o home e o das especies animais, ó facelos coincidir no estudio da conducta, a actividade adaptativa visible e observable. E ó especificar esta nas súas dúas formas básicas posibles —innata e aprendida— converteu case todo o inmenso campo psicolóxico nun vasto capítulo dominado polo concepto de aprendizaxe. Entre 1920 e 1960, aproximadamente, no mundo americano 'psicoloxía' quería dicir, sobre todo, ciencia da aprendizaxe —as súas causas, os seus modos, os seus factores influentes, as súas condicións biolóxicas—. E unha aprendizaxe estudada en infinitas ocasións aproveitando as habilidades e condicións da rata de laboratorio. Un gran conductista de mente ampla e con

sentido do humor, Edward C. Tolman, dedicoulle o seu principal libro a "M.N.A.": o *Mus Norvegicus Albino*, ou rata branca (Tolman, 1932), e non lle faltaba razón para facelo.

No outro extremo habería que situa-los psicólogos da Forma ou Gestalt. Orixinariamente alemáns (Max Wertheimer, Kurt Koffka, Wolfgang Köhler, Kurt Lewin), tamén animados polo propósito de aproxima-la Psicoloxía á Ciencia natural, afirmaron que no estudio da experiencia é a totalidade a que determina e condiciona o valor das súas distintas partes, igual



No ano 1932 o conductista Edward C. Tolman dedicoulle o seu principal libro a 'M.N.A.': *Mus Norvegicus Albino* ou rata branca.

que o campo físico impón a súa determinación ás partículas que nel se moven. Percibimos figuras sobre certos fondos, proxectamos accións sobre un dinamismo xenérico, sentimos unha dor sobre un fondo de cenestesia, construímos unha figura de personalidade sobre outras posibles... A totalidade, sempre, contén a clave para comprender-los elementos.

Os conductistas e xestaltistas tenderon a achega-la Psicoloxía á Ciencia natural e, en xeral, á Física. Os primeiros interesáronse polo operacionalismo do físico Bridgmann, os segundos, pola física do campo de Einstein e de Broglie e a matemática topolóxica. Opostos en moitas cousas, os seus esforzos por facer da Psicoloxía unha ciencia rigorosa parecen aproximalos. O seu destino histórico semella estar marcado máis pola condición nacional dos seus promotores ca polo fondo último das súas propostas teóricas. Os conductistas eran americanos; os gestaltistas, alemáns, e isto foi decisivo no contexto da Segunda Guerra Mundial, como en seguida diremos.

Os conductistas impuxeron unha Psicoloxía puramente obxectiva. Desterraron a experiencia inmediata da súa construción intelectual. Tenderon a repudiar toda a experiencia subxectiva como mentalismo, e trataron de converter aquela, fose cognitiva ou afectiva, en pura conducta. Era difícil chegar máis lonxe no camiño que se arredaba da tradición de Wundt.

A chegada dos ordenadores —máquinas que manipulan símbolos e producen resultados con sentido— abriu o camiño antes vedado dunha Psicoloxía que puidera á vez estar interesada por comportamentos efectivos e polos plans, normas e regras con que os sistemas intelixentes rexen as súas operacións. O home e os animais próximos ó seu nivel evolutivo poderían polo menos ser comparados a ordenadores en canto que son sistemas operativos controlados por regras. Os 'cerebros electrónicos' —termo familiar co que se designaron os computadores— poderían dar ideas para comprende-los outros cerebros, os naturais e biolóxicos. Desde os anos sesenta atraeu-lles ós psicólogos esa posible comparación (Rivière, 1991). O resultado foi un novo cambio, especialmente no mundo de influencia anglosaxona, que fai outra volta da Psicoloxía unha ciencia da mente. Esta, mediante representacións e regras, axusta o comportamento ó contorno: a Psicoloxía volveuse 'cognitiva'.

Neste horizonte levouse a conxunción a actividade procesadora do sistema humano con dous modelos converxentes pero distintos. Un, a súa comparación co funcionamento dun computador, de modo que este puidera producir resultados —decisións, xuízos, clasificación— análogos ós producidos por suxeitos reais. Os especialistas en intelixencia artificial e ciencia da computación produciron toda unha serie de exploracións sobre o tema (Adarraga e Zaccagnini, 1994). É un

campo de interrelación entre aquelas disciplinas e a Psicoloxía. A segunda —e hoxe enormemente fortalecida— liña de exploración nace dos tremendos avances técnicos das neurociencias e, en particular, das técnicas de neuroimaxe. A análise das pautas de actividade cerebral en distintos tipos e momentos da súa execución e maila súa correlación coas estruturas determinadas de actividade mental están permitindo novos progresos á Psicoloxía, sobre todo no campo da Neuropsicoloxía (León Carrión, 1995).

Como se ve, os modos de exploración e os sistemas conceptuais con que se abordou o coñecemento da nosa vida mental non deixaron de progresar. Lonxe de estar ante un saber concluso e pechado, os psicólogos teñen hoxe aínda a impresión de achárense nunha hora de alborada. Dispoñen de numerosas técnicas coas que poder traballar. Tal vez falta o plan xeral de campaña, que ofrezca a perspectiva global do que hai por facer. Se cadra, en suma, a construción dun 'sistema'. Mentres chega, os investigadores acumulan informacións parciais coa esperanza de que á fin o crebacabezas encontrará a súa forma plena de significación e de sentido. A Psicoloxía entra, no século XXI, co espírito de invención e exploración que tivo na súa hora primeira.

Este esquema sucinto deixa na sombra, non obstante, o gran número de peripecias que nesa ciencia sobreviñeron na centuria que remata. Haberá agora que revisalas para ter unha idea máis cabal do sucedido.

AS INFLUENCIAS SOCIAIS, GUERRAS MUNDIAIS, CIENCIA SOVIÉTICA

A Psicoloxía xurdiu como un saber teórico, pero andando o tempo foise poñendo de manifesto a súa capacidade para resolver cuestións de moi diverso feito social. A súa significación como saber aplicado ía chegar, co tempo, a equipararse coa súa condición de ciencia pura.

Inicialmente, fóronse perfilando tres grandes campos de intervención. Un, directamente relacionado coa escola e os nenos; outro, o amplo mundo dos trastornos do comportamento, que deu lugar á Psicoloxía clínica; finalmente, o variado campo da industria, as institucións sociais, e incluso, aínda máis en concreto, o mundo relacionado coas grandes sacudidas bélicas que tiveron lugar na centuria. As demandas que foron apareceron en cada caso terminaron por exercer unha profunda influencia no desenvolvemento da Psicoloxía. Vexamos de modo moi sumario algúns dos fitos.

No campo da Psicoloxía escolar, hai que lembrar que en data tan temperá como 1899 William James, nunhas conferencias psicolóxicas ós mestres (*Talk to teachers*) xa afirmou a utilidade da súa ciencia para fundamenta-la metodoloxía de ensino e para ilustra-lo mestre sobre “cómo aprenden os nenos”; en 1903, E. L. Thorndike publicou un texto sobre a materia, e algo parecido sucede noutros países europeos; en Alemaña, Ernst Meumann

(1862-1915) tratou de aplicar sistematicamente a Psicoloxía de Wundt á Pedagogía (*Vorlesungen...*1911-14). Pero sobre todo, por necesidades xurdidas ante a escolarización obrigatoria, en 1905 Alfred Binet (1857-1911), en Francia, construíu co médico Theodor Simon (1873-1961) un test de intelixencia que ía converterse nunha proba de alcance universal, gracias ó seu valor práctico.

Desta sorte, o estudio do neno, da súa capacidade de aprender e das limitacións que poden sobrevirle, descapacitándoo para adquirir unha formación, foise consolidando entre os psicólogos, en interacción fecunda cos educadores. De entre as innumerables institucións e grupos que promoveron o seu estudio, hai que recordar, pola enorme influencia que no seu tempo exerceu, o Instituto Jean Jacques Rousseau, de Xenebra, fundado en 1912 por Edouard Claparède (1873-1940) e Pierre Bovet (1876-1944), que marcou un novo nivel no campo de colaboración entre Psicoloxía e Pedagogía. O conductismo achegou as súas técnicas de modificación de conducta para controlar situacións na aula e remediar déficits menores de rendemento dos escolares; logo, o cognitivismo fomentou as análises dos procesos de comprensión e de construción social do coñecemento, a atención á diversidade de formas de intelixencia, o fomento e educación da creatividade, e moitos outros temas relacionados coa aprendizaxe mailo ensino. Hoxe é un campo enorme, moi especializado, abarcador

de aspectos múltiples relacionados coa práctica educativa e a personalidade e dotes dos nenos (Gallagher, 1994; Pailinsar, 1998; Gardner, 2000). O seu estudio conduciu, ademais, a formular teorías amplas do desenvolvemento da cognición humana, con alcance para a xeneralidade da Psicoloxía; sobresaen neste punto a obra de Jean Piaget (1896-1980), figura de primeira magnitude na escena contemporánea.

O campo da Psicoloxía clínica medrou dun modo espectacular ó longo do século, converténdose en moitos lugares na primeira opción profesional dos psicólogos mozos. En efecto, tralo estudio dos procesos mentais pronto se ía aborda-lo dos seus trastornos e anomalías. Nesta tarefa os psicólogos atopáronse moitas veces situados a carón dos médicos e psiquiatras, ás veces enfrontados, outras en estreita cooperación. En realidade, o psicólogo tende a considera-lo trastorno como unha conducta defectuosa e maladaptativa, máis ou menos modificable mediante cambio de vivencias e hábitos, mentres o psiquiatra ve alí unha enfermidade con algunha especie de base orgánica, e tratable mediante remedios biofisiolóxicos (entre ámbolos extremos viría situarse a intervención psicanalítica, de índole máis ben psicolóxica pero realizada usualmente por médicos, polo que non me referirei aquí a ela).

Entre as figuras pioneiras cabe mencionar, xa en 1896, nos Estados Unidos, a Lightner Witmer (1867-1956), quen iniciou un tratamento cun neno

con problemas de dislexia a petición da súa mestra, estableceu unha pequena clínica na Universidade de Pensilvania e tratou de promover a aplicación dos saberes psicolóxicos ó remedio de deficiencias no comportamento. Pola súa parte, en Alemaña, un psiquiatra discípulo de Wundt, Emil Kraepelin (1856-1926), comezou a utilizar probas psicolóxicas para realizar un diagnóstico, convencido da utilidade deses medios para o mellor coñecemento dos trastornos mentais.

De contado, tanto en Europa como en América, fóronse multiplicando as probas diagnósticas e os modos e institucións para a intervención. En relación coas probas, J. McKeen Cattell, nos Estados Unidos, comezara a falar de 'tests mentais' en 1890; o interese por estes estendeuse axiña. Así, en Italia, G. C. Ferrari (1863-1935) e G. Guicciardi, editaron uns *Testi mentali per l'esame degli alienati* (Tests mentais para o exame de alienados, 1896); pouco máis tarde, o belga O. Decroly, con R. Buyse, editaron 'A práctica dos tests mentais' (*La pratique des tests mentaux*, 1908) e en 1914, G. M. Whipple, nos Estados Unidos, reuniu en dous volumes un *Manual of Mental and Physical Tests*. Uns anos máis tarde (1938), Oscar Buros (1905-1978) fundou un anuario para a descrición e estudio de tests: o *Mental measurements Yearbook*, repertorio xa clásico neste campo. Algúns instrumentos alcanzaron difusión universal, como o MMPI (1943) ou o test de Rorschach (1921). Doutro lado, a creación de centros de tratamento atendeu

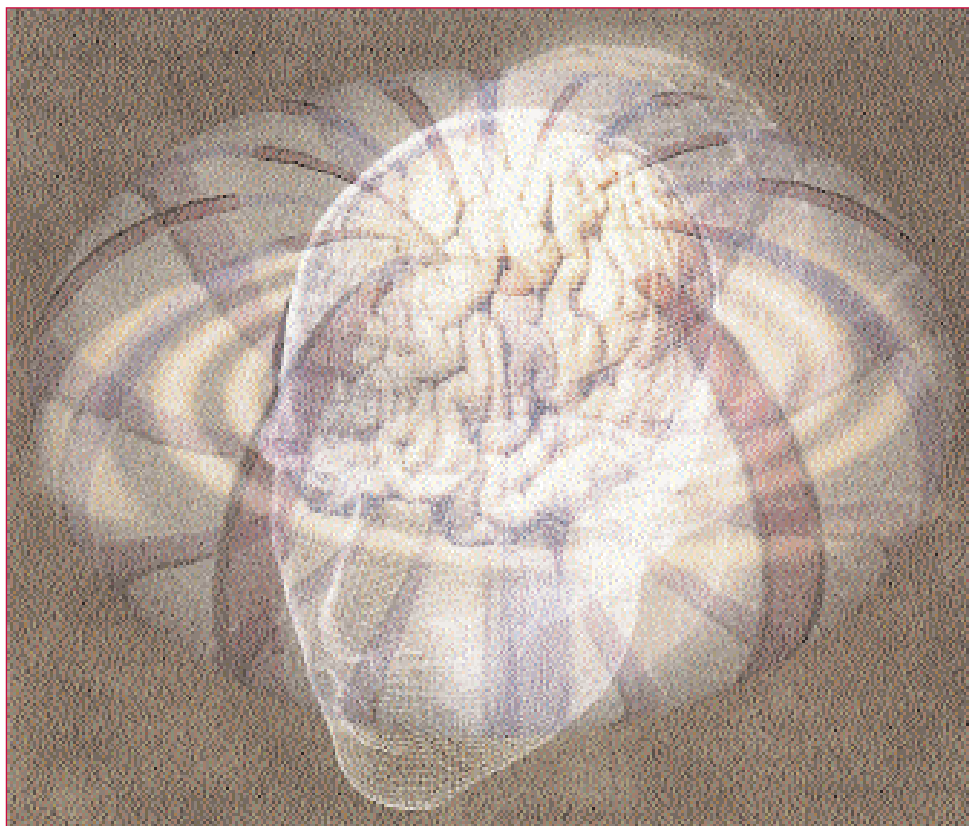
mozos maladaptados ou con atraso mental (como os centros creados por Healey nos Estados Unidos, ou Decroly en Bélxica). Así, foi crescendo a confianza dos primeiros psicólogos en canto á súa capacidade para interviren con personalidade e eficacia nese complexo e vasto campo. En particular, como consecuencia do conductismo desenvolveuse unha aproximación á psicopatoloxía fundada na ciencia da aprendizaxe —a terapia de conducta, tal vez iniciada por M. C. Jones en 1924, nos EUA, e logo fundada na obra converxente de H. J. Eysenck, B. F. Skinner e J. Wolpe—, así como outras de orientación humanista e sistémicas (A. H. Maslow, C. Rogers, E. Berne, Pearls, etc.), atentas a reexaminar funcionalmente o sistema de valores e a visión do mundo do paciente. En xeral, tivo grande aceptación a proposta que nos Estados Unidos se fixo a mediados de século, dun modelo de psicólogo clínico ('modelo de Boulder') que habería ser non só terapeuta senón tamén investigador (Raimy, 1950). Logo, multiplicouse a presenza do psicólogo nos sistemas de saúde, realizando tarefas de prevención de enfermidade, cooperación con grupos sanitarios e de apoio emocional e cognitivo ós pacientes (Rodríguez Marín, 1998). En xeral, o psicólogo clínico enfróntase hoxe a un dilatado campo de cuestións no que sobresaen os temas das perturbacións do desenvolvemento intelectual, os trastornos emocionais (depresión, ansiedade, estrés) e as varias formas de inadaptación no marco das relacións interpersoais e sociais.

Pola súa parte, a Psicoloxía industrial mereceu pronto a atención de científicos e de empresarios, ó advertirse que a mellor adaptación do home ó seu posto de traballo tiña condicións vantaxosas para o traballador e a súa seguridade e satisfacción no emprego, ó tempo que a utilización de obreiros máis capacitados producía beneficios económicos ás súas empresas. Así, en 1908, Parsons creou en Boston (EUA) unha oficina vocacional, A. G. Christiaens (1860-1937) outro centro en Bruxelas, e o movemento da orientación profesional foise difundindo por diversos países. Paralelamente, xurdiron grupos interesados no estudio e organización científica do traballo, núcleo dos estudos de F. W. Taylor (1856-1915), logo xerme dunha vasta corrente que ía organizar reunións e publicacións, e que atraeu a atención de enxeñeiros e gobernos a este tipo de enfoque da actividade industrial, axitada por outro lado polas organizacións sociolaborais defensoras da persoa e dos dereitos do traballador.

Moitas outras aplicacións xurdiron, tralo contacto activo dos psicólogos e a sociedade. Unha delas foi o estudio da calidade e veracidade dos testemuños entre testemuñas chamadas a declarar na corte xudicial. William Stern (1871-1938), Otto Lipmann, Karl Marbe en Alemaña, Binet en Francia, e en seguida outros autores noutros países, deseñaron probas para calibra-la fidelidade das declaracións dos diferentes individuos ante unha situación definida. Dábase así un paso interesante, ó

mostra-la utilidade das novas técnicas en campos tan serios e importantes como o da Administración de xustiza. Outra aplicación foi a psicoloxía do anuncio industrial e comercial, campo no que foi pioneiro o americano Walter Dill Scott, quen introduciu as técnicas experimentais xa en 1902 para deseñar anuncios dunha compañía de ferrocarrís.

O complexo mundo aplicado deu cun espírito comprensivo capaz de ofrecerlle unha estrutura conceptual que lle proporcionou unha estrutura intelectual coherente; trátase do psicólogo alemán Hugo Münsterberg (1863-1916), logo durante moitos anos activo nos Estados Unidos, autor duns *Fundamentos de psicotecnia* (*Grundzüge der Psychotechnik*, 1914) e de numerosos



O mundo dun mesmo, Moon Runner Desing Ltd.

Existen profundas diferencias psíquicas entre uns individuos e outros, de modo que as súas reaccións e rendementos ante as diferentes situacións forzosamente han ser distintas.

estudios aplicados ó campo da industria e a escola.

Desde entón ata hoxe, numerosas investigacións exploraron as múltiples dimensións do individuo que posúen relevancia para o funcionamento das organizacións —aptitudes, habilidades, fatiga, motivación, socialización, etc.— mentres outras foron clarificando as demandas obxectivas que estas impoñen ós individuos —liderado, sistemas de *roles*, clima social, etc.—. A Psicoloxía, neste terreo, móvese en estreita relación coas ciencias do *management*, os estudos de grupos, as ciencias da empresa, e convertéronse nun campo con singularidade propia, como Psicoloxía das organizacións (Peiró, 1983,1990).

A base destes estudos atópase na existencia de profundas diferencias psíquicas entre uns individuos e outros, de modo que as súas reaccións e rendementos en diferentes situacións —de aprendizaxe, formación, traballo, etc.— forzosamente han ser distintas. Un xenial psicólogo inglés, Francis Galton (1822-1911), iniciara xa no século XIX a análise desas diferencias, relacionándoas coa herdanza individual de cada un; mesmo deseñou probas para a súa avaliación, pero sobre todo, abriu o campo amplísimo do seu estudio, que continuaron J. McK. Cattell nos Estados Unidos e William Stern (1871-1938) e Otto Lipmann (1880-1933) en Alemaña, entre outros (Fernández Ballesteros, 1980). Aquí atendeuse preferentemente á comparación entre individuos e á análise dos rangos de varia-

ción das súas habilidades. Esta perspectiva diferencialista foi esencial para promover a creación de probas de avaliación de individuos, así como para dar unha sustentación científica ós movementos reivindicativos contra a marxinação e a segregación de grupos, o que achegou á Psicoloxía fortes cargas ideolóxicas (Jacoby e Glauberman, 1995). Como pode inferirse facilmente de todo isto, esta ciencia veu situarse no centro de innumerables conflitos sociais, con carga política de vario signo, e sempre ligados a concepcións socioantropolóxicas definidas que influíron no destino de boa parte das teorías implicadas.

OS AVANCES DA PSICOLOXÍA DURANTE AS GUERRAS MUNDIAIS

A Primeira Guerra Mundial (1914-1918) puxo a Psicoloxía sobre o mapa americano, dixo Cattell (Samelson, 1979). A necesidade de asignar miles de homes a postos técnicos de perfil moi variado representou un gran problema, ó que algúns psicólogos creon deber enfrontarse. A Sociedade Americana de Psicoloxía (APA) creou un comité, en 1917, baixo a presidencia de R. M. Yerkes, que ideou dúas probas de intelixencia xeral para seleccionar candidatos. Sobre a base da experiencia xa considerable de avaliación de intelixencia, o comité construíu dous famosos tests, un para suxeitos instruídos e lectores, outro para os que non sabían ler nin escribir. A primeira coñécese como proba 'Army Alfa', a outra,

como 'Army Beta'. Ambas amosan correlacións altas cando se compararon con medidas de distintos tipos de criterio de rendemento. O resultado satisfizo as autoridades e demostrou a eficacia desas técnicas.

Tamén en Europa tivo a guerra as súas consecuencias. Necesitábase seleccionar futuros pilotos de aviación, e a isto se dedicaron A. Gemelli en Italia, Camus e Nepper en Francia, ó tempo que no exército alemán se aplicaban estas técnicas para seleccionar oficiais e especialistas técnicos. Deste xeito, o conflito bélico tivo, como efecto marginal, incrementa-la solidez e reputación dos psicólogos aplicados. E nos anos da Segunda Guerra Mundial habería xa un amplo núcleo de especialistas ó servizo dos distintos exércitos, que ampliarían os seus traballos en múltiples direccións: o deseño de accións de propaganda destinadas a modifica-las actitudes das poboacións civís, a atención ós combatentes con padecementos mentais, a selección de persoal, etc. Isto deu orixe a unha 'psicología militar' e, sobre todo, á inclusión de modo normal de grupos psicotécnicos nos exércitos dos países desenvolvidos.

Se as guerras evidencian o impacto da vida social sobre o progreso desta ciencia, tamén outros cambios e acontecementos políticos o amosan igualmente. Poucos casos se poden comparar, non obstante, co acontecido en Rusia.

Alí, os tremendos cambios experimentados pola sociedade condiciona-

ron de modo moi forte a Psicología que cultivaban. Baste notar que, nos primeiros anos do século XX, na Rusia tsarista, houbo, entre outras cousas, unha escola de tradición wundtiana, liderada por G. Chelpanov (1862-1936), o mesmo que sucedía noutros lugares. A revolución soviética de 1917 impuxo en cambio unha Psicología fundada na obra de K. Marx, que mantivo o seu imperio inalterado ata a caída do réxime en 1990. Nese longo período púderon sinalar algunhas etapas, estreitamente relacionadas coa aparición e efectivo dominio político exercido por J. Stalin (1879-1953). A influencia deste autócrata deixouse sentir en tódolos eidos sociais e culturais; en Psicología, impuxo unha visión dialéctica, que desde 1950 se puido conxugar coa concepción fisiolóxica liderada por I. Pavlov. Marxismo e pavlovianismo fixeron da 'actividade' humana o obxecto da Psicología; o seu estudio levouse a cabo gracias á contribución de figuras como A. Luria, A. Leontiev e outros, fortemente inspirados polas ideas de Lev Vigotski sobre o desenvolvemento sociohistórico da personalidade humana. A caída do réxime soviético en 1990 entrañou un cambio na teoría psicolóxica rusa, que semella ter tornado cara a sistemas de Psicología humanista desenvolvidos en Occidente e ata entón prohibidos alí (Shuare,1990).

Como se ve, o pensamento psicolóxico está sempre estreitamente ligado coas situacións sociopolíticas, o que non se pode deixar de relacionar coa

implicación directa que a Psicoloxía ten sempre coas concepcións antropolóxicas, usualmente conectadas de varias maneiras coas ideoloxías dominantes nunha sociedade.

AS POLÉMICAS DO SÉCULO

Non hai ciencia empírica que non conteña, na historia do seu desenvolvemento, algunhas polémicas e controversias famosas, resultado da confrontación de puntos de vista discrepantes sobre problemas de feito. A necesidade de avalia-los datos desde sistemas conceptuais distintos xera, como é lóxico, tales discrepancias.

Non se trata de facer unha historia de controversias. O que nos interesa é mostrar cómo a historia da Psicoloxía no noso século deu cabida a varias delas; o seu recordo e exame botan algunha luz sobre o sentido mesmo desta ciencia, examinándoas moi brevemente.

A primeira que imos considerar aquí é a que enfrontou os primeiros psicólogos a propósito da cuantificación e a medida dos procesos mentais. A Psicofísica, en pleno século XIX (G. T. Fechner, 1860) levou a cabo un estudio cuantitativo das relacións entre estímulos e sensacións. Dominaba en ciencia a idea de que era preciso medi-los fenómenos para poder coñecelos adecuadamente. Non obstante, a intención de medi-lo psíquico parecíalles a moitos algo inaceptable. Pensaban que se trataba dun continuo fluír de calidades na

experiencia consciente, onde non cabía achar unha unidade rigorosa nin, polo tanto, unha medición. O filósofo Henri Bergson (1859-1941) insistiu en que toda cuantificación do psíquico falseaba os seus datos radicais; carentes de partes, neses procesos os cambios de intensidade serían en realidade variacións cualitativas (Bergson, 1889). Figuras como William James ou Hugo Münsterberg sustentaron posicións análogas. Aínda en 1932, un comité da Asociación Británica para o Avance da Ciencia examinou a posibilidade desas medicións de sensacións, e ó cabo duns anos elaborou unhas conclusións negativas (Campbell, 1938, 1940; Jañez, 1992, 33). A pesar disto, L. L. Thurstone animouse a construír escalas subxectivas, movido coma outros investigadores polo afán de axustarse a un modelo científico cuantitativo de ciencia natural. Para a súa teoría encontrou o referendo dunha teoría sumamente xeral, na que medir sería asignar números a obxectos ou acontecementos segundo regras (Campbell, 1940; Guilford, 1954; Stevens, 1952). Isto é factible incluso cos sentimentos e outros estados psicolóxicos. Paralelamente, o desenvolvemento dos tests abriu outro camiño que resultou sumamente fértil: a análise matemática das correlacións entre puntuacións de diversos tests, ou 'análise factorial'. A partir de certas ideas do inglés Ch. Spearman, púidose determinar por varios métodos uns 'factores' cos que cabe explicar e reconstruír aquelas correlacións analizadas (Yela, 1956). Este permitiu afondar na estrutura hipotética de constructos

complexos como os de intelixencia ou a personalidade, describindo núcleos relativamente definidos dentro deles. Esa 'cuantificación operativa' difundíuse a outros campos da Psicoloxía ata resultar absolutamente normal.

Outra longa e complexa polémica é a que enfrontou, e aínda en certo modo o segue facendo, os partidarios do emprego dos tests para a avaliación da intelixencia fronte a aqueles que os consideran inadecuados.

Xa vimos que nos Estados Unidos tales tests alcanzaran un valor social indiscutible trala Primeira Guerra Mundial, cando se construíron e aplicaron dous tests colectivos, o Army Alfa e o Beta, que se xulgaron moi efectivos. Isto tivo consecuencias. Supoñíase que a intelixencia medida estaba baseada en aptitudes mentais innatas. Ó aparecer diferencias entre suxeitos de varias razas xurdiron disensións e acusacións de racismo. Houbo quen afirmou que o 89 % dos negros parecía mostrar debilidade mental (Gould, 1987, 241), e algúns reafirmaron así as súas políticas segregacionistas ou as restricións á inmigración en EUA ("Immigration Restriction Act", 1924) que xa se viña operando. A polémica estaba servida entre partidarios dunha intelixencia puramente herdada e os defensores dunha intelixencia 'adquirida' (*natura versus nurtura*). Un educador inglés, H. Gordon, informou de que as medidas que ofrecían nenos pertencentes a grupos socialmente privados comezaban sendo normais e coa idade ían diminuindo, como resultado do ambiente

adverso; tamén argumentaron en favor dunha visión ambientalista autores como o famoso periodista Walter Lippmann, ou psicólogos como W. C. Bagley. Estas críticas obrigaron a depurar-la construción de tests. Aínda nos nosos días son moitos os que consideran preferibles as probas proxectivas, cualitativas, para o estudo da personalidade, a pesar das innegables virtudes e rigor de moitas das psicométricas.

Tamén por mor desas tensións, nalgúns países, como a Rusia soviética, chegouse a prohibi-lo uso dos tests e a psicotecnia que estes facían posible. As autoridades soviéticas, en efecto, mantiñan a tese de que a conciencia dos individuos depende esencialmente das relacións económicas e productivas existentes na súa sociedade. Unha teoría hereditarista da intelixencia e uns tests que mediran esta resultaban ser cousas 'burguesas' e contrarrevolucionarias que viñan a perturba-la doutrina establecida. Como consecuencia disto, en xullo de 1936 decretaron a prohibición do uso de tests en escolas e fábricas, mediante un documento famoso, "Sobre distorsións paidolóxicas no Comisariado de Educación", que representou un duro golpe á práctica dos psicólogos aplicados na Unión Soviética durante moitos anos.

As polémicas non cesaron de xurdir, dadas as implicacións sociais e políticas que os tests presentan (Gould, 1981). En tempos recentes, a oposición entre innatismo e ambientalismo volveu enfrontar figuras como H. J. Eysenck e L. Kamin, (1983), e máis

recentemente aínda, remanece na amplísima discusión (Jacoby e Glauberman, 1995) xurdida da publicación dun estudio de Herrnstein e Murray (*The Bell curve*, 1994) onde se reafirman as implicacións entre grupos étnicos e intelixencia, e entre nivel de intelixencia e posición máis ou menos elevada na escala social americana.

Con todo, quizais sexa a historia das peripecias acontecidas ó tema da conciencia a que mellor perfile a evolución desta ciencia. A materia é moi complexa, e aquí non cabe abordala dun modo suficiente (Pinillos, 1983; Estany, 1999). En todo caso, hai que recordar que a Psicoloxía se iniciou como unha ciencia da experiencia inmediata (Wundt), cun suposto básico que era, precisamente, esa presenza inmediata e obxectivada de fenómenos e acontecementos a un suxeito, tamén presente a si mesmo de modo reflexivo, e que entrañaría unha esencial dualidade, a do suxeito fronte ó seu obxecto, nun acto de 'conciencia'. Dada esa presencialidade, o suxeito non só vive senón que é testemuña das súas vivencias, dando un testemuño que é 'retrospectivo', pois refírese ó inmediatamente ocorrido, convertido en obxecto xa fixado, dentro do fluír das vivencias. Pareceu por iso que esa reflexividade —ou 'introspección'— era esencial para o seu coñecemento, e pensouse que nela había de consistir o método da Psicoloxía.

As dúbidas e críticas á introspección, sen embargo, xa viñan de atrás. I. Kant, por un lado, e A. Comte, por

outro, advertiron nela graves limitacións: a súa alteración por causas emocionais; a imposibilidade de observar os actos de coñecer *in fieri*, debendo conformarse co exame dos coñecementos xa sidos; a imposibilidade de dar un contraste obxectivo ás súas informacións (Carpintero, 1996).

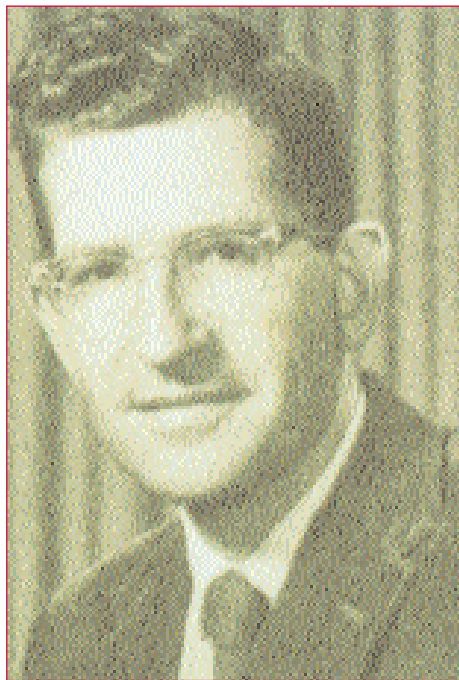
A principios de século, William James manifestou as súas dúbidas sobre a existencia dunha conciencia concibida como algo oposto ós obxectos; ó tratar de percibi-lo meu coñecer, só captaría "algún feito corporal" (James, 1947, 551). Un paso máis, e J. B. Watson chegou a eliminar da súa psicoloxía o estudio dos estados de conciencia (Watson, 1913), convertendo a conducta, como 'feito público' e observable en obxecto daquela, e entendendo que a introspección só informaba de 'escuras reaccións corporais' (Watson, 1970). Abríase o tempo dunha nova Psicoloxía, o conductismo, para o cal a conciencia era unicamente un residuo medieval do que non cabía facer obxecto de ciencia. En calquera caso, esta ciencia habería de construírse sen referencia ningunha a esa conciencia persoal e subxectiva.

Certamente, a 'revolución conductista' non empeceu que da conciencia se falara noutros lugares —en Moscova, Xenebra, Madrid ou Cambridge—.

Precisamente Piaget, en Xenebra, e Vigotski na Unión Soviética, inspirados polo estudio da actividade infantil, ían concibila como un espacio semántico.

co, constituído mediante signos, co que o suxeito se refire á realidade e comeza por dicila a si mesmo. Ese mundo de signos implica en gran medida unha influencia social. Tamén a psicanálise de Freud concedería enorme importancia á linguaxe como vehículo de vivencias conscientes. Pero co seu desprazamento a un segundo plano en relación co inconsciente, o papel da conciencia comezou a sufrir unha eclipse, que se viu reforzada pola estreita equiparación da conducta humana coa animal, impulsada polo conductismo e continuada por biopsicólogos e etólogos. Se a isto engadímola hexemonía política dos Estados Unidos e o afundimento alemán trala Segunda Guerra Mundial, teremos unha imaxe bastante adecuada do cúmulo de circunstancias que impulsaron aínda máis, se cabe, a vixencia do 'anti-mentalismo', ata o xurdimento dunha vigorosa alternativa ó conductismo.

Acostúmase atribuírle a outra famosa polémica o valor de marca-la fin do 'imperio conductista' —se cabe chamarlle así— e a apertura a unha nova época de 'Psicoloxía da mente'. É a que xurdiu entre o lingüista Noam Chomsky e o psicólogo B. F. Skinner, ó criticar o primeiro as posicións defendidas polo segundo nun libro acerca da linguaxe, ou mellor, acerca da 'conducta verbal', *Verbal behavior* (Chomsky, 1959; Skinner, 1957). A idea de explicala linguaxe en termos de mera aprendizaxe social mercé á intervención de complexos plans de reforzo resultaba, a xuízo de Chomsky, insuficiente para



Noam Chomsky. Este lingüista mantivo unha gran polémica co psicólogo Skinner polas súas ideas sobre a conducta verbal.

explica-la xeración e comprensión de frases e oracións que realiza un suxeito competente nunha lingua determinada. Esas tarefas requiren, ó seu entender, a posesión dunha 'gramática', isto é, un mecanismo xerador de frases ordenadas e organizadas segundo regras que implicarían a posesión dunha 'mente' por parte do suxeito, capaz de codificar e descodificar mensaxes segundo as ditas regras.

Esta reacción non foi un feito solitario. Foi envolta en toda unha serie de acontecementos e achados na Psico-

loxía experimental que terminaron por lle devolver un lugar dentro da teoría á mente e ós procesos conscientes (Baas, 1986; Gardner, 1987; Valiña e Martín, 1993). Constitúe o presente da nosa ciencia. É a chamada Psicoloxía cognitiva.

OS CAMPOS ESPECIALIZADOS

A Psicoloxía medrou no século XX en innumerables direccións. Non só en campos aplicados —o deporte, a publicidade, a criminoloxía, a seguridade viaria e tantos outros mundos que integran a vida do home actual—, senón en áreas fundamentais, que representan novos niveis nos que cabe consideralos fenómenos da vida mental.

Un é o nivel constituído pola inserción do individuo nunha sociedade determinada, coa conseguinte aparición de procesos específicos dos que logo depende boa parte do seu facer individual.

Os sociólogos positivistas —Comte primeiro, Levy-Bruhl, Durkheim logo— xa advertiron que a mentalidade dun individuo en boa medida resulta da adquisición dunha mentalidade ou concepción do mundo que é de orixe social. Gabriel Tarde (1843-1904) destacou o enorme papel da imitación nesa adquisición de hábitos e valores dentro dunha sociedade; Gustavo Le Bon (1841-1913) realizou unha análise clásica dos procesos polos que un individuo, dentro dunha multitude ou masa, asume comportamentos colecti-

vos emocionais ó tempo que suspende os seus xuízos máis críticos e intelectivos (*La psychologie des foules*), e pouco despois, S. Freud elaborou desde a súa teoría psicanalítica de pulsións, inconsciente e represión, a idea dunha sociedade represora que evita o incesto e a agresión ó pai, e impón un mundo moral que se interioriza a través de ideais e represións.

Novos pasos conduciron a consolidar a visión da orixe social da mente humana. J. M. Baldwin, logo P. Janet, Ch. Cooley, entre outros, exploraron esa dimensión esencial de toda persoa ou 'eu' (*self*). Houbo intentos de reduci-la súa orixe a un proceso de tipo instintivo (W. McDougall) ou a procesos de comunicación a través dos cales se adquieren contidos simbólicos, regras, expectativas, papeis para cubrir na interacción (G. H. Mead [1863-1931]), mesmo se vai configurando a propia conciencia, especialmente gracias á linguaxe (L. Vigotski [1896-1934]).

Os psicólogos sociais exploraron a formación das actitudes, a adquisición de papeis de xénero (masculino/feminino), os fenómenos dentro dos grupos pequenos, o desenvolvemento da actividade dentro dun marco e un clima social, os procesos de liderado, así como a constitución da conciencia moral, a formación de ideais de conducta (logro, conformidade, etc.) e os múltiples procesos mediante os cales avalían unhas persoas a outras, sintonizan as súas opinións e actitudes para lograr determinadas situacións de equilibrio consistente, ou atri-

búen a outros intencións dentro das estruturas sociais e organizacións, para mencionar só algunhas cuestións (Steiner, 1979; Munn, 1989). Todo o cal supón, sen dúbida, un plano máis complexo có dos fenómenos estritamente individuais, se ben cada vez é máis evidente que a interacción entre individuo e sociedade é esencial, e non un engadido extrínseco, á mente humana.

No outro extremo, indo do individuo cara á súa constitución biolóxica e a súa dimensión de organismo natural, a Psicoloxía, que empezou por explorar as bases fisiolóxicas dos procesos psíquicos (desde os primeiros achados dos centros cerebrais da linguaxe, como o da linguaxe falada —Broca— ou o da comprensión auditiva —Wernicke— aínda no século XIX), continuou describindo e localizando procesos, cada vez con técnicas máis sofisticadas. Ó estudio dos fenómenos sensoriais seguíronlle outros máis complexos, como o mundo das emocións —Cannon, Marañón, Papez, MacLean, entre outros—, o do sono e a vigilia —Magoun, Moruzzi, Luria, etc.—, a memoria —Hydén, Halstead, Penfield, McConnell, Rosenzweig...—, as aprendizaxes —Franz, Lashley, Hebb...—, a linguaxe, a motivación... A Psico-fisioloxía do comportamento deu grandes pasos a raíz de introducirse novas técnicas exploratorias, en particular as de neuroimaxe (por tomografía axial computarizada, por emisión de positrons, variación de fluxo sanguíneo cerebral, etc.) e, aínda máis recentemente, ó se lograr determinar, dentro

dunha exploración sistemática do xenoma, mesmo que sexa de forma inicial, a localización dos xenes implicados na xeración de diferentes procesos normais e de trastornos do comportamento. Tal coñecemento abre perspectivas extraordinariamente prometedoras. Moitas das posibilidades desta nova xenética da conducta están aínda por precisar, pero sen dúbida nos atopamos nun momento de iniciación dunha nova época.

EN CONCLUSIÓN

Hai uns anos, algúns autores formuláronse o problema de se a Psicoloxía é unha ou varias ciencias, se o seu campo é delimitable arredor dun único obxecto, e se dispoñemos dun corpo conceptual e dunha linguaxe tales que caiba afirma-la unidade desta ciencia (Staats, 1983; Mayor, 1989; H. Yela, 1989); en lugar de 'psicoloxía', Koch propuxo falar de 'estudios psicolóxicos' (Koch, 1984). Sen dúbida, hai moitas razóns que levarían a acepta-la pluralidade radical neste campo. Ó longo das páxinas anteriores pódese comproba-la diversidade de perspectivas, a pluralidade de niveis de análise, a variedade de autores e obras que foron tomados como marcos de referencia, a existencia de tradicións nacionais diversas, en suma, a complexidade do campo case imposible de reducir a unidade.

Pero ó mesmo tempo, non hai dúbida de que toda esa multiplicidade

inmensa ten unha unidade histórica que a envolve. O proxecto inicial de construír unha ciencia natural verbo da mente e os problemas da subxectividade, que eran cuestións ata entón da filosofía, atopou unha resposta plenamente favorable nada, sobre todo, da vixencia do saber científico. Cumpría unha ciencia da mente, facía falta 'esa' ciencia que se propoñía —foi o mérito que atribuímos a Wundt—. Cando logo contemplámo-las múltiples construcións teóricas a que se chegou, non deixa de transparentarse, como en filigrana, o proxecto wundtiano en forma de insuficiencia, de limitación, de prisión conceptual da que foi forzoso saír. A unidade da Psicoloxía, antes que mero desenvolvemento duns principios comúns, é resultado dun proceso dialéctico de negación e superación de construcións, dentro dun xeral proxecto de comprender, co método da ciencia, a conducta humana e as determinacións mentais que a rexen e xeran.

Se a Psicoloxía fose mera teoría de salón, puro xogo de conceptos con que ocupa-la mente con certos obxectos ideais, tal vez os psicólogos terían posto todo o seu empeño en producir un sistema último, completo e coherente. Pero non o é. É un saber cunha implicación extraordinariamente forte na vida práctica, individual e colectiva, e as demandas de todo tipo que a sociedade lles fai chegar non permiten ós seus cultivadores pecharse nunha torre de marfil, e obrígaos a cadora a baixar á area da vida cotiá. Tal vez non dispoñan de instrumentos impecables, nin

poidan dar resultados fóra de toda discusión. É un saber, como o de toda ciencia, que se sabe provisional, limitado, aberto ó seu continuo reexame, sos-tido polas confirmacións da experiencia pasada pero cuestionado pola do futuro, pendente de vir. Dispón o home, ademais, dunha psicoloxía do sentido común ou da linguaxe ordinaria, coa que enche as fendas que unhas ou outras teorías puideran deixar entre si. E tende ademais en ocasións a ver toda aquela pluralidade de sistemas como modos complementarios con que se tería chegado a ve-la complexísima, fluída e varia realidade da existencia humana. O século XX trouxo, sen dubidalo, a inmensa riqueza da Psicoloxía actual. Cabe pensar que o próximo século a dote, ó cabo, de unidade sistemática última e radical. É algo que está por diante, como futuro prometedor e como reto para cantos a cultivan.

BIBLIOGRAFÍA

- Adarraga, P., e J. L. Zaccagnini, *Psicología e inteligencia artificial*, Madrid, Trotta, 1994.
- Baars, B. J., *The cognitive revolution in psychology*, Nova York, Guilford Press, 1986.
- Bergson, H., *Essai sur les données immédiates de la conscience*, en *Oeuvres*, París, PUF (orix. 1887), 1959.
- Campbell, N. R., "Symposium: Measurement and its importance for

- philosophy", *Aristotel. Soc. Suppl.*, vol.17, 1938.
- Campbell, N. R., et al., "Final report", *Advancem. Sci.* 2, 1940, 331-349.
- Caparrós, A., *H. Ebbinghaus. Un funcionalista investigador tipo dominio*, Barcelona, Eds. Universidad Barcelona, 1986.
- Carpintero, H., *Historia de las ideas psicológicas*, Madrid, Pirámide, 1996.
- Estany, A., *Vida, muerte y resurrección de la conciencia*, Barcelona, Paidós, 1999.
- Eysenck, H. J., e L. Kamin, *La confrontación sobre la inteligencia. ¿Herencia-ambiente?*, Madrid, Pirámide, (orig. 1981), 1983.
- Fernández Ballesteros, R., *Psicodiagnóstico. Concepto y metodología*, Madrid, Cincel, 1980.
- Gallagher, J. J., "Teaching and learning: new models", *Ann. Rev. Psychol.*, 45, 1994, 171-95.
- Gardner, H., *La nueva ciencia de la mente*, Barcelona, Paidós, 1987.
- *La educación de la mente y el conocimiento de las disciplinas*, Barcelona, Paidós, 2000.
- Gould, S., *The mismeasure of man*, Nova York, Norton, 1981.
- Gruber, H., "Darwin on psychology and its relation to evolutionary thought", en R. W. Rieber e K. Salzinger (eds.), *Psychology. Theoretical-historical perspectives*, Nova York, Academic Press, 1980, 145-176.
- Guilford, J., *Psychometric methods*, Nova York, Mc Graw Hill, 2ª ed., 1954.
- Hernstein R., e C. Murray, *The Bell curve. Intelligence and class structure in American life*, Nova York, Free Press, 1994.
- Jacoby, R., e N. Glauberman (eds.), *The Bell curve debate. History, documents, opinions*, Nova York, Random House, 1995.
- Jañez, L., "Psicofísica", en Mayor, J., e J. L. Pinillos (eds.), *Tratado de psicología general*, Madrid, Alhambra, III, 1992, 1-44.
- Koch, S., "Psychology versus the psychological studies", *XXIII Congreso Internacional de Psicología*, (IUPsyS), Acapulco, Resumos, I, 1984, 175.
- Matarazzo, J. D., "Psychological testing and assessment in the 21st Century", *Amer. Psychol.*, 47(8), 1992, 1007-1018.
- Munné, F., *Entre el individuo y la sociedad. Marcos y teorías actuales sobre el comportamiento interpersonal*, Barcelona, PPU, 1989.
- Napoli, D., *Architects of adjustment*, Port Washington, Kennikat Press, 1981.
- Palincsar, J. S., "Social constructivist perspectives on teaching, and learning", *Ann. Rev. Psychol.*, 49, 1998, 345-75.

- Peiró, J. M., *Psicología de la organización*, Madrid, UNED, 2 vols., 1983.
- *Organizaciones: Nuevas perspectivas psicosociológicas*, Barcelona, PPU, 1990.
- Pinillos, J. L., *Principios de psicología*, Madrid, Alianza, 1975.
- *Las funciones de la conciencia*, Madrid, R. Acad. de CC. Morales y Políticas, 1983.
- Polaino, A., *La metapsicología freudiana*, Madrid, Dossat, 1981.
- Raimy, V., *Training in clinical psychology*, Nova York, Prentice Hall, 1950.
- Rieber, R. W. (ed.), *Wilhelm Wundt and the making of a scientific psychology*, Nova York, Plenum, 1980.
- Rivière, A., *Objetos con mente*, Madrid, Alianza, 1991.
- Rodríguez Marín, J., "Psicología de la salud y psicología clínica", *Papeles del Psicólogo*, 69, 1998, 41-47.
- Sahakian, W., *History and systems of social psychology*, Washington, Hemisphere Publs. Co., 1982.
- Shuare, M., *La psicología soviética tal como yo la veo*, Moscova, Progreso, 1990.
- Skinner, B. F., *Verbal behavior*, Nova York, Prentice Hall, 1957.
- Staats, A., *Psychology's crisis of disunity. Philosophy and method for a unified science*, Nova York, Praeger, 1983.
- Steiner, I. D., "Social psychology", en E. Hearst (ed.), *The first century of experimental psychology*, Hillsdale, Lawrence Erlbaum, 1979, 513-558.
- Stevens, S. S., "Mathematics, measurement and psychophysics", en S. Stevens (ed.), *Handbook of experimental psychology*, Nova York, Wiley, 1951.
- Valiña, M. D., e M. Martín, *Psicología cognitiva. Perspectiva histórica, métodos y metapostulados*, Santiago de Compostela, Tórculo, 1993.
- Watson, J. B., "Psychology as the behaviorist views it", en W. Dennis (ed.), *Readings in the history of psychology*, 1948, Nova York, Appleton, 1913, 457-471.
- *Behaviorism*, Nova York, Norton, (orix.1930) 1970.
- Yela, M., "Unidad y diversidad de la psicología", en J. Mayor e J. L. Pinillos (eds.), *Tratado de psicología general*, Madrid, Alhambra, I, 1989, 71-92.



A EDUCACIÓN DO SÉCULO XX: UNHA MIRADA A PROPOSTAS, AVANCES E HERDANZAS

*Alejandro Mayordomo**
Universidade de Valencia

A complexa dinámica social desenvolvida ó longo do século, a indubiable importancia das súas contribucións culturais, ou a intensa e axitada evolución dos acontecementos políticos inflúen naturalmente no carácter e na evolución das ideas e os fenómenos educativos dese importante tempo histórico que agora remata formalmente. Non é doado, pois, expoñer resumidamente tódolos trazos e as achegas da historia educativa destes cen anos, e tamén resultaría complicado seguir nin sequera a maior parte dos episodios desta nunha etapa rica, sen dúbida, en realidades e proxectos. Polo tanto coidamos preciso seleccionar algunhas grandes temáticas que poidan servir como descritores básicos do estado da cuestión e, ó mesmo tempo, acoutar esta observación nun espacio sociocultural e político que vai coincidir co noso máis próximo contorno.

Por outra parte hai que lembrar que o século que aquí comentamos recibe no educativo unha extraordinaria herdanza do anterior, tanto respecto ós

grandes principios e tarefas que aquel definiu, como ás controversias, os atrasos e insuficiencias que xerou; recorde-mos fundamentalmente neste aspecto que o século XIX iniciou a sistematización científica da Pedagogía e o proceso de constitución dos sistemas educativos nacionais. O século XX persiste na afirmación ou cumprimento dalgúns dos trazos e propósitos sinalados con anterioridade respecto a eses puntos, pero vive tamén a distancia entre o discurso teórico e as prácticas, a tensión entre modernidade e tradición, a decisiva diferenza entre o avance científico e a vontade política de levalo á práctica. Dese xeito, a Pedagogía do período histórico que agora analizamos vai incidir de maneira moi notable no crecente desenvolvemento dun coñecemento e intervención científica sobre os procesos de ensino-aprendizaxe; ademais, os sistemas educativos estarán no centro de atención das orientacións políticas, ó tempo que seguirán o seu camiño de extensión cuantitativa e de reiterados intentos de avance na consecución de calidade e eficacia; e, en

* Catedrático de Historia da Educación.

definitiva, progresos e resistencias, avances e frustracións, propostas de cambio e incumprimentos reais confluirán na verdadeira configuración dun panorama educativo que, desde logo, non conclúe —como veremos— senón na emerxencia de novos desafíos e retos.

1. UN NOVO SÉCULO, UNHA NOVA EDUCACIÓN

Co cambio de século o pensamento contemporáneo anima unha revisión de importantes aspectos relacionados co formativo. Ese momento presenta algúns feitos cheos de interese para a nosa lectura: a crítica ó positivismo e a súa redución á indagación da realidade física, o rexeitamento ó puro intelectualismo e a conseguinte preocupación polos aspectos sentimentais e volitivos da persoa humana, as tendencias culturais que puñan a énfase no ‘impulso vital’ que significaba a liberdade e a autonomía persoal, o interese por responder ós valores vinculados coa existencia práctica.

Todo isto ía provocar e desenvolver-lo que se deu en chamar unha ‘revolución copernicana’ no campo do pedagóxico, un xiro que consideraba o alumno como o centro da educación e a escola, o paidocentrismo; así, a individualidade do neno converteríase no gran recurso e obxectivo para a moderna Pedagogía, que debía dirixi-la súa intervención á liberación das potencias espirituais daquel individuo, dando curso libre ós intereses do neno, fomen-

tando a súa propia actividade ou traballo pedagóxico. Desde esa perspectiva, a nova concepción educativa entraba igualmente de cheo na tarefa de resolver máis positivamente o problema da relación autoridade-liberdade no proceso da educación.

Nesa Pedagogía, pois, os valores ou os instrumentos van se-la vontade ou o interese espontáneo de quen aprende, a intuición ou experiencia, a acción persoal e a autoeducación, a utilidade dunha aprendizaxe que preparara para a vida e todo o conxunto das súas esixencias materiais e morais. Consecuentemente, esa directriz significou unha clara orientación para unha teoría educativa fundada no rigoroso coñecemento psicolóxico da infancia, sostida na aplicación ó pedagóxico do saber da psicoloxía do desenvolvemento; representou unha convocatoria a unha tarefa dedicada á realización dunha experiencia escolar axustada á autonomía do suxeito da aprendizaxe e a súa propia e concreta experiencia; e, finalmente, incidiu nunha consideración sobre a misión do profesor que lle fai abandonar-lo seu simple papel de instructor para lle atribuír e reclama-la función de guía e alento da actividade infantil. O discorrer deses avances científicos e a posta en marcha desas innovacións metodolóxicas ían ser, en primeiro termo, grandes signos do século.

Podemos revisar ó respecto a expresión dun dos máis relevantes teóricos deste movemento, Adolphe Ferrière, cando en 1922 publica *L'école active*; expresa alí unha orientación

principal para fixa-la tarefa de 'centrar' e acrecenta-las enerxías constructivas que ten o individuo que se educa: o fin da nova educación ha ser "propiciar la actividad", aquela "que parte de la voluntad y de la inteligencia personal para desembocar en un enriquecimiento intelectual, moral y espiritual del sujeto"; e iso, engade, feito sen presións, ó alumno hai que "estimularle para que actúe"¹.

Ese é o sentido que contén a proposta que fan os principios da Oficina Internacional das Escolas Novas ou o ideario da Liga Internacional da Educación Nova creada en 1921. Na elaboración e difusión dese espírito traballaron de forma pioneira, experimental e innovadora numerosas institucións que seguiron o exemplo da primeira 'escola nova' inglesa, a de Cecil Reddie, en Abbotsholme; a escola de Bedales, tamén en Inglaterra; os 'fogares de educación no campo' alemáns, ou as 'escolas en comunidade' no propio ensino público alemán; as 'escolas novas' públicas de Austria; ou as francesas, que tomaron exemplo da famosa École des Roches; as 'casas dos nenos' da italiana Montessori, etc. A través desas experiencias deféndese e afiánzase o proxecto dunha educación máis viva e activa, un ensino máis respectuoso e incitador da autonomía dos escolares, dun labor educativo máis integral que comprendera non só a formación intelectual senón a actividade creativa e estética, a educación física e os depor-

tes, a educación moral, a preparación social... O seu exemplo trataba de ser un 'laboratorio' de pedagogía práctica e de converterse en experiencia e estímulo para a súa difusión e materialización xeral.

2. RENOVACIÓN PEDAGÓXICA

Xa desde os primeiros anos do século XX o desexo de introducir eses principios impulsa un traballo de renovación pedagóxica, que trata de articular respostas prácticas a estas tres grandes dimensións: a significación pedagóxica da infancia, as relacións entre desenvolvemento e aprendizaxe e a importancia pedagóxica do exercicio funcional ou a acción. Individualidade e actividade poderían se-los descritores ou bases máis relevantes dese novo criterio metodolóxico.

Ese proxecto ten en seguida unha primeira necesidade e repercusión. Hábía que coñecer máis a fondo os fenómenos da vida infantil, así como as leis que os rexen; cumpría estudia-lo neno, e nacía en consecuencia a *Paidoloxía* para observar, describir, investigar en tales aspectos. Pero, ademais, naquel triple empeño resultou preciso contar cos traballos da chamada *psicoloxía pedagóxica*, para investigar e comprender mellor o proceso da aprendizaxe infantil desde a análise evolutiva da psicoloxía da infancia e a xuventude. O desenvolvemento deses campos cobrou en-

1 A. Ferrière, *La escuela activa*, Barcelona, Herder, 1982, pág. 6.

tón un interese notorio. E se cadra un apuntamento máis, afóndase nunha tendencia *experimentalista* para pescudar con máis rigor o funcionamento dos feitos educativos; nas dúas primeiras décadas, figuras como Binet, Lay ou Meumann investigan e publican, definen máis sistematicamente, nos campos da medición e o estudio experimental da intelixencia, a didáctica ou metodoloxía experimental, a pedagogía experimental e os seus fundamentos psicolóxicos.

Por outra parte, aqueles novos folgos xeran, como xa anticipabamos, unha destacada renovación metodolóxica —da que imos resumir aquí os puntos esenciais— lembrando outra volta que o concepto dunha escola activa e dun ensino máis en contacto coa realidade é básico, sen dúbida ningunha. E así o inicio do século formula os grandes principios desa dirección. En 1912, Kerschensteiner define e precisa o concepto de ‘escola do traballo’, insistindo nos temas da liberdade de actuación e a multiplicidade de situacións que lle permitan á intelixencia elabora-la súa propia experiencia, autoactividade “escogida libremente, o libremente desenvolvida” —fronte ó sistema verbal e libresco— que non é senón outra actividade espiritual autónoma: “El trabajo espiritual autónomo exige, empero, el mayor alejamiento posible de las viejas formas de transmisión del saber, en beneficio de la elaboración activa de las materias de enseñanza”². Deste xeito ábrese paso a idea

—mantida por Dewey— de aprender actuando, facendo; e sempre como manifestación de necesidades, intereses e iniciativas propias e vivas. Unha educación activa que ha de ser funcional, dirá Claparède: que ha de xurdir dun interese ou necesidade natural, que ha de contar co consentimento do suxeito e cunha disciplina interior, que ha de ser espontánea, libre. E de novo podemos citar aquí as ideas de Ferrière, porque insta de continuo a abrírlle ó neno o mundo e a vida, porque incita a utiliza-las enerxías interiores segundo as posibilidades de cada neno.

Desde intervencións máis prácticas, a italiana María Montessori quere preparar mestres e materiais para que poidan ser útiles á actividade persoal e ó autodesenvolvemento do neno en liberdade; en Bélxica, o doutor Decroly interésase en crear posibilidades dun ambiente onde o neno-escolar se mova a coñecer por medio do interese; e os franceses Profit e Cousinet estimulan a iniciativa e a experiencia vinculada á obra colectiva e a comunidade, engadindo a socialización como obxectivo substantivo. Algúns métodos e sistemas norteamericanos súmanse a ese labor, creando iniciativas pioneiras de experimentación e innovación pedagóxica.

O afondamento nalgunha das direccións sinaladas atopa finalmente unha lograda achega durante este século na figura de Jean Piaget; o seu estudio interésase polo pensamento e a

2 J. Kerschensteiner, *Concepto de la escuela del trabajo*, Madrid, Ediciones La Lectura, páx. 106.

linguaxe na etapa infantil, pola representación do mundo no neno, polo desenvolvemento nel do xuízo moral; o seu obxectivo e contribución son, pois, axudar ó coñecemento da estrutura do pensamento do neno ou das leis do desenvolvemento ou da maduración. A súa obra confirma a pretensión pedagóxica de formar intelixencias inventivas, o valor da conquista persoal e a autoformación, as vantaxes dos métodos activos, a importancia de axustala aprendizaxe ás condicións da base madurativa. Aprender é reinventar, escribe, actuar con iniciativa e intereses persoais. E esas son algunhas das ideas e retos fundamentais do importante alento de innovación e mellora pedagóxica que percorre o século.

3. DIMENSIÓNSPOLÍTICASNA EDUCACIÓN

Aquela esencial significación que á personalidade e á liberdade daba o ideario educativo desde os comezos do século viuse alterada, tamén substancialmente, por principios, proxectos e acontecementos políticos que puxeron o educativo noutro punto de mira. No rápido balance que do século estamos a facer non se pode esquecer unha mención a este referente que nega ou desvirtúa os máis xenuínos valores da acción formativa, porque tamén eles fan parte do conxunto de graves dificultades, conflitos e confrontacións ideolóxicas que compoñen a historia, a tensión producida nese tempo entre democracia e totalitarismo.

As directrices pedagóxicas do leninismo e o stalinismo, sobre todo, conformarán unha concepción educativa que serve ó afianzamento dunha sociedade rexida por unha gran disciplina centralizadora, un forte control autoritario sobre ela, e en todo caso por unha absoluta desconsideración cara ó individual e persoal; a educación —segundo o programa elaborado polo Partido en 1919— non tiña outro obxecto máis importante que formar cadros penetrados polas ideas do comunismo, dispostos a contribuír na edificación da sociedade comunista. Ninguén como o pedagogo soviético Makarenko perfilou tan contundentemente o condicionamento do *colectivo* sobre a persoa, nin a forza educadora daquel a través dos intereses da comunidade e a disciplina consciente; na súa praxe, ámbolos recursos exercitan as



A. Makarenko.

virtudes sociais do home soviético e espertan a actitude comunista do novo 'cidadán do Estado'. O mesmo Makarenko escribirá que as esixencias non dimanan da pedagogía senón da política.

Ese afán de politización dos obxectivos educativos ó servizo dunha monolítica orde social faise patente e materialízase, como é coñecido, noutras tristes experiencias totalitarias; experiencias que poñen o sentido do pedagógico na idea de desenvolver-lo carácter e a actitude dos mozos e adultos cara a unha posición de completa adhesión e entrega ós principios dunha orientación política firme, pechada, única e determinante. Na Alemaña nazi o fin da educación é forma-lo home nacionalsocialista nos ideais políticos dese movemento; algo que cumpre non só as institucións escolares senón as importantes organizacións xuvenís. En ambas faise vivo o postulado de Kriek: os mozos han adquiri-la conciencia de que non son seres autónomos nin completos, senón só unha parte de "un todo supraordenado" que regula a súa vida e o seu destino. Pola súa parte, a "Carta della Scuola" da Italia fascista compromete a vida escolar coa formación da conciencia política, co encadramento cívico das novas xeracións. E a escola do Estado Novo portugués centra igualmente o seu obxectivo nas tarefas dirixidas a modela-la conciencia, no traballo de adoutramento ideolóxico e moral.

Pero naturalmente a incidencia do político sobre a evolución dos siste-

mas educativos no século XX tivo outros planos máis positivos e fructíferos. E nese aspecto non pode esquecerse que a época afonda sen dúbida na consecución dunha educación democrática ou unha democratización da educación; hai que recoñecer-lo destacado avance histórico —máis aló de evidentes carencias, deficiencias e desigualdades— que a escolarización ten durante o século, e tanto no nivel da escolarización básica coma no que se refire ó acceso de maiores capas de poboación a estudos secundarios e universitarios. Nese punto, precisamente, hai que situar outro fito político-pedagógico da historia dese tempo que aquí analizamos: a resposta á demanda, desde o punto de vista cuantitativo, foi considerable porque entre 1960 e 1975, e en todo o mundo, os efectivos escolares aumentaron en máis dun setenta por cento.

O concepto de 'escola única' ou 'unificada' preséntalle ó século XX a defensa e reivindicación dunha promoción educativa non condicionada por distincións de tipo económico, social, de sexo, ou de carácter relixioso ou ideolóxico. O ideario político do século iría definindo sobre ese principio os trazos e primeiras aplicacións dun modelo novo de política educativa; un proxecto que debía dar paso á aptitude como aval esencial para as posibilidades de ensino, debía garanti-la obrigatoriedade e gratuidade nunha escola básica común, debía fomenta-la responsabilidade esencial do Estado no cumprimento do servizo público da

educación, debía instaurar, en fin, unha educación laica respectuosa da conciencia infantil.

Pero, a este respecto, o período que revisamos vive tamén unha forte e continuada polémica, un importante debate cultural e político que se cualifica como a 'cuestión escolar'. E é que outra postura, sostida sobre todo pola posición doutrinal da Igrexa nas súas ensinanzas da encíclica *Divini illius Magistri*, define e defende o seu rexeitamento ó estatismo en materia de ensino, a súa condena absoluta á exclusión da relixión do mundo escolar. No marco das características básicas da educación ó longo do século que agora acaba, hai que situar como outro punto de relevo este conflito entre Igrexa e Estado en materia educativa. A fixación dun certo código para o 'dereito' escolar será outra tarefa do século.

O establecemento do marco xurídico de dereitos e liberdades no eido da educación facíase imprescindible, e a segunda metade do século sinalou con carácter internacional algúns principios fundamentais neste terreo: desde a Declaración Universal dos Dereitos Humanos, proclamada polas Nacións Unidas en 1948, ata a Convención da UNESCO de 1960, relativa á loita contra as discriminacións no campo do ensino; ou os Pactos Internacionais nos que, en 1966, a Organización das Nacións Unidas afirma os dereitos económicos, sociais, culturais, civís e polí-

ticos; e, no caso europeo, a resolución do Parlamento sobre a liberdade de ensino (1984) ou a Declaración sobre Dereitos e Liberdades Fundamentais (1989). Os preceptos fundamentais ou básicos deses documentos refírense ó *dereito de toda persoa á educación, á obrigatoriedade e gratuidade do ensino elemental ou básico, ó dereito preferente dos pais a escollerem a educación dos seus fillos, á liberdade de crear centros docentes, á garantía para recibir unha educación relixiosa e moral acorde coas conviccións, etc.*

Con todo isto a historia do século XX produce a definitiva integración da educación e a obrigatoriedade escolar non só como mero precepto legal ou dereito de liberdade, senón no novo campo dos dereitos sociais. Ratifícase dese modo unha maior esixencia para o Estado, ó que non só se lle esixe non facer "sino que también se le pide actuar para que las libertades públicas no perezcan: los derechos de libertad o de defensa se han convertido en buena parte en derechos sociales o prestacionales"³. Outro importante fito na historia educativa.

4. UNHA PREOCUPACIÓN SOCIAL SOBRE O SENTIDO E A FUNCIÓN DA ESCOLA

As dimensións ou relacións sociais dos feitos educativos tiveron tamén unha presenza real no acontecer pedagóxico do século, e unha lectura,

3 M. de Puelles Benítez, "Estado y Educación en el desarrollo histórico de las sociedades europeas", *Revista Iberoamericana de Educación*, núm. 1, 1993, páx. 54.

ás veces crítica, do papel da institución escolar no sistema social. Parécenos que este é outro dos caracteres que hai que salientar na educación e a Pedagogía do século XX: ese século vai contemplar de maneira moi ampla e ben diversa a vinculación social dos procesos e os sistemas educativos.

Por un lado aparece o pensamento interesado en facer da educación un medio para vincula-la mocidade coa vida social, para regulariza-lo funcionamento da vida cívica, mesmo para, como pretenderá Durkheim, converte-la escola en “primordial formadora moral do país”. Importantes autores da Escola Nova, que xa citamos arriba, como Dewey ou Kerschensteiner trazan unha perspectiva da educación que insiste en formar cidadáns autodeterminados moralmente e que colaboren desa forma no desenvolvemento moral da sociedade; e por iso reclaman unha organización escolar cun forte espírito social e un decidido obxectivo de cara á aprendizaxe do social. Concretamente é Dewey quen postula a idea de utilizar un criterio de valor social para a selección do coñecemento escolar, adaptándoo ás necesidades e á mellora da comunidade e recoñecendo as responsabilidades sociais da educación por medio dun programa que tende a desenvolver-la percepción e o interese sociais⁴.

Pero os problemas ou limitacións que se van presentando nese camiño, e

as determinacións sociais que dificultaban a superación do restrinxido marco concedido á educación nese terreo, xeraron tamén durante o século que estudiamos unha significativa crítica a certas cuestións dese ámbito. Referímonos, por exemplo, á posición de Freinet ó denunciar unha escola formadora de homes pasivos e ignorantes dos problemas sociais, unha educación que non tomou en serio o seu traballo de desenvolvemento da práctica social, que descoidou o seu imprescindible interese por cambia-lo medio e o seu papel de preparación da democracia do mañá. Unha escola que se converteu dese modo en instrumento da sociedade capitalista dominante⁵.

Debemos lembrar outrosí a aparición de toda unha ampla contestación á escola como lexitimadora e reproductora da realidade social; e habería que mencionar aquí a análise feita por Althusser que ten que ver coa educación como aparello ideolóxico do Estado, sinalando que a escola transmite unha determinada ideoloxía adaptada ó papel que se debe desempeñar na vida social; ou as interpretacións daqueles que, como Bourdieu e Passeron, tratan sobre a orixe ou a pertenza social como elementos definidores da posesión de capital cultural, de posibilidades educativas; ou aqueles estudos de Baudelot e Establet que afirman e proclaman, en coincidencia co anterior, que o sistema de ensino, baixo a

4 J. Dewey, *Democracia y educación*, Madrid, Ediciones Morata, 1995.

5 C. Freinet, *Las invariantes pedagógicas*, Madrid, Ediciones Morata, 1996.

aparencia de unidade, reproduce as diferencias sociais.

O que estamos indicando é que a lectura e investigación sociolóxica sobre os procesos e a institucionalización educativa foi un punto relevante no significado histórico-pedagóxico do século XX. E iso por varios razóns ou contribucións. Con toda seguridade, e sen chegar a críticas tan radicais como as antes sinaladas e outras máis, a perspectiva sociolóxica foi moi ampla durante o derradeiro tercio do século fundamentalmente, e ofreceulle ó panorama teórico e práctico da educación un mellor coñecemento de interesantes aspectos. Por exemplo, verbo da comprensión de temas como as formas e efectos de importantes determinantes sociais da educación, o cumprimento por parte desta de funcións de notable influencia na configuración de patróns de conducta social e na realización de resortes de control social, as posibilidades e límites da educación como factor de cambio ou de mobilidade social, as condicións e interaccións da escola como institución social, etc.

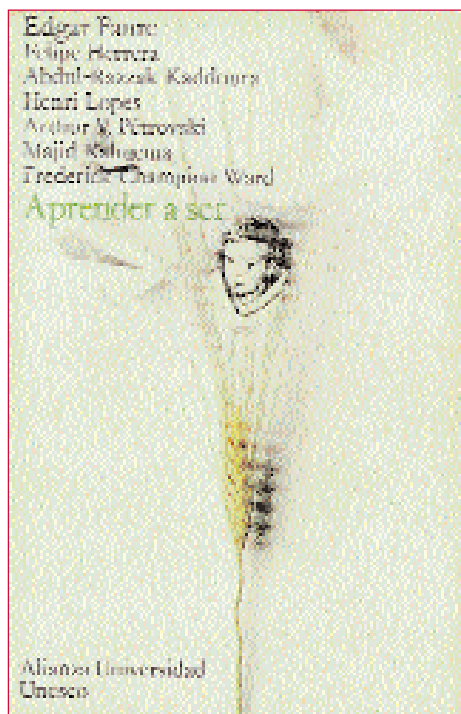
A incidencia desa perspectiva prodúcese tamén mediante a súa integración na consideración ou a análise do coñecemento, o currículo, a organización ou a reforma escolar. O discurso pedagóxico chegou a contar así cunha análise da socioloxía do coñecemento que resulta moi apropiado para investigar e comprender-los contextos sociais e históricos, os procesos e estruturas

dunha determinada sociedade, nos que se produce o pensamento, a actividade intelectual, as distintas conformacións culturais; nese aspecto, e nos primeiros anos trinta, a obra de Karl Mannheim —baixo a influencia de Weber— abrirá un camiño importante⁶. Máis tarde, xa nos setenta, a achega de Bernstein á socioloxía da educación e do currículo axudará a ve-la dependencia do coñecemento escolar respecto ás estruturas do poder que definen, distribúen e organizan os contidos e a súa transmisión, insistindo desa forma na *reproducción cultural*. E case ó mesmo tempo, xa nos oitenta, Apple prosegue o estudio das relacións entre os conceptos de hexemonía, estrutura social, ideoloxía e currículo; tratando de buscar gretas neste determinismo, e sinalando as posibilidades de transformación ou as opcións de resistencia que determinados actores da educación teñen para actuar fronte a aquel tipo de imposición, determinación ou control. Son dous ‘clásicos’ dunha vía crítica que foi consolidando o estudio do tema da ‘regulación social’ no eido pedagóxico, do que colleron bastantes alentos e preocupacións por muda-lo sentido e os modos das decisións na política curricular e das intervencións na práctica escolar.

5. CRISES, TRANSFORMACIÓNS, ALTERNATIVAS

As diverxencias entre o discurso teórico e os resultados prácticos conse-

6 *Ideología y utopía: Introducción a la sociología del conocimiento*, Madrid, FCE, 1987.



Portada da edición de 1980 do Informe da Comisión Internacional para o Desenvolvemento da Educación, en versión española de Carmen Paredes de Castro.

guidos, as disfuncións ou ineficacia comprobada nalgúns respostas, así como a aparición de novas necesidades e contextos sociais, foron producindo esixencias diferentes á política e a educación, obxectivos renovados para a Pedagogía, e propostas de cambio axustadas ás transformacións sociais, culturais e económicas. O derradeiro tercio do século foi testemuña destas circunstancias, condicionamentos e solucións alternativas.

En 1972, un famoso Informe da Comisión Internacional para o Desenvolvemento da Educación, establecido pola UNESCO, sinalaba como motivos para a modernización ou innovación a preocupación existente por remediarlos fallos detectados, o aproveitamento dos avances científicos destinados a racionalizar as prácticas educativas e a propia vitalidade ou impulso dos protagonistas da educación. Desde a mirada á situación do momento e desde a perspectiva de estimular posibilidades, marcábanse recomendacións e tendencias que desde entón foron cobrando relevancia no deseño das accións político-pedagóxicas; o derradeiro cuarto do século XX incidíu substantivamente en formulacións e accións relacionadas, entre outros, cos seguintes aspectos: a educación permanente como idea rectora das novas políticas educativas; a diversificación e desformalización das actividades e institucións educativas; a valoración da importancia educativa da primeira infancia; a ampliación en tempos e contidos da Educación Xeral Básica, conciliando formación xeral e técnica; a integración da tecnoloxía nos sistemas educativos; a busca dunha identidade da función docente adaptada á natureza dos sistemas educativos modernos; a pretensión de asociar educación e traballo, coa optimización da mobilidade profesional e o papel formativo das empresas; o afán por democratizar a xestión da educación⁷...

Esas tendencias innovadoras que, como dicíamos, marcan gran parte da

7 E. Faure, e outros, *Aprender a ser*, Madrid, Alianza Universidad-UNESCO, 1973, páxs. 261-322.

caracterización educativa destes vinte-cinco anos últimos do século, supoñen a definición dun novo papel dos profesores que a través da súa evolución achegan tamén neste período significativas dimensións. Os documentos da Conferencia Internacional de Educación convocada pola UNESCO en 1975 poden resumirnos algunhas posicións como a súa afirmación de que os profesores han ser conscientes de que non deben ter unha idea fixa sobre a súa función xa que esta se modifica segundo as influencias dos cambios producidos na sociedade. Punto clave nesa concepción é o tema do seu carácter de educadores e non de meros transmisores de información e coñecementos; ser educador —dise— significa servir de mediador entre o individuo que se educa e a masa ou conxunto de informacións, e en tanto que mediador a súa tarefa é axudar a buscar, validar, asimilar coñecementos que poidan ser base para novas aprendizaxes, ensinar técnicas de pensamento e investigación; ademais, resáltase a necesidade de establecer novas relacións cos estudantes, que deben tomar parte de forma máis activa nos procesos educativos, cos pais e co resto de docentes e outros profesionais da educación. Para isto reclámase unha mellora da preparación destes, na que a formación inicial non é máis que unha primeira etapa dun proceso coordinado e continuo; no primeiro caso, ademais dunha preparación xeral e profesional, ha pre-

verse e asegura-lo autodesenvolvemento persoal e profesional; na formación en exercicio, as políticas —engádesa— han ser flexibles, adaptadas ás necesidades e mobilizadoras do interese e a participación dos colectivos profesionais⁸.

Certamente os impactos do cambio sociocultural e económico sobre o feito educativo foron numerosos e difíciles. Xa no período final do século a educación —como proceso e sistema— e as políticas educativas víronse condicionadas e interpeladas por algúns feitos relacionados coa acelerada evolución e o amplo desenvolvemento da ciencia e a tecnoloxía, as importantes esixencias do desenvolvemento económico e as súas demandas de cualificación, a extraordinaria expansión dos medios de comunicación, etc.⁹ E gustaríanos salientar brevemente polo menos tres repercusións de entre as importantes consecuencias que eses fenómenos tiveron no campo educativo. Por unha parte a necesaria vinculación da escola e o mundo do traballo, da cultura escolar e a cultura laboral; en definitiva, a pertinente adecuación das estruturas do sistema educativo ás da produción. Por outra parte aparece unha tendencia a medi-los resultados ou o rendemento do ensino, economizando recursos e buscando novas fontes de financiamento; iso significa un interese pola calidade do ensino, pero representa do mesmo modo a

8 N. M. Goble, e J. F. Porter, *L'évolution du rôle du maître*, UNESCO, París, 1977, páxs. 53-55 e 234-243.

9 J. M. Fernández Soria, e A. Mayordomo Pérez, *Política educativa y sociedad*, Valencia, Universitat de València, 1ª ed., 1993, Nau Llibres, 2ª ed., 1996.

introducción da lóxica da produtividade ou a rendibilidade dos investimentos nos sistemas educativos. Finalmente, unha terceira repercusión é a que ten que ver coa posibilidade dun novo modelo de escola que, incapaz de responder adecuadamente ós constantes e vertixinosos cambios do coñecemento, e tendo en conta a pluralidade de instancias formativas dunha 'sociedade educativa', ha realizar unha tarefa 'constructiva', moi diferente á da escola meramente transmisora; un traballo que —como sinala Tonucci— é un espacio de investigación, de reflexión, un lugar para a reestruturación e a construción do coñecemento¹⁰.

Podemos concluír agora, pois, que o século que comentamos transmítelle ó XXI unha especie de legado que pecha e abre a un tempo unha esencial reflexión sobre os obxectivos da aprendizaxe e sobre os motivos dun axeitado desenvolvemento socioeducativo. A UNESCO quixo expresar recentemente os horizontes, principios e orientacións dun tesouro que cómpre coidar, unha herdanza de fundamentos e tarefas que chegaron a ser seguridades, pero que son aínda utopías e retos. A educación entre os valores do local e do mundial, a educación para a cohesión social e a participación democrática, a educación mirando polo crecemento e o desenvolvemento humano... e a proposta de catro aprendizaxes fundamentais:

aprender a coñecer, é dicir, adquiri-los instrumentos do saber e da comprensión, aprender a aprender; *aprender a facer*, como forma de influír sobre o propio contorno vital desde a adquisición de competencias como a cualificación profesional, as aptitudes para o traballo en equipo, a capacidade de iniciativa, etc.; *aprender a vivir xuntos*, para participar ou cooperar cos demais, descubri-los outros, tender cara a obxectivos comúns... propicia-los valores do pluralismo ou a paz; *aprender a ser*, configurando unha personalidade propia, con autonomía, xuízo e responsabilidade persoal¹¹.

6. LIÑAS DE RENOVACIÓN PEDAGÓXICA NUN SÉCULO DE EDUCACIÓN EN ESPAÑA

Cando se inicia un novo século están presentes xa no panorama pedagóxico español os grandes temas para unha reforma educativa das prácticas escolares, sobre todo en razón do alento reformador mantido pola Institución Libre de Enseñanza. Ese desexo de renovación educativa subliña tamén aquí a importancia do suxeito da aprendizaxe e a función da infancia, postula as vantaxes dunha escola activa e reivindica innovadoras referencias organizativas como a escola unificada e a graduación escolar. A historia das tres primeiras décadas do século está chea de propostas que demandan reformas

10 F. Tonucci, *¿Enseñar o aprender? La escuela como investigación quince años después*, Barcelona, Graò, 1990.

11 *Informe a la UNESCO de la Comisión Internacional sobre la Educación para el siglo XXI presidida por Jacques Delors*, Madrid, Santillana-Unesco, 1996, páxs. 96-109.

urxentes para a educación nacional, sinalando os indicadores pedagóxicos máis adecuados. Naquel entón tamén se coñecen, definen e ensaian algúns principios e métodos pedagóxicos; introdúcense certos cambios organizativos e metodolóxicos nun progresivo movemento de modernización pedagóxica. Razóns políticas, discurso pedagóxico e actividades ou experiencias prácticas integranse nun interesante conxunto de demandas e iniciativas, moi distantes en demasiadas ocasións de facérense realidade de forma ampla ou xeral. Cabe citar nese aspecto os traballos de recepción e difusión de novidades pedagóxicas que levan a cabo revistas como o *Boletín de la Institución Libre de Enseñanza* (1877-1936) ou *La Escuela Moderna* (1891-1934), a *Revista de Escuelas Normales* (1923-1936) ou a *Revista de Pedagogía* (1922-1936); esta última desenvolverá ademais un considerable labor de edición de publicacións que querían ofrecer traballos metodolóxicos para a aplicación práctica ás diversas didácticas especiais, sobre variados aspectos do material e a organización escolar, textos escolares e obras sobre diversos temas da cultura pedagóxica; e é preciso recorda-la existencia dun empeño en conseguir unha máis alta e cualificada formación dos docentes, que fai que se estableza en 1909 a Escola de Estudios Superiores do Maxisterio, co fin de formar profesores de Normal e inspectores e elevá-lo nivel profesional dos mestres; ou que motiva, tamén, que a partir de 1913 se regulen cursos de perfeccionamento para mestres do ensino primario ofi-

cial, “completando la obra que realizan las Escuelas Normales” e co obxecto de “estimular a los maestros estudiosos”. En 1931 establécese unha singular e importante reforma nos estudos do Maxisterio cun novo plan que lles esixe ós mestres unha “firme preparación pedagóxica”, e para o cal se converten as Normais en institucións profesionais con maior incidencia na especialización pedagóxica e as prácticas docentes; e en 1932, na Facultade de Filosofía e Letras da Universidade de Madrid, creábase unha Sección de Pedagogía, xustificada polo “interés tanto científico como práctico, que en nuestro tiempo suscitan, por fortuna, cuantos problemas se refieren a la enseñanza y, en general, a la formación y cultura de la personalidad humana”, así como polo patente desenvolvemento acadado polos estudos pedagóxicos e as ciencias que lles serven de fundamento.

Outro destacado campo de desenvolvemento profesional pedagóxico é sen dúbida o relacionado coa investigación, a experimentación pedagóxica e o ensaio ou promoción de modelos e técnicas educativas. Nesta liña o Instituto Escuela creado en Madrid en 1918 —como os abertos durante a II República en Barcelona, Valencia, Sevilla e Málaga— centraban as súas tarefas e finalidades na aplicación de novos métodos educativos e no desenvolvemento de experiencias para a formación dos docentes do ensino secundario. Neste apertado repaso ha ser considerado un excelente esforzo realizado para facer posible o coñecemento

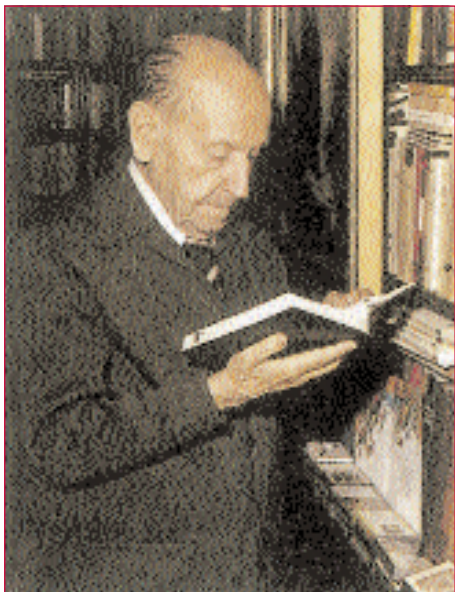
das máis modernas realizacións e concepcións metodolóxicas e organizativas do momento; un obxectivo que se impulsa promovendo as viaxes e bolsas ó estranxeiro a través da Xunta para a Ampliación de Estudios. Creado en 1907, este organismo facilitou a profesores normalistas, inspectores e mestres coñecer importantes experiencias de renovación educativa en Europa, estimulando así a introducción dese pensamento e práctica e a súa difusión polas escolas.

E algo, tamén, deberemos citar do destacable traballo de investigación, estudio e divulgación desenvolvido a prol da renovación pedagóxica; ben sexa tratando de avanzar no coñecemento e aplicacións da Paidoloxía e a Psicoloxía e Pedagogía científica, ben elaborando respostas metodolóxicas e organizativas innovadoras para o traballo escolar, para temas como a graduación escolar, a introducción do método de proxectos, a imprenta na escola, etc.

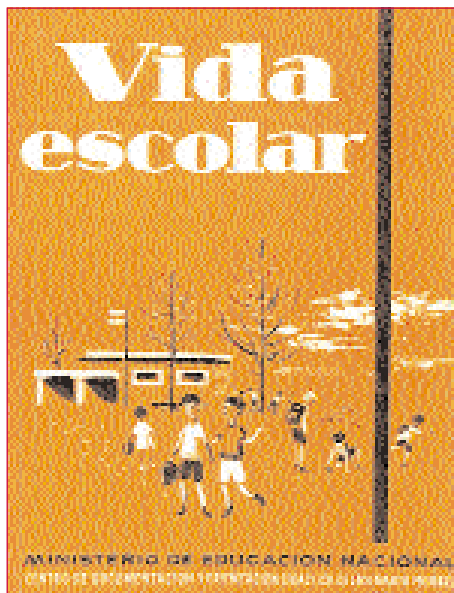
En definitiva, este momento histórico —que se estende ó longo das tres primeiras décadas do século— supón a recepción en España do movemento das 'escolas novas', e o seu afán de afondar na dimensión científica da Pedagogía ou de dar respostas válidas para a renovación didáctica. Lorenzo Luzuriaga é seguramente a figura máis destacada na cristalización dese ideal; coñecedor da teoría e as experiencias da vangarda educativa europea, membro do Comité Executivo da Liga Internacional da Educación Nova,

Luzuriaga mostra eficazmente todo o seu traballo e alento arredor dos principios da escola única e a escola activa oposta ós métodos do ensino tradicional; e desde o punto de vista político resalta nos seus numerosos traballos a necesidade dunha reforma institucional encarnada nunha escola pública e laica que faga posible a renovación pedagóxica xeneralizada. Non pode esquecerse, ademais, que as publicacións promovidas pola editorial da *Revista de Pedagogía* puxeron ó alcance dos educadores as obras de Dewey, Kerschensteiner, Claparède, Decroly, Ferrière, Petersen, Cousinet... e na revista escribirían, entre outros e ademais dalgúns dos citados, Bovet, Kilpatrick, Montessori, Piaget, Watson, etc. A modernidade pedagóxica pugnaba por introducirse e aplicarse en España, e durante o primeiro bienio republicano recibiría un impulso definitivo.

Algúns anos máis tarde, cando España entra nun proceso de desenvolvemento, os cambios nas realidades e necesidades repercutirían igualmente na evolución e transformación das formulacións pedagóxicas. Abríase así, mesmo que debilmente e con referentes distintos, unha etapa na que de novo se vai proclama-lo desexo de racionalidade técnica e renovación das prácticas escolares. Os intentos nesa orde de cousas ou intencións sucédense; lembremos algúns exemplos: en 1953, unha reforma dos cuestionarios nacionais de ensino quere inscribirse no intento de darlles ás tarefas



Adolfo Maíllo, director do CEDODEP, e un número da revista *Vida Escolar* que foi o instrumento de comunicación do mencionado organismo.



escolares un sentido didacticamente eficaz; e ese mesmo ano, a nova lei de Ensino Medio xustificaba a reorganización emprendida a prol da aplicación de métodos pedagóxicos dirixidos a perfeccionar os procedementos de índole técnica; precisamente nesa liña hai unha institución e un medio que merecen ser destacados: o Centro de Orientación e Documentación Didáctica de Ensino Primario e a revista *Vida Escolar*¹². Adolfo Maíllo, director daquel organismo, adoptaría unha

posición diferente ante “el progreso pedagógico”, recoñecendo que non era adecuado caer nunha reacción contra os medios, tachándoos de inútiles, e entregarse a “una enseñanza de tipo anárquico o anticuado, como ha ocurrido, ciertamente, en los últimos años, so pretexto de que todas estas eran conquistas extranjeras y de que nuestra psicología pugnaba con ellas”¹³.

Desde aquela, a vontade será racionalizar cada vez máis as prácticas

¹² O Centro foi creado en 1954 co nome de Centro de Orientación Didáctica; encargábase da orientación didáctica en primaria e secundaria; despois, en 1958, dedicárase exclusivamente ó Ensino Secundario, e creábase o CEDODEP de forma específica para o Ensino Primario.

¹³ A. Maíllo, *Los problemas de la educación popular*, Madrid, Páginas de la Revista de Educación, 1954, páxs. 29-30.

escolares; e desa maneira é evidente que nos primeiros anos sesenta aumentaba de forma importante e significativa a preocupación pola organización e os resultados daquelas, sempre na crenza de que “la escuela debe ser más rentable”, na busca do logro dunha nova eficacia. A promoción da modernidade pedagóxica irá unida entón ó desenvolvemento dunha coidada organización do traballo escolar, á comprobación do rendemento dos alumnos e a unha avaliación do sistema, á mellora, en fin, do nivel de preparación ou capacitación técnico-pedagóxica dos docentes¹⁴.

No ordenamento legal do sistema educativo podemos atopar ó longo de ses anos diversos impulsos a tal orientación; a Lei de Ensino Medio de 1953 afirmaba na súa declaración de motivos o propósito de contribuír a perfeccionar os procedementos técnicos, tratando de renovar o ensino nese nivel educativo. En 1963, unha orde do 22 de abril programa a distribución de actividades escolares co obxecto de aumentala eficacia e o rendemento da escola primaria; e en 1964, establécense uns ‘niveis mínimos’ de coñecementos, hábitos e destrezas para as diferentes disciplinas, coa intención de prestar especial atención ós exercicios e non só ás nocións, de acomete-lo cultivo sistemático dos hábitos e as destrezas, con vistas a unha escola *nada memorística, nada*

libresca, moi educativa e moi activa. Nese caso propiciábase unha metodoloxía activa, polo que se lles recomenda ós mestres que eviten “el empleo de procedimientos didácticos inspirados en el memorismo, la rutina y la repetición de definiciones y clasificaciones que el niño ‘estudia’ en un determinado manual, y que, en la mayoría de los casos, no comprende”; e, polo tanto, instábase a procurar, pola contra, motivar as ensinanza, ofrecerlles ós nenos ‘situacións de aprendizaxe’ e multiplicar as ocasións en que os alumnos exerciten as súas capacidades de observación, reflexión e expresión persoal¹⁵.

En 1965, a lei que reforma a Educación Primaria expresa o propósito de colaborar para a mellora da súa organización e rendemento. Tamén ese ano se aproban os novos *Cuestionarios Nacionales de Enseñanza Primaria*; unha medida destacada que propiciaba uns cambios considerados como unha verdadeira reforma curricular, que presentaba signos de modernización e abría perspectivas, entre outros aspectos, a enfoques do traballo didáctico máis realistas, activos e flexibles, á realización dun proceso de aprendizaxe máis axustado ás condicións ou capacidades psicopedagóxicas dos alumnos.

Coa promulgación da Lei xeral de educación, en 1970, deséñase un marco legal e un impulso político-pedagóxico

14 R. López Martín, e A. Mayordomo, “Las orientaciones pedagógicas del sistema escolar”, en A. Mayordomo (coord.), *Estudios sobre la política educativa durante el franquismo*, Universitat de València, 1999, páxs. 41-103.

15 *Vida escolar*, núms. 55-56, 1964, páxs. 1-2.

propicio ó cambio e a modernización. A lei de Villar Palasí quería responder ós problemas detectados naquel momento polo famoso Libro Branco: fracaso escolar, falta de eficacia nos métodos didácticos, carencia de orientación profesional, incapacidade para facer fronte á demanda social de educación...; e para iso o enfoque reformista de 1970 apuntaba unha política encamiñada a definir unha reforma integral do sistema educativo, a fixar e construír unha escolaridade básica sólida e suficiente, a conformar unha formación profesional relacionada co mundo do emprego, a introducir unha seria modernización pedagóxica en bastantes ámbitos do sistema educativo.

Finalmente, a Lei orgánica de ordenación xeral do sistema educativo quere ser norma e instrumento para a reforma educativa que prepare a educación dos españois cara ó cambio de século. O discurso pedagóxico, a realidade do sistema, o debate político, os avances e problemas, fóronse producindo arredor dese mandato e camiño que procura a calidade do sistema educativo e a modernización das prácticas pedagóxicas; un proceso que trata de afianzar obxectivos e tarefas que teñen que ver coa importancia que as actuais tendencias conceden á cualificación do profesorado, a autonomía organizativa dos centros, o apoio psicopedagóxico ó alumnado, a innovación curricular e metodolóxica, etc.

7. A EDUCACIÓN COMO CUESTIÓN POLÍTICA NA ESPAÑA DO SÉCULO XX

Sen dúbida non fai falla dicir que ese eixe de modernidade e racionalidade pedagóxica foi descontinuo e, en todo caso, non moi amplamente materializado en termos de extensión ou xeneralización. En bastantes ocasións o ordenamento legal non recolleu ou deu a axeitada canle ó impulso ou ás fórmulas renovadoras; noutras ocasións, incluso, a política manifestouse cun claro rexeitamento ó que cualificaba como inconvenientes e inutilidades dun modelo pedagóxico moderno, considerado como 'liberal', 'estranxeiro' ou 'revolucionario'. Os anos posteriores á Guerra Civil son o máis evidente e firme escenario desa consideración.

Pero onde a dimensión política cobra maior e máis influente protagonismo é na confluencia de intereses e intervencións que Estado e Igrexa manteñen no terreo do educativo. A intervención estatal, a iniciativa privada, o papel do Estado en materia educativa e o fortalecemento do ensino oficial, os dereitos e a misión da Igrexa..., a confesionalidade ou neutralidade do ensino, por outro lado, esas son as razóns dunha verdadeira 'querela' ou 'cuestión' escolar. O proxecto liberal e as posicións dos católicos pugnan por adianta-las súas medidas ou afirma-las súas ideas durante todo o primeiro tercio do século.

E ámbalas posturas viven o seu máis agudo desenvolvemento durante

os anos da II República nos que o enfrontamento se fai máis grave e definitivo. Outra volta os máis intransixentes ou radicais dun lado e doutro non quixeron resolver de forma negociada, buscando a 'fórmula de paz' que reclamara Alcalá Zamora nos debates constitucionais. Nesta ocasión falaríase de novo, por uns, de ataque directo á liberdade de ensino, de 'imposición tiránica' ou 'persecución relixiosa', e, por outros, de medidas de 'utilidade social' e 'defensa da República'.

Ó parecer de Manuel Azaña, o problema relixioso representaba substantialmente o problema da implantación e organización do laicismo do Estado, que era tanto como dicir ou sinalalo problema e a necesidade dun fortalecemento na súa constitución e organización: tratábase de conformar un Estado secularizado, laico e moderno, e nese camiño sitúase a expresión do propio Azaña respecto a que a política emprendida e as súas repercusións educativas non eran senón unha "cuestión de salud pública" para evitar que se ensinasen "lo contrario a los principios en que se funda un Estado moderno". Podemos dicir que estas dúas grandes consideracións políticas serán as que poñan as bases para argumentos e contraargumentos dunha dura batalla sociopolítica: por un lado significaba a necesidade dunha escola republicana, formadora dos seus cidadáns e da conciencia nacional, o cal esixía a consideración do ensino como unha función pública e outorgaba ó Estado o importante papel de educador; por

outro, representaba o desexo de situar-lo tema relixioso unicamente na esfera privada da conciencia persoal. As orientacións e dimensións básicas desa política poden resumirse nas seguintes medidas: inmediato recoñecemento da non obrigatoriedade do ensino relixioso nos establecementos escolares; constitucionalización da non confesionalidade do Estado e do seu carácter laico; disolución da Compañía de Xesús e prohibición do exercicio do ensino ás ordes e congregacións relixiosas. Cambios sen dúbida extraordinarios.

As dúas posicións, pois, aparecen ben delimitadas: para unha delas esa política preséntase como dereito e deber da República, como defensa do principio da soberanía do Estado, como instrumento de integración social a través dunha maior igualdade para o acceso á educación e como medida de respecto á futura liberdade de conciencia do neno; para a outra todo isto, pola contra, é considerado como signo de hostilidade á Igrexa e as tradicións seculares, como un claro desexo de monopolio e como tiranía que usurpa os dereitos da familia, como vía de imposición forzada de criterios ideolóxicos que haberían formar xeracións inimigas da Igrexa.

A posguerra marcará a dirección contraria ó modelo republicano; o concordato de 1953 fixaba así os puntos esenciais desa plena integración do católico no Estado, na sociedade: o ensino debía axustarse en tódolos centros docentes ós principios do dogma e a moral católica, e en todos aqueles centros

o Estado garantía o ensino da relixión católica como materia ordinaria; a Igrexa sería a encargada de vixiar-la ortodoxia relixiosa dos centros, libros e materiais de ensino, e quedaba facultada para organizar e dirixir escolas públicas.

Non obstante todo iso, algún receo ou desacordo crea ás veces pequenos pero significativos e interesantes problemas. Porque non podemos esquecer que a Falange tendera desde as súas orixes cara á estatificación do sistema educativo; e é sabido tamén que falanxistas e católicos pugnaran con anterioridade á promulgación da lei de 1945 para afirmaren o seu control sobre o ensino. Certas diverxencias entre o Estado e os sectores eclesiais continuarán mostrándose con motivo da preparación da lei de Ensino Medio de 1953, e finalmente a propósito da reforma educativa de 1970. Por certo que nese último momento o conflito de intereses faise máis profundo ó incrementar o Estado a súa intervención na oferta escolar pública e abrirse a política a novos esquemas, máis distantes das primeiras e firmes defensas do principio de subsidiariedade, un concepto considerado como indiscutible durante anos. Por aí virán as principais diferencias: as propostas de financiamento do sistema escolar e o entendemento da gratuidade ían se-los principais compoñentes desa controversia, dentro dunha nova tendencia na política educativa que a Asemblea conxunta de bispos e sacerdotes cualifi-

caba mesmo como estatificadora. A posición dos católicos insistirá agora en que a política educativa non ha limitarse a recoñecer-los dereitos dos pais senón que ha apoiar-las iniciativas sociais no ámbito educativo: neste momento da nosa historia poñen de manifesto o seu desexo de que os motivos económicos non sexan impedimento para a elección dos centros docentes, e que non se discrimine en favor dos centros oficiais na distribución dos recursos económicos dedicados á educación, reclamando en consecuencia unha axuda pública para os seus centros co fin de garanti-la gratuidade en todos eles.

El é que nunha disposición adicional da Lei xeral de educación de 1970, ó trata-lo tema dos medios económicos que o Estado debía achegar para o seu desenvolvemento, indicábase que o Goberno atendería 'preferentemente' ás necesidades da implantación da Educación Xeral Básica e a Formación Profesional de primeiro grao para cubri-los postos escolares nos centros estatais. Pero ademais, un decreto do 22 de agosto dese mesmo ano, ó regula-la implantación da gratuidade para aqueles niveis, remitía a súa aplicación nos centros privados que non viñeran funcionando ata ese momento en réxime de gratuidade ó establecemento posterior de normas para os concertos e "a medida que (...) se extienda la obligatoriedad de la gratuidad de la Educación General Básica y de la Formación Profesional de primer grado a todo el territorio nacional"¹⁶.

16 Decreto do 22-VIII-1970, BOE do 5-IX, art. 4º.

Unha inmediata reacción e unha forte oposición producíronse con respecto a estes temas desde o episcopado e a Federación Española de Religiosos de España. Mentres, o antigo ministro de Educación Nacional, Joaquín Ruíz Jiménez, falará dun “servicio público nacional de enseñanza”.

Logo deste tempo histórico, a España da transición á democracia viuse empurrada á busca do acordo tamén en materia educativa. Chegado ese momento o país vivía a necesidade de acadalo consenso sobre un proxecto educativo, de xerar nese terreo un marco de convivencia duradeira. Un acordo, por outra banda, que aínda conseguido e servindo de referente básico e imprescindible non eliminaría a controversia sobre vellas cuestións. Así, as orientacións políticas da Constitución de 1978 recoñecían aspectos ben significativos nos que se produce unha importante transacción entre diferentes posturas ideolóxicas que pugnaran en distintas etapas da nosa historia; é o caso da formulación do dereito a recibir na escola unha formación relixiosa e moral acorde coas conviccións persoais, e a aceptación do principio de voluntariedade do ensino da relixión nos centros escolares; ou o da proclamación da liberdade de creación de centros docentes privados, ó tempo que o recoñecemento da obriga de axudalos economicamente, e a ordenación das formas en que a comunidade educativa debe intervir no control e xestión dos centros. Desde aí, o noso presente, construír un sistema educativo integra-

do, plural, concibido como servicio público, aínda que sen monopolio dos poderes públicos; un marco que fundamentou a máis recente historia.

BIBLIOGRAFÍA

- Dewey, J., *Democracia y educación*, Madrid, Ediciones Morata, 1995.
- Faure, E., e outros, *Aprender a ser*, Madrid, Alianza Universidad-UNESCO, 1973.
- Fernández Soria, J. M., e A. Mayordomo Pérez, *Política educativa y sociedad*, Valencia, Universitat de València, 1ª ed., 1993; Nau llibres, 2ª ed., 1996.
- Ferrière, A., *La escuela activa*, Barcelona, Herder, 1982.
- , *La educación moral y cívica*, Barcelona, Editorial Laia, 1972.
- Freinet, C., *Las invariantes pedagógicas*, Madrid, Ediciones Morata, 1996.
- Goble, N. M., e J. F. Porter, *L'évolution du rôle du maître*, París, UNESCO, 1977.
- González Rodríguez, E., *Educación y sociedad en la España de Alfonso XIII*, Madrid, Fundación Universidad y Empresa, 1988.
- Informe a la UNESCO de la Comisión Internacional sobre la educación para el siglo XXI presidida por Jacques Delors*, Madrid, Santillana-UNESCO, 1996.

- Kerschensteiner, J., *Concepto de la escuela del trabajo*, Madrid, Ediciones La Lectura.
- López Martín, R., e A. Mayordomo, "Las orientaciones pedagógicas del sistema escolar", en A. Mayordomo (coord.), *Estudios sobre la política educativa durante el franquismo*, Universitat de València, 1999.
- Luzuriaga, L., *Ideas pedagógicas del siglo XX*, Bos Aires, Losada, 1964.
- Mañlo, A., *Los problemas de la educación popular*, Madrid, Páginas de la Revista de Educación, 1954.
- Mannheim, K., *Ideología y utopía: Introducción a la sociología del conocimiento*, Madrid, FCE, 1987.
- Molero Pintado, M., *La reforma educativa de la Segunda República Española*, Madrid, Santillana, 1977.
- Palacios, J., *La cuestión escolar*, Barcelona, Laia, 1978.
- Puelles Benítez, M. de, "Estado y Educación en el desarrollo histórico de las sociedades europeas", *Revista Iberoamericana de Educación*, núm. 1, 1993, páxs. 35-57.
- Tonucci, F., *¿Enseñar o aprender? La escuela como investigación quince años después*, Barcelona, Graò, 1990.



A LINGÜÍSTICA NO SÉCULO XX

Francisco García Gondar*

Guillermo Rojo**

Universidade de Santiago
de Compostela

1. INTRODUCCIÓN

Dise habitualmente que a historia, cando menos a dos períodos próximos, escribena sempre os vencedores e, polo tanto, manifesta a súa perspectiva —parcial e interesada— do acontecido. Aplicado á historia das disciplinas científicas, isto significa que a visión de cada período tende a concentrarse nas correntes que, con certa distancia temporal, resultan se-las máis características da época en cuestión polo grao de recoñecemento que acadaron na comunidade científica. Así, as historias da Lingüística presentan o XIX como un século dedicado ós estudos comparatistas e históricos, o cal constitúe unicamente unha parte da verdade, xa que moitos —probablemente a maioría— dos lingüistas daquela época pasaron a súa vida profesional realizando traballos (gramáticas, dicionarios, etc.) de natureza diferente á dos que aparecen mencionados nos manuais.

Hai xa corenta anos, Thomas Kuhn (1962) puxo de manifesto a inadecuación da concepción, daquela habitual, segundo a cal a historia das ciencias é un camiño que conduce de xeito gradual, pero constante, á verdade, representada sempre polo que cada época estima correcto. Kuhn mantén que as ciencias evolucionan a base de alternaren fases de estabilidade (períodos de *ciencia normal*), nas que os científicos traballan no interior dun marco conceptual ben establecido e indiscutido (un *paradigma*), e fases de cambio (períodos de *ciencia extraordinaria*), nas que o paradigma vixente ata entón acaba sendo substituído por outro que a comunidade científica estima máis axeitado. O inicio do cambio ten lugar cando o paradigma vixente empeza a ser cuestionado por científicos que descubren a existencia de feitos que ese sistema non pode explicar (*anomalías*); se as anomalías aumentan, prodúcese unha crise na que xorden propostas de paradigmas alternativos, dos que un pode chegar a prevalecer sobre dos

* Profesor asociado de Lingüística Xeral.

** Catedrático de Lingua Española

outros. Se isto acontece, iníciase un novo período de estabilidade cun novo paradigma aceptado maioritariamente pola comunidade científica.

A concepción de Kuhn foi aplicada á historia da lingüística contemporánea sobre todo polos partidarios da gramática xenerativo-transformacional. Cunha perspectiva interesada e bastante inxusta, aproximadamente entre 1965 e 1985 considerouse que estabamos asistindo á substitución do vello paradigma estruturalista, de finalidade puramente descritiva e taxonómica, polo xenerativista, de finalidade explicativa e, por suposto, o único merecente de atención¹. Tal como moitos vían a situación nesa época, o cambio de paradigma estaba practicamente consolidado e quedaba simplemente agardar a que o paso dos anos e a desaparición física dalgúns irreductibles partidarios do anacrónico taxonomismo estruturalista acabase de clarificalo panorama.

Hoxe sabemos que os cambios nas ciencias son procesos bastante máis complexos e a evolución da Lingüística tampouco parece axeitarse moi ben á teoría de Kuhn. Por iso esta concepción foi deixando paso a outras menos simplificadoras dos procesos de cambio científico. Por exemplo, a noción de *programas de investigación* en longa competencia uns cos outros, cun núcleo forte que permanece inalterado

e un cinto de hipóteses complementarias que poden sufrir modificacións (Lakatos, 1969), parece moito máis axeitada para entendermos correctamente o que sucede na Lingüística e nas demais disciplinas científicas.

Nunha presentación global da Lingüística do século XX como a que ofrecemos neste traballo, non resulta posible xustificar desde a perspectiva da historia da ciencia a compartimentación coa que tratamos de reflectirla evolución da nosa disciplina ó longo destes cen anos. Sinalemos unicamente que se trata dunha fase de notable expansión da disciplina, que se manifesta no desenvolvemento de diversos programas de investigación (*vid.* §2) e mais na progresiva diversificación das perspectivas de análise da linguaxe e que se ve referendada pola súa imparable institucionalización (recoñecemento académico, creación de sociedades lingüísticas, aumento das revistas especializadas, congresos, etc.). De vulgararmos este panorama segundo a concepción kuhneana dos cambios científicos, teríamos que concluír que en ningún momento existe un período de ciencia normal no que se produza a aceptación maioritaria dun único marco teórico; a multiplicidade de aproximacións á linguaxe que conviven no tempo e compiten unhas con outras constitúe unha constante ó longo de todo o século. Aínda así, por enriba desta multiplicidade de orientacións, cremos posible

¹ Esta caracterización do estruturalismo e do xenerativismo en función das dúas finalidades, que reflectirían dúas maneiras antitéticas de facer ciencia (considerándose a explicativa superior á taxonómica) ten a súa orixe en Bach (1965).

identificar algúns trazos xerais que reflecten os principios cos que os lingüistas veñen enfrontando o estudio da linguaxe e que dalgún xeito representan a ‘unidade na diversidade’ da lingüística do século actual.

2. OS GRANDES PERÍODOS DA LINGÜÍSTICA NO SÉCULO XX

2.1 A HERDANZA DO SÉCULO XIX

A Lingüística decimonónica caracterízase fundamentalmente por concentrarse na comparación de linguas primeiro e no estudio da súa evolución despois. En boa medida, representa a traslación á nosa disciplina dos cambios que pola mesma época tiñan lugar noutras ciencias, algunhas delas notablemente distanciadas da nosa (Botánica, Química, Bioloxía, Anatomía comparada, Xeoloxía). O último cuarto do século XIX, dominado pola corrente dos neogramáticos², supón a radicalización da compoñente historicista nos estudos lingüísticos e tamén da concepción mecanicista dos procesos evolutivos. Feitos como a importancia da posición do acento descuberta por Karl Verner en 1875, que conseguía explicar de xeito elegante o que ata aquel momento parecía ser unha incomprendible excepción na evolución do sistema consonántico das linguas xermánicas, dentro da familia indoeuropea, levaron a moitos lingüistas ó convence-

mento de que o estudio histórico era o único provisto de cientificidade e, por outra parte, á certeza de que a evolución das linguas (en particular, a evolución fonética) se producía dun xeito perfectamente regular (é dicir, mecánico) e, polo tanto, podía ser formulada en termos de *leis fonéticas*, que son a versión lingüística das leis físicas.

Na mesma liña, os neogramáticos estaban convencidos da posibilidade de individualizar e delimitar con toda claridade —precisamente sobre a base do seu comportamento histórico— as linguas e os dialectos. Mapas lingüísticos, fronteiras dialectais, isoglosas, etc., son nocións que teñen especial relevancia nesta época e que mostran repetidamente a confianza dos neogramáticos na posibilidade de atopar regularidades que non tivesen máis excepcións que aquelas que puideran ser explicadas mediante outras regularidades ou ben mediante o fenómeno da asociación psicolóxica de formas (a chamada *analoxía*) e o préstamo.

Nas dúas primeiras décadas do século XX desenvólvense unha serie de correntes que reaccionan contra os postulados dos neogramáticos, pero sen alteraren no esencial o obxectivo historicista da súa investigación. En primeiro lugar, a Dialectoloxía, que trata de demostrar que a variación lingüística vai moito máis alá do que os neogramáticos supoñían e que as diverxencias se producen nunha especie de

² Escola de lingüistas que tivo o seu núcleo orixinario na Universidade de Leipzig pero que estendeu a súa maneira da facer lingüística ó resto do mundo occidental.

continuum no que as fronteiras entre dialectos non poden establecerse de forma nítida. Logo a Xeografía lingüística, metodoloxía que abre a posibilidade de representar en mapas (os chamados *atlas lingüísticos*) a distribución espacial dos fenómenos e, a partir desa representación, explica-la súa difusión; a dita análise conduce a postula-la necesidade de face-la historia de cada palabra porque os factores individuais teñen un peso decisivo en cada caso: non hai historia dos sons, senón historia individual das palabras. Por outra banda, a Fonética, que empeza por eses anos a beneficiarse dos avances da Acústica con aparellos como o quimógrafo, amosa a imposibilidade de demostrar fisicamente a existencia das entidades coas que operaban os neogramáticos (o son *a*, o son *f*, etc.), xa que o mesmo son pronunciado por distintos falantes ou aínda polo mesmo falante en diferentes momentos deixa trazos distintos no papel afumado, revelando así que fisicamente nos atopamos diante de distintas entidades.

En definitiva, son varias as tendencias que nestes primeiros anos do XX están empeñadas en demostrar que nas linguas todo, ou case todo, é diferenza, irregularidade, feito individual e que, en consecuencia, hai que centrarse na diverxencia. Este interese polos feitos individuais constitúe unha manifestación do *atomismo* herdado do século anterior. A vontade de anula-la validez das construcións dos neogramáticos, inxenuas na maior parte dos casos, deixa paso a estoutras pers-

pectivas nas que o interese polo individual non permite contempla-las linguas como totalidades estruturadas e fai imposible de comprende-lo feito de que, malia a todas estas variacións, os falantes poidan entenderse. A visión proporcionada polos estudos realizados desde calquera destas perspectivas é sempre fragmentaria. Enténdese así perfectamente que moitos anos despois varios autores tiveran que preguntarse se era posible concibir unha Dialectoloxía estrutural dado que, en efecto, os postulados estruturalistas e os implícitos nos estudos dialectolóxicos levados a cabo ata aquel momento semellaban contradictorios entre si.

2.2 O ESTRUCTURALISMO

A situación que acabamos de describir a grandes trazos no §2.1 é o contexto no que debe situarse a reflexión teórica do lingüista suízo Ferdinand de Saussure [1857–1913], habitualmente considerado como iniciador da Lingüística contemporánea e, máis concretamente, do programa de investigación que caracteriza a Lingüística ata a década de 1970.

Segundo a análise de Coseriu (1981:37), o cambio do positivismo da Lingüística decimonónica e das súas continuacións nos primeiros anos do século XX ó antipositivismo que caracteriza unha boa parte das correntes contemporáneas prodúcese en torno a catro principios básicos: a) o *principio do feito individual*; b) o *principio da substancia*; c) o *principio do evolucionismo*, e d) o

principio do naturalismo. Tomaremos estes catro principios como fío condutor para intentar establece-las diferencias máis importantes coa tradición decimonónica, que son tamén —pensamos— as que poden caracterizar globalmente a Lingüística máis marcadamente propia do século XX.

Fronte ó predominio do estudio illado dos feitos individuais (o *atomismo* metodolóxico detectable na práctica tanto dos neogramáticos coma dos seus opositores), Saussure e as diversas correntes estruturalistas postulan a primacía do sistema, concibido non como simple agregado de elementos, senón como conxunto estruturado; esta nova perspectiva obriga a ter continuamente en conta que os elementos non existen incomunicados, non son independentes uns dos outros, senón que adquiren a súa identidade en tanto que partes da estrutura e, polo tanto, o seu estudio illado carece de sentido; máis ben, a análise debe concentrarse nas súas relacións, porque só a partir delas é posible identificalos e defini-los.

Por outra parte, a consecuencia metodolóxica do atomismo é o empirismo radical (o empiricismo), isto é, a consideración de que a única forma posible de facer ciencia consiste en acometer, sen hipótese de partida ningunha, o estudio de fenómenos observables, desconectados entre si, coa va esperanza de que nalgún momento posterior chegaremos a telos todos estudados e entón será

posible face-la ansiada xeneralización.

En realidade, a Lingüística da segunda metade do século XIX e comezos do XX amosou unha actitude de desconfianza fronte ás hipóteses e á teorización. A teoría concibíase unicamente como o resultado final das xeneralizacións establecidas por vía inductiva a partir da investigación positiva dos feitos que amosan a evolución das linguas e familias lingüísticas. Pero tal forma de proceder é científicamente impracticable e estéril: necesítase unha concepción inicial, unha teoría, no interior da cal temos que intentar dar cabida ós feitos individuais, retocándoa cando é necesario e abandonándoa se se demostra finalmente a súa inadecuación. En consecuencia, deixa de ter sentido o estudio 'preteórico' ou 'ateórico', pretendidamente obxectivo e científico, dos feitos individuais. O obxecto de estudio deben se-los sistemas ou subsistemas lingüísticos, constituídos por elementos que han de identificarse e definirse a partir das súas relacións.

A inexistencia dunha auténtica teoría da linguaxe (e da lingüística) constitúe precisamente un dos aspectos máis criticados por Saussure a comezos de século, cando sinalaba que os lingüistas non eran conscientes das operacións que debían realizar ó enfrontárense co estudio da linguaxe, porque non reflexionaran abondo sobre a súa natureza e sobre as especiais dificultades que había que superar para desenvolver esa investigación; de aí que o

obxectivo último da súa calada³ reflexión no ámbito da Lingüística xeral fose o de contribuír a aclara-la natureza da linguaxe e da Lingüística. Seguindo esta liña de pensamento, a Lingüística posterior traballou co suposto de que a elaboración teórica constitúe unha dimensión imprescindible do estudio científico.⁴

Con esta revalorización da teoría —que certamente se manifesta en graos moi diversos nas distintas correntes, pero que non deixou de gañar peso no conxunto da investigación lingüística a medida que transcorre o século e que na actualidade ocupa unha posición moi relevante— están conectadas outras características da Lingüística contemporánea que ben poderían xulgarse como consecuencias dela:

— A busca de explicitude, coa cal están moi ligados os múltiples intentos de desenvolver formalismos que eviten as ambigüidades derivadas da utilización da linguaxe natural como metalingua das descrições.

— As discusións sobre o grao de autonomía / integración da Lingüística respecto doutras ciencias e, en consecuencia, do seu status como ciencia.

— A determinación de criterios pertinentes para avalia-lo grao de adecuación das teorías.



Saussure criticaba a inexistencia dunha auténtica teoría da linguaxe.

3 Dicimos “calada” porque Saussure non publicou en vida ningún traballo de lingüística xeral, malia iniciar na década de 1890 a súa reflexión sobre os fundamentos da disciplina. Foi unha circunstancia académica — a xubilación en 1906 do catedrático de Lingüística Xeral na Universidade de Xenebra, da que tamén el era profesor— a que o levou a facer públicas as súas ideas ó asumir-la docencia desta materia durante tres cursos (1907–1911). As notas tomadas polos asistentes a eses cursos foron as que serviron de base para a redacción do *Cours de linguistique générale* (1916), obra póstuma preparada polos tamén profesores de Xenebra, Charles Bally e Albert Sechehay, coa colaboración dun dos seus máis destacados alumnos, Albert Riedlinger. Ata os anos cincuenta esta obra practicamente constituíu a única fonte para coñecer-lo pensamento saussureano e non deixa de resultar paradoxal que durante catro décadas os principios saussureanos, que tanta influencia exerceron sobre algunhas escolas estruturalistas, fosen coñecidos a través dun traballo que non saíu da pluma do propio Saussure.

4 Cualificámola como unha ‘dimensión’ e non como unha ‘etapa’ da investigación porque a ‘teoría’ e a ‘descripción’ manteñen — ou deberían manter— unha relación dialéctica na que se produce unha mutua interacción.

— A diversidade terminolóxica —motivada case sempre polo desexo de individualizar unha determinada concepción da linguaxe e do seu estudo científico—, que, xunto coa frecuente formalización das descrições, constitúe actualmente unha das maiores dificultades para o acceso ós escritos de lingüística polos non especialistas.

O *principio da substancia* refírese á identificación das entidades lingüísticas co que as manifesta nas mensaxes verbais (sons, no caso das entidades que constitúen o significante dos signos, e acepcións ou mesmo entes extralingüísticos, no caso dos significados). Fronte a esta concepción, característica dunha longa tradición na que tamén se inclúen os neogramáticos e os seus opositores, Saussure e toda a Lingüística estrutural posterior consideran as linguas como formas, como conformacións peculiares de substancias que poden chegar a ser idénticas desde unha perspectiva extralingüística. Isto significa que as entidades lingüísticas son fundamentalmente abstractas, aínda que nas mensaxes se manifesten a través de elementos concretos. Esta concepción implica que o importante nun elemento lingüístico non é a súa configuración material, senón o seu valor, é dicir, o papel que desempeña no conxunto ou, dito doutra forma, a súa función.

A consideración primaria do carácter formal dos elementos lingüísticos e a atención á función que desempeñan son os dous principios básicos que están detrás do nacemento da Fonoloxía. É realmente sorprendente que Saussure, que establece con toda claridade o principio de que o signo lingüístico consiste na unión de dúas entidades abstractas (*concepto verbal* e *imaxe acústica*, que propón chamar *significado* e *significante*, respectivamente) e tamén de que é a función a que explica o elemento, non chegara a funda-la disciplina que integra estas dúas consideracións para os elementos fónicos: a Fonoloxía. Foi o Círculo Lingüístico de Praga —no que confluíron os achados da Escola de Kazán⁵ con algúns principios saussureanos e mais con ideas procedentes da fenomenoloxía de Edmund Husserl— o que estableceu os fundamentos desta disciplina, que se converteu no modelo de todo o estruturalismo. En efecto, como xa indicamos no parágrafo anterior, a idea dos elementos fónicos que tiñan os neogramáticos non podía obxectivarse nas imaxes físicas que producían os aparellos utilizados polos fonetistas. Polo contrario, daba máis ben a sensación de que todo era cambiante, de que non había nada máis aló das variantes individuais e momentáneas. A idea de que o sistema fónico das linguas está constituído por elementos abstractos, postulada tanto na Escola de Kazán coma no “sistema fónico psíquico” ó que se

5 Representada polos lingüistas polacos Jan Baudouin de Courtenay [1845–1929] e o seu discípulo Mikolaj Kruszewski [1851–1887].

refería Edward Sapir nos Estados Unidos, converteuse na noción operativa no mesmo momento no que se fundiu co concepto de función: na análise é preciso atender primariamente ás variacións fónicas que son distintivas, é dicir, ás variacións que asumen a función de diferenciar significados; as outras non pasan de ser diferencias momentáneas, produto da realización concreta, e por esta razón son irrelevantes para o sistema lingüístico. Con esta fusión quedan explicados xa para sempre feitos como o seguinte: en galego e castelán existen os sons [ɛ] e [e] (*e* aberto e mais *e* pechado), pero o importante cando se analiza a conformación dos dous sistemas fónicos é que esa diferenza ten un status moi diferente en cada un; no castelán aparece unicamente por factores de tipo contextual (aberto antes de certos sons e pechado antes doutros), mentres que no galego se utiliza para distinguir significados como, por exemplo, os de *unha presa de sal* (/ˈpresa/) e *temos moita présa* (/ˈprɛsa/), é dicir, ten unha función distintiva.

O importante, polo tanto, non son as diferencias substanciais, senón a utilización distintiva dalgunhas delas, a función que se lles asigna en cada lingua, os elementos abstractos, en definitiva, que constitúen cada sistema fónico. A diferenza coas perspectivas anteriores é tan profunda que Trubetzkoy chegou a afirmar que as relacións existentes entre a Fonética, ocupada dos feitos substanciais, e a Fonoloxía, centrada nos elementos

fónicos abstractos, é equivalente á que hai entre a Numismática e a Economía. Hoxe non se establece unha diferenza tan tallante entre Fonética e Fonoloxía, pero o paralelismo pretendido por Trubetzkoy é perfectamente ilustrativo do que se pensaba nos anos vinte e trinta. O éxito inmediato da Fonoloxía ten aínda outro aspecto igualmente importante: se os principios teóricos do Círculo Lingüístico de Praga se deron a coñecer no I Congreso Internacional de Lingüistas, celebrado en 1928, os traballos que inauguran a Fonoloxía diacrónica aparecen nos anos seguintes (cfr. Jakobson, 1931). Non deixa de sorprender que a aparición dunha disciplina que modifica tan radicalmente a perspectiva de análise dos elementos fónicos característica do positivismo decimonónico se produza e culmine en tan escaso período de tempo. A Fonoloxía nace, como Atenea da cabeza de Zeus, completa e provista de tódolos seus recursos metodolóxicos.

O *principio do evolucionismo*, que determina a prioridade do punto de vista histórico na tradición decimonónica, tamén sufriu unha modificación radical no *Cours* de Saussure. A pesar da súa formación neogramática, este lingüista establece a dicotomía entre o enfoque diacrónico e o sincrónico e formula con toda rotundidade o principio de que a prioridade na análise ten que corresponder ó segundo, dado que é o único que permite captar —e, polo tanto, describir— unha lingua como sistema de signos que funciona nun

momento dado. A crise pola que, como consecuencia da formulación saussureana, pasan os estudos históricos é consecuencia da súa necesidade de adaptación ós presupostos metodolóxicos estruturalistas. Dito con outras palabras, non hai en Saussure (nin na Lingüística estrutural derivada da súa obra) negación da validez dos estudos históricos. Hai, iso si, negación de que sexan os prioritarios e, por suposto, de que sexan os únicos cientificamente xustificables, como mantiveran os neogramáticos. Polo demais, o enfoque estrutural é tan compatible cos estudos diacrónicos coma cos sincrónicos, polo que a súa inserción na metodoloxía postsaussureana é posible como simple aceptación das consecuencias dos outros dous principios. Pouco máis ou menos, é o mesmo que sucedería máis tarde cos estudos dialectais, igualmente necesitados da poda de tódalas consecuencias do atomismo e mais do substancialismo.

Por último, o *principio do naturalismo* supón que, na Lingüística positivista, os feitos lingüísticos son considerados como feitos naturais e, polo tanto, a Lingüística resulta ser unha ciencia natural que ten que axustarse como tal ós estándares e parámetros de cientificidade propios destas disciplinas. Tal actitude é a que explica as repetidas ocasións nas que a nosa disciplina, nunha actitude seguidista, intentou imita-los procedementos propios de ciencias como a Bioloxía e a Xeoloxía. A actitude contraria conduce a situa-la

Lingüística entre as disciplinas que se ocupan dos feitos culturais e que non son nin máis nin menos científicas cás outras, senón que han de fundamentala súa cientificidade sobre bases diferentes debido á diferente natureza do seu obxecto de estudio.

Neste caso, como apunta Coseriu (1981:75), a oposición entre a Lingüística preestrutural e a estrutural amósase con menos claridade que nos tres principios anteriores. En realidade, esta cuestión afecta a tódalas ciencias culturais, de modo que a Lingüística foi arrastrada en varias ocasións polo propio modelo que pretendía imitar. Por outra banda, estas diverxencias acerca da concepción dos feitos culturais, dos modelos científicos e das disciplinas próximas á Lingüística volven reaparecer en máis dunha ocasión posteriormente, como teremos ocasión de ver máis adiante.

Saussure deseñou a súa teoría da linguaxe coa aspiración de convertela lingüística nunha ciencia autónoma; a este obxectivo responde o que propón como primeiro principio: a delimitación da 'lingua' —como sistema de signos de carácter supraindividual (institución social)— fronte á 'fala' —actualización individual do sistema social que, ó mesmo tempo, representa o exercicio individual da facultade universal da linguaxe— e a consideración da primeira como obxecto de estudio da Lingüística, a partir do cal poderán ordenarse racionalmente os demais fenómenos lingüísticos. Este obxectivo segue a estar presente nas escolas

saussureanas⁶, no estruturalismo británico e no estruturalismo estadounidense, e pódese dicir que orienta a investigación lingüística de forma case exclusiva ata os anos sesenta, como o testemuñan os numerosos intentos de reformulación da dicotomía saussureana que se poden encontrar ó longo de todo este período.

Claro está que a busca de autonomía non implica nega-la posibilidade de relación con outras ciencias ou mesmo de integración da Lingüística nun ámbito científico máis xeral. En realidade, as relacións da Lingüística con outras ciencias ó longo do século teñen sido constantes nos dous sentidos posibles:

a) Nuns casos a Lingüística tomou doutras ciencias principios teóricos e pautas metodolóxicas. Un dos casos máis claros é, sen dúbida, o distribucionalismo, a versión do estruturalismo que maior difusión acadou nos Estados Unidos; esta corrente adoptou como modelo a Psicoloxía conductista, interpretando os actos verbais como un tipo de comportamento explicable a partir do esquema estímulo-resposta e limitando metodoloxicamente o seu obxecto de estudo á observación das manifestacións dese comportamento. No mesmo sentido pódese sinala-la influencia sobre o estruturalismo praguense da Psicoloxía descritiva proposta por Franz Brentano —fronte á

Psicoloxía xenética predominante ata entón—, a través de dous discípulos seus que ensinaron en Praga (Thomas Masaryk e Anton Marty). Un terceiro exemplo é o da influencia do antropólogo Bronislav Malinowski sobre o estruturalismo inglés, que se caracteriza por soste unha concepción contextual do significado inicialmente formulada polo primeiro.

b) Noutros casos foi a Lingüística a inspiradora de novos enfoques, sobre todo nas ciencias da cultura, a partir da interpretación dos feitos culturais como fenómenos simbólicos e, polo tanto, a consideración daquelas como disciplinas que —igual cá Lingüística— estudian sistemas de signos. É ben coñecida a influencia do programa estruturalista en Lingüística a partir dos anos trinta sobre a Antropoloxía (Claude Lévi-Strauss e a súa escola), a Socioloxía (Talcott Parsons), a Psicoloxía (Jean Piaget), a Semiótica (Roland Barthes, Algirdas Julien Greimas, Umberto Eco, Georges Mounin, Luis J. Prieto), a Poética (Roland Barthes, Tzvetan Todorov) ou a Filosofía (Jürgen Habermas, Hans-Georg Gadamer).

Como exemplo da integración da Lingüística nunha disciplina de ámbito máis xeral, hai que salientar, en primeiro lugar, a proposta de Saussure de considerala como unha parte da ciencia xeral dos signos, que el mesmo propón chamar *semioloxía* e que, pola súa vez,

6 A autonomía da Lingüística constituíu unha das teses presentadas polos estruturalistas de Praga no I Congreso Internacional de Lingüistas (1928) e aparece tamén claramente formulada no estruturalismo danés a través do chamado *principio de inmanencia* (vid. Hjelmslev, 1943).

formaría parte da Psicoloxía social (Saussure, 1983:80-81). Neste, coma en tantos outros aspectos da súa obra, Saussure non fai máis que amosarse como home do seu tempo, pois o interese polos problemas do signo empeza a manifestarse nas décadas finais do século XIX e constitúe ó longo do XX un dos grandes focos de interese científico, non só no ámbito das ciencias humanas, senón tamén no dalgunhas físico-naturais como a Bioloxía e, máis recentemente, a Neuroloxía.

Pero ó longo do século houbo tamén outros intentos de integra-la Lingüística nun ámbito máis amplo. Así, Chomsky, nun sentido diferente ó de Saussure, considera a Lingüística como parte da Psicoloxía cognitiva é, en último termo, da Bioloxía. En consonancia con esta proposta chomskiana, a constelación de intereses que amosa a ciencia cognitiva actual (da que a Lingüística se considera como unha rama) débese a que un dos seus temas centrais é precisamente o papel da computación e a manipulación de signos na cognición, entendendo que un sistema cognitivo é esencialmente un sistema procesador de signos (neste aspecto virían a coincidir homes, animais e máquinas). As novas aproximacións cognitivistas da Lingüística máis recente parecen representar, deste xeito, unha nova orientación que potencia a investigación interdisciplinar ou o desenvolvemento dunha metadisciplina (a ciencia cognitiva) na que converxerían os intereses de varias disciplinas

que abordan o estudio da cognición desde diferentes puntos de vista.

2.3 A ESCOLAS ESTRUCTURALISTAS

A primeira distinción que debe establecerse dentro do programa estruturalista é a que separa as correntes que exclúen o significado como obxecto de estudio da Lingüística das que prestan atención ós dous planos do signo. A orientación iniciada por Leonard Bloomfield [1887-1949] nos Estados Unidos constitúe a mostra máis clara dun estruturalismo 'asemántico' e 'antimentalista'. Influidos nos anos vinte pola Psicoloxía conductista, debido ó seu estreito contacto co psicólogo Albert P. Weiss na Universidade estatal de Ohio da que os dous foron profesores, Bloomfield propuxo unha concepción da Lingüística bastante diferente da que pola mesma época se desenvolve en Europa, cunha metodoloxía baseada no ideal do inductivismo, do obxectivismo, da descrición científica contrastable e reproducible por procedementos mecánicos, que evitan calquera recurso á introspección, ó saber lingüístico do investigador. A súa obra *Language* (Bloomfield, 1933) desempeñou un papel fundamental na formación de varias xeracións de lingüistas estadounidenses e limitou durante tres décadas a influencia doutra gran figura, Edward Sapir [1884-1939], iniciador en América do estruturalismo 'mentalista' ou 'antropolóxico' (cfr. Sapir, 1921), que se desenvolveu só nun segundo plano. De feito, a verdadeira recuperación do

pensamento sapiriano non se produciría ata bastante tempo despois, difundida xa a metodoloxía xenerativista.

Dentro do estruturalismo europeo debemos diferenciar entre as escolas que se inspiran directamente nas ideas de Saussure das que teñen unha orixe declaradamente non saussureana. Entre as primeiras encóntranse o Círculo Lingüístico de Praga (fundado en 1926 e representado, sobre todo, por Nikolaj Sergeevič Trubetzkoy [1890–1938] e Roman Osipovič Jakobson [1896–1982]), o Círculo Lingüístico de Copenhague (fundado en 1931 e representado por Louis Trolle Hjelmslev [1899–1965]) e a Escola de Xenebra, que agrupa os que se consideran discípulos ou seguidores directos das ideas saussureanas (Charles Bally [1865–1947], Albert Sechehaye [1870–1946], Henri Frei). Independente das ideas de Saussure é o estruturalismo británico, inaugurado por John Rupert Firth [1890–1960], do que xa sinalámo-la súa característica concepción contextual do significado.

Deixando a un lado algunhas excepcións, o certo é que o distribucionalismo non tivo contacto co estruturalismo de raizame saussureana e hjelmsleviana e por iso foi moi pouco coñecido polos lingüistas europeos dos anos corenta, cincuenta e sesenta. A idea desta corrente que se estendeu en Europa foi fundamentalmente a difundida polas críticas —moitas veces simplistas e desaxustadas— procedentes da Lingüística de inspiración chomskiana. Como consecuencia dese desco-

ñecemento inicial e da interpretación nesgada que ofrecen presentacións máis estendidas, a obra de figuras tan relevantes como Zellig Sabbettai Harris [1909–1992] ou Charles Francis Hockett [1916–] tivo entre nós unha influencia moito menor da que lles debería corresponder.

As características básicas do distribucionalismo, a súa intención declarada de obter descrições lingüísticas por procedementos puramente mecánicos, isto é, sen recurso ós saberes implícitos do investigador, teñen sen dúbida a súa orixe nos presupostos metodolóxicos conductistas, pero non son alleas a elas algunhas das características do contexto no que se desenvolvía o traballo dunha boa parte dos lingüistas estadounidenses. Mentres que o lingüista europeo traballaba adoito sobre linguas relativamente ben documentadas, coa posibilidade de rastrexala evolución dos fenómenos por un período de, por exemplo, 2.500 anos, o equivalente estadounidense do dialectólogo europeo tiña que traballar sobre unha lingua amerindia non escrita, de historia totalmente descoñecida e sen vínculo ningún coas europeas. Nunha situación deste tipo, non é nada estraño que se faga un esforzo considerable por desenvolver métodos de análise que non dependen exclusivamente dos coñecementos que o lingüista ten, como falante, da lingua que quere describir.

En Europa, a Escola de Xenebra tivo moi pouca influencia no desenvolvemento posterior das ideas do mestre,

en boa medida porque propuxo unha lingüística centrada na actividade do falante individual e as súas repercusións sobre o sistema lingüístico (cfr. a estilística de Bally ou a gramática das faltas de Frei), liña de investigación que nunca constituíu a cerna das demais escolas estruturalistas, máis interesadas en desenvolver unha lingüística da lingua. A comprensión realmente fructífera, a que supón o potenciamento dos aspectos positivos e a reformulación do aínda inmaturo que había en Saussure (ou, cando menos, no publicado no *Cours*) é a que levou a cabo Louis Hjelmslev. Partindo da concepción saussureana do signo, este autor establece a división da linguaxe en planos e estratos: todo signo está constituído por un contido e unha expresión, e en cada un destes planos debe diferenciarse un aspecto formal e un aspecto substancial; cruzando ámbalas distincións establece catro estratos (*substancia do contido, forma do contido, substancia da expresión e forma da expresión*), considerando que o signo lingüístico está constituído pola unión dunha forma de contido cunha forma de expresión. Hjelmslev tamén formula o principio do isomorfismo, segundo o cal os dous planos do signo presentan unha organización semellante que se resolve en entidades monoplanas (as chamadas *figuras*), e establece os tres grandes tipos de relacións lingüísticas

(entre constantes = *interdependencia*, entre unha constante e una variable = *determinación*, entre dúas variables = *constelación*). A *Glosemática*, que é a disciplina proposta por Hjelmslev (1943), contén todo o necesario para analizar un código semiótico de calquera tipo (non só as linguas). Lamentablemente, a súa propia xeneralidade fai desta 'álgebra da linguaxe' unha ferramenta escasamente útil para o coñecemento das linguas. De feito, os poucos intentos de realiza-la descrición xeral dunha lingua⁷ non achegan nada ó xa coñecido. Outra importante eiva da aproximación do mestre danés é a súa incompreensión da sintaxe, que resulta simplemente inviable cos puntos de vista mantidos por el.

Non é a *Glosemática* a única corrente na que se pode observa-la ausencia dunha teoría sintáctica estruturalista. En realidade, o estruturalismo deseña a súa metodoloxía para aplicala ó compoñente fónico das linguas e, en menor medida, á morfoloxía (sobre todo, gracias a algúns traballos de Jakobson), pero, en xeral, fai moi pouco para levar a cabo algo semellante nos outros compoñentes lingüísticos⁸. A sintaxe que se practica en Europa nos anos posteriores á fin da Segunda Guerra Mundial, ata a difusión da medoloxía xenerativista, é pouco máis cá da chamada *gramática tradicional* agachada debaixo dunha

7 Cfr. Togeby (1951) para o francés e Alarcos Llorach (1951) para o castelán.

8 A aplicación dos principios do estruturalismo europeo á análise do léxico ten que esperar á década de 1960, na que empezou a desenvolverse unha lexicoloxía estrutural, gracias, sobre todo, ós traballos de John Lyons e Eugenio Coseriu.

terminoloxía aparentemente innovadora, pero habitualmente reducida a un mero trasunto do elaborado na Fonoloxía para un compoñente constituído por elementos de natureza bastante distinta.

Hai, desde logo, algunhas excepcións, pero todas se caracterizan pola súa escasa difusión fóra do seu ámbito inmediato de aparición. En primeiro termo, a obra do francés Lucien Tesnière [1893–1954], absolutamente descoñecido e illado —mesmo en Francia— ata que os seus puntos de vista⁹, bastante diferentes dos tradicionais que seguían inseridos na práctica da maior parte das gramáticas estruturais, inspiraron a aparición dos dicionarios (e logo gramáticas) de valencias na República alemá oriental de mediados dos anos sesenta. Non moi lonxe, a chamada Nova Escola de Praga desenvolve por esa mesma época un acercamento claramente funcionalista ós feitos lingüísticos, diferenciando na sintaxe os estratos correspondentes ás funcións sintácticas, semánticas e pragmáticas. Tamén se pode falar de sintaxe estrutural no sentido estrito da expresión na escola estruturalista británica, desenvolvida, entre outros moitos, por C. E. Bazell, Michael A. K. Halliday, John Lyons e, enlazando xa coa Lingüística de corpus, John Sinclair. Por fin, no noso país a obra de Emilio Alarcos [1922–1998], baseada inicialmente nos puntos de vista glosemáticos, pero desenvolvida logo cunha notable reelaboración per-

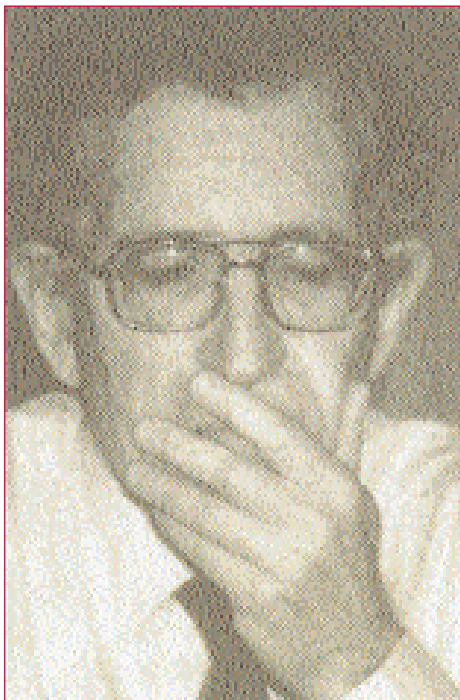
soal, é a que establece o marco teórico no que se formou unha boa parte dos lingüistas españois que traballan na actualidade.

Deixando a un lado a súa importancia e orixinalidade, estas catro tendencias comparten —insistimos— a súa falta de difusión e, polo tanto, de influencia, no que podemos considerala fase central do estruturalismo lingüístico europeo, desenvolvida entre 1945–1970, é dicir, nos anos anteriores á chegada a Europa da metodoloxía chomskiana.

2.4 A LINGÜÍSTICA CHOMSKIANA

É a utilización do epónimo a forma que estimamos máis axeitada para referírmonos a este programa de investigación, tantas veces modificado mesmo en aspectos centrais, pero que constitúe, sen dúbida, a maior conmoción experimentada pola Lingüística no século XX e, probablemente, en toda a súa historia. En efecto, fóra de que se adopte ou non este acercamento ós feitos lingüísticos, parece obrigado recoñecer que hai un antes e un despois de Chomsky. Visto desde a nosa óptica —que é a de lingüistas de orixe e convicción funcionalista europea— a obra de Avram Noam Chomsky [1928–] supuxo un revulsivo que produciu, por reacción, unha auténtica teoría estruturalista dos feitos lingüísticos. A obra de Simon Dik [1940–1995] constitúe probablemente o expoñente máis claro desta reacción contra a aproximación

9 Reflectidos, sobre todo, en Tesnière (1959), obra que se publicou despois da súa morte.



A. Noam Chomsky. A obra deste lingüista marca un antes e un despois nos enfoques desta materia.

xenerativo-transformacional, pois profunda nos presupostos metodolóxicos da mellor tradición funcionalista, integrando ó mesmo tempo formas de achegamento ós feitos lingüísticos, problemas e obxectivos que só se fixeron explícitos coa aparición das primeiras obras de Chomsky.

Chomsky oponse ós presupostos e mais á metodoloxía distribucionalista, instaurando —coa publicación de *Syntactic Structures* (Chomsky, 1957) e logo de *Aspects of the Theory of Syntax* (Chomsky, 1965)— unha concepción da linguaxe e da lingüística radicalmente

distintas. Chomsky cre que o obxectivo da teoría lingüística debe se-la explicación (e non a simple descrición) da competencia lingüística dun falante-oínte ideal (non, polo tanto, as actuacións lingüísticas de individuos concretos nun momento determinado) que coñece perfectamente a súa lingua. Fronte ó conductismo dos distribucionalistas, establece un achegamento no que os obxectivos son o sistema lingüístico completo, as regras que interiorizan os falantes e lles permiten entender e producir expresións que nunca sentiran previamente, a aprendizaxe lingüística, o que hai de común a tódalas linguas faladas polos seres humanos ó longo da súa historia. E todo isto cun aparello formal que dá rigor e establece un modo distinto de argumentación técnica.

Nos corenta anos transcorridos desde a súa aparición, a Lingüística chomskiana mudou varias veces de modelo, integrou conceptos anteriormente rexeitados, deu orixe a unha enorme cantidade de correntes derivadas e constituíu o que sen dúbida é o programa de investigación mellor coñecido dentro e fóra da disciplina. A súa difusión nos Estados Unidos foi realmente rápida: o proceso de substitución empezou en 1957 e estaba acabado xa en 1968, coa aparición da chamada 'teoría estándar ampliada'.

A súa difusión por Europa, en cambio, presenta características especiais nas que imos deternos brevemente. O núcleo central da aproximación xenerativo-transformacional é a

sintaxe. No modelo de 1965 (a chamada *teoría estándar*), o compoñente sintáctico é o único xenerativo, mentres que o fonolóxico e o semántico son puramente interpretativos, é dicir, transforman as estruturas producidas polo compoñente sintáctico ás súas propias entidades (secuencias fónicas, conglomerados significativos). Non é difícil imaxina-lo efecto dunha aproximación destas características sobre un conxunto de correntes fragmentadas nas que, en xeral, a teoría sintáctica é algo inexistente: a Lingüística chomskiana arrasou case por completo o estruturalismo de raizame saussureana e as escolas estruturalistas europeas estiveron absolutamente desbordadas ata, polo menos, a aparición da primeira versión da *Gramática Funcional* de Dik (1978).

Por outra parte, este proceso foi realmente peculiar. As críticas de Chomsky ou dos seus seguidores ían dirixidas, como é lóxico, contra o estruturalismo tal e como se practicaba nos Estados Unidos, é dicir, contra o distribucionalismo. Pero en Europa foron case sistematicamente interpretadas como dirixidas contra o estruturalismo europeo, moi diferente do estadounidense e ó que, polo tanto, son inaplicables na maior parte dos casos. En realidade, o Chomsky dos tres primeiros modelos coñecía máis ben pouco a obra de Saussure e ignoraba por completo a de Hjelmslev, por exemplo. Por iso resulta sorprendente o seguidismo practicado con respecto á lingüística chomskiana por moitos lin-

güistas europeos que si coñecían a Saussure e a Hjelmslev e que, polo tanto, tiñan que ver con claridade que aquelas críticas tan negativas, aquelas acusacións de puro descritivismo inductivista non se compadecían en absoluto cos puntos de vista de Hjelmslev, Trubetzkoy, Jakobson ou Firth, por exemplo.

Un feito que semella intranscendente, pero que ten consecuencias que perduran ata hoxe, pode ilustrar con claridade o ambiente e tamén o sistema de traballo que tratamos de describir. Como xa sinalamos, non chega a existir realmente unha sintaxe baseada nos principios do estruturalismo europeo; aínda que a terminoloxía poida dá-la impresión de que existen grandes diferenzas entre elas, a sintaxe que se practica habitualmente en Europa en torno a 1960 é moi pouco diferente da 'sintaxe tradicional'. Nesta aproximación non opera con máis unidades que a palabra e a oración (simple ou composta). Tódolos lectores que recorden que Gili Gaya (1943) propón para unha secuencia do tipo *O can do labrego comeu a carne preparada para a miña cea* a análise en suxeito (*o can*), complemento do suxeito (*do labrego*), complemento directo (*a carne*) e complemento do complemento directo (*preparada para a miña cea*) entenderán o que queremos dicir ó indicarmos que as unidades de análise na aproximación tradicional son a oración e a palabra. Non hai unidades intermedias e, polo tanto, todo ten que ser referido a elementos que funcionan con respecto á oración.

Pola contra, os distribucionalistas, cunha técnica que pretenden aplicar de xeito mecánico, analizan unha secuencia nos seus constituíntes inmediatos, os segmentos obtidos nos seus e así sucesivamente ata chegar ós constituíntes finais, os elementos últimos da cadea en cuestión, que no ámbito da gramática son os *morfemas*. No exemplo anterior, os constituíntes inmediatos da oración son *o can do labrego* por unha parte e *comeu a carne preparada para a miña cea* pola outra. Tal sistema de análise supón forzosamente, polo tanto, secuencias intermedias ás que lles hai que dar un nome: *phrase* é o aplicado xeralmente e, segundo as características básicas dos seus elementos nucleares, clasifícanse en *noun phrase*, *adjective phrase*, *prepositional phrase*, etc. A mesma técnica de análise foi herdada pola gramática xenerativo-transformacional, que utiliza sistematicamente as mesmas denominacións e chama *phrase structure grammar* a toda esta parte do compoñente sintáctico.

Pois ben, Nicolas Ruwet, lingüista francés que fora traballar ós Estados Unidos a comezos dos anos sesenta, nun excelente libro gracias ó que moitos empezamos a entender a Chomsky (Ruwet, 1968), tropeza co problema de atopar unha tradución francesa axeitada para estes termos. En francés, *phrase* é o equivalente de *oración* e, ademais, *phrase nominale* é a denominación tradicional (igual ca en galego ou en español) para secuencias sen verbo do tipo *homo homini lupus*. A expresión *phrase nominal*, que é a primeira candi-

data para traducir *noun phrase*, non resultaba axeitada porque crearía confusión e algo semellante sucede coas outras. *Phrase* (francés) non vale, polo tanto, para traduci-lo inglés *phrase*. Ante tal problema, Ruwet decide utilizar para estas unidades o termo *syntagme* —introducido por Saussure para designar toda secuencia de elementos copresentes nunha cadea de signos e vinculados entre si— e crea-la batería de denominacións *syntagme nominale*, *syntagme verbale*, etc. A razón esgrimida por Ruwet (1968: 384) é a de que “comme le modèle de langage à états finis —qui était plus proche de la conception saussureane— est éliminé, le terme est disponible”.

Evidentemente, o estruturalismo non estaba tan esgotado como supoñía Ruwet, pero a súa proposta terminolóxica —bastante incómoda porque fai moi complicada a utilización do termo *sintagma* no seu imprescindible sentido orixinario— triunfou mesmo nas linguas con tradición de emprego de termos como *frase substantiva*, *frase adxectiva*, etc., en sentido semellante ou mesmo idéntico ó estruturalista. Se elevamos esta anécdota a categoría, poderemos obter unha idea clara da entrega total á Lingüística chomskiana que experimentou por aqueles anos a Lingüística europea.

2.5 A LINGÜÍSTICA DESPOIS DE CHOMSKY

O panorama da Lingüística nos últimos vintecinco anos do século resulta certamente axitado e complexo. Por unha banda, a teoría chomskiana

experimentou varias readaptacións de grande alcance que acabaron por convertela en algo bastante diferente, tanto en método coma en obxectivos, do que se postulaba nos modelos iniciais: *Rección e ligamento*, *Principios e parámetros*, *Minimismo* son algunhas das denominacións que reciben os modelos resultantes dos sucesivos axustes. Ó longo deste proceso, a ortodoxia chomskiana tamén foi aceptando gradualmente nocións que non tivera en conta ou mesmo rexeitara explicitamente. Pénsese, por exemplo, nos *casos profundos* dos primeiros traballos de Charles Fillmore nos anos setenta, que non foran acollidos na teoría nuclear, e nos *papeis temáticos*, de grande importancia en modelos posteriores. Dado que se trata de nocións bastante próximas ás funcións semánticas das que se falaba nos estruturalismos europeos reconstituídos, o exemplo serve tamén para mostrar que o radicalismo da separación inicial entre xenerativismo e estruturalismo deu paso a un fluxo de ideas moi significativo en ámbolos dous sentidos.

En efecto, a reacción contra a influencia da Lingüística chomskiana conduciu en moitos casos á investigación profunda das raíces auténticas do estruturalismo de raizame saussureana e das escolas ou autores estruturalistas que fixeran auténticas contribucións á construción dunha gramática ou unha semántica realmente estruturais. As ideas de Hjelmslev, Jakobson ou a Nova Escola de Praga, as análises de Tesnière, a concepción da análise

lingüística de Firth e a tradición a que deu lugar, actualmente representada pola lingüística sistémica de Halliday, a obra de Coseriu, as achegas de Martinet no ámbito da fonoloxía diacrónica, as elaboracións de Alarcos, etc., constitúen contribucións que, en diversas medidas e ámbitos, van facendo callar unha aproximación ós feitos lingüísticos que podemos considerar distinta da baseada nos postulados chomskianos, pero capaz de enfrontarse a problemas previamente non considerados e que foron postos enriba da mesa fundamentalmente pola obra de Chomsky. A Gramática Funcional de Dik (1978) é —como xa dixemos— un exemplo perfecto do que pretendemos indicar.

Pero sería incorrecto chegar á conclusión de que estamos agora nunha etapa na que, despois dunha fase de desenvolvemento de metodoloxías antitéticas, asistimos a unha especie de síntese ou, polo menos, a un acercamento entre os programas en conflito. En realidade, o panorama é bastante distinto. Para entendermos correctamente a situación da Lingüística no derradeiro cuarto do século XX hai que prestar atención a outros factores, bastante distantes, por certo, tanto dos presupostos chomskianos coma dos principios que dirixiron a investigación das escolas estruturalistas europeos.

En primeiro termo hai que salientalo interese que actualmente existe polo fenómeno da variación lingüística, sobre todo na dimensión sincrónica (pero con importantes efectos sobre a

concepción e a explicación do cambio lingüístico). Os traballos pioneiros de autores como William Labov (1966) ou José Pedro Rona (1970) mostraron con toda claridade que o concepto chomskiano de *competencia lingüística*, correspondente ó saber lingüístico dun falante-oínte ideal pertencente a unha comunidade lingüística supostamente homoxénea, estaba moi lonxe do que sucede na realidade. Se a Lingüística histórica e a Dialectoloxía desvelaran a variación que afecta ás linguas nas dimensións temporal e espacial, a Sociolingüística, que empezou a desenvolverse a mediados dos sesenta, proporciona unha comprensión bastante diferente. Con independencia de que as consideracións se fagan cun punto de vista global —estructuralista ou doutro tipo— a variación que estudian a Lingüística histórica ou a Dialectoloxía é a que corresponde a sistemas que non se dan simultaneamente, dado que pertencen a épocas ou áreas xeográficas distintas da mesma lingua. En cambio, a variación da que se ocupa a Sociolingüística dáse no mesmo tempo e no mesmo punto do espazo, en función de factores como clase sociocultural, sexo, idade, etc. (*variación diastrática*), ou no mesmo individuo en función do grao de formalidade da situación comunicativa (*variación diafásica*). A gramática (en sentido xeral, isto é, incluíndo tamén o compoñente fónico) variacionista supón un importante correctivo tanto ós modelos chomskianos coma ós estructuralistas clásicos, pois mostra que a competencia lingüística e a estruturación das linguas son algo

moitísimo máis complexo do suposto inicialmente.

Outro factor xeral de gran transcendencia está relacionado coa ampliación dos límites da Gramática. O teito superior da análise, tanto na gramática tradicional coma na estrutural, en calquera das súas versións, era a oración. Nos últimos anos detéctase un interese crecente polas estruturas existentes en niveis máis altos. Pero non se trata xa do que nos anos setenta se chamou *Lingüística do texto*, senón do estudio do discurso (concepto que se axusta moito máis ó que constitúe o saber lingüístico real dos falantes), das estruturas conversacionais, dos principios que rexen a interacción verbal, da argumentación. En congruencia con esta ampliación, o estudio da lingua oral está recibindo na actualidade unha atención dificilmente previsible hai vinte anos.

En tanto que a Lingüística ten como obxectivo a linguaxe humana, é evidente desde hai moito tempo que está situada no centro dunha rede de relacións que a poñen en contacto con outras disciplinas e tamén que o aprendido no estudio da linguaxe humana pode ser de grande interese para comprendermos outros aspectos da actividade humana. Nas últimas décadas do século, esas relacións cristalizaron no rápido desenvolvemento de disciplinas mixtas que supoñen a integración, nun conxunto que resulta ser diferente ou superior á suma das partes que o compoñen, de saberes procedentes dos ámbitos tradicionais da Lingüística e dalgunha outra ciencia. Así temos

—aínda que a diferentes distancias do núcleo disciplinar— especialidades como a Neurolingüística, a Etnolingüística, a Psicolingüística, a Socioloxía da linguaxe (que non debe confundirse coa Sociolingüística), a Estilística (cando menos, unha certa concepción dela) e a Lingüística forense, entre outras.

Este fenómeno quizás non sexa alleo á tendencia xeral deste final de século á integración de saberes a través de investigacións interdisciplinares. E neste contexto tamén debe situarse a chamada *Lingüística cognitiva*, que desde a década de 1980 parece desenvolverse como un novo programa de investigación (materializado nunha gran diversidade de modelos teóricos) en competencia directa coa ortodoxia chomskiana¹⁰. A Lingüística cognitiva considera a linguaxe como unha capacidade que forma parte da cognición humana e, como tal, está estreitamente ligada a outras capacidades mentais como a percepción, a categorización, os procesos de abstracción, o razoamento e as emocións; dado que entre todas elas existe interacción, a súa comprensión esixe desenvolver unha investigación interdisciplinar (actualmente representada pola *ciencia cognitiva*). Un trazo que diferencia a Lingüística cognitiva de tódalas correntes anteriores é a concepción das categorías lingüísticas como prototipos, segundo a cal un elemento se integra nunha categoría en función do seu grao de semellanza cos

elementos que se consideran centrais ou máis característicos (é dicir, prototípicos) desa categoría; isto implica nega-la existencia de límites discretos entre as categorías (fronte ós estruturalismos e á Lingüística chomskiana, que comparten o *principio de discreción*). Ademais, concibe os significados como estruturas conceptuais que deben caracterizarse con respecto a determinadas estruturas de coñecemento e, fronte á Lingüística chomskiana ortodoxa, mantén que a estrutura gramatical das linguas —en particular, a sintáctica— ten unha motivación semántica.

Desde unha perspectiva global é preciso salientar tamén o relevante lugar que na investigación lingüística máis recente ocupan os estudos de tipoloxía lingüística, que teñen como obxectivo establecer unha clasificación das linguas segundo parámetros distintos ó histórico-xenético e que se desenvolven estreitamente ligados á investigación sobre os universais lingüísticos. Certamente, nin a clasificación das linguas nin o estudo dos universais constitúen centros de interese exclusivos da Lingüística dos nosos días; os dous teñen unha respectable tradición plurisecular na que non podemos deternos aquí. En todo caso, o característico hoxe deste ámbito de investigación —que algúns chaman *Lingüística tipolóxico-universalista*— é precisamente que os dous aspectos se

10 Téñase en conta que algúns dos principais propoñentes de modelos cognitivistas na actualidade son disidentes do xenerativismo (Ronald Langacker, George Lakoff, Charles Fillmore, entre outros).



Jakobson é un dos lingüistas representativos do estruturalismo clásico.

aborden conxuntamente desde múltiples perspectivas teóricas e en relación con outros problemas como a adquisición da lingua materna, a aprendizaxe de segundas linguas, as patoloxías lingüísticas, a estrutura da mente humana, a estrutura dos sistemas comunicativos en xeral, a teoría xeral de sistemas, as teorías sobre a interacción social, etc. As orixes disto deben situarse tanto nas contribucións dalgunhas figuras do estruturalismo clásico (fundamentalmente, Sapir, Trubetzkoy e Jakobson) coma no interese da Lingüística chomskiana polos principios que configuran a gramática universal; este interese contribuíu de forma decisiva a revitaliza-la investigación sobre

os universais lingüísticos, despois dun período (o estruturalista) no que o centro de interese foron máis ben as peculiaridades de cada sistema lingüístico.

Por outra parte, o enorme enriquecemento das posibilidades de aplicación dos coñecementos propios dos lingüistas fan que o ámbito coñecido co nome de *Lingüística aplicada* resulte agora considerablemente máis amplo que hai vinte anos. En efecto, o sentido inicial da Lingüística aplicada referíase á utilización para o ensino de linguas dos conceptos elaborados no estudio técnico das linguas e dos resultados obtidos nesa investigación. Agora mesmo, o termo *Lingüística aplicada* refírese a un abano de posibilidades que engloba todo aquilo que pode ser considerado aplicación dos coñecementos adquiridos na investigación básica das linguas, desde as técnicas de análise e síntese de voz ata a tradución automática, pasando, por suposto, polo ensino de linguas e o tratamento de patoloxías lingüísticas (afasias, dislexias, disgrafías, etc.).

Agora ben, sen mingua ningunha da importancia dos factores que acabamos de enumerar, o feito que estimamos decisivo na conformación da Lingüística dos últimos anos do século XX e, en consecuencia, do seu previsible desenvolvemento no próximo século é a aparición dos computadores e o seu emprego no traballo dos lingüistas. Como trataremos de mostrar a continuación, a utilización dos ordenadores supón unha forte modificación do xeito

de traballar na nosa disciplina, polo que as súas repercusións son múltiples e variadas.

En primeiro lugar, nos estudos lingüísticos, igual ca nas demais disciplinas científicas, os computadores fan moito máis simple e doado todo o relacionado coa clasificación, filtrado e explotación de datos, a aplicación de técnicas estatísticas, o almacenamento de información, etc. Gracias a isto, hoxe resulta infinitamente máis cómodo realiza-la parte matemática dunha investigación sociolingüística ou manter ó día unha base de datos sobre o número de falantes de linguas en perigo de extinción. Pero o que os ordenadores supuxeron para a Lingüística é moito máis profundo e importante: consiste na posibilidade de manexar de xeito cómodo e efectivo grandes masas de datos procedentes de textos lingüísticos realmente producidos.

A orientación descritiva da Lingüística traballou sempre, como é lóxico, con datos reais, tomados de mensaxes lingüísticas efectivamente producidas. A documentación almacenada, por exemplo, polos lexicógrafos durante anos e anos para redactar un diccionario ou os miles de papeletas que escribiron e clasificaron os autores que ían publicar unha gramática dunha lingua son exemplos ben coñecidos de documentación de fenómenos que o especialista manexa arreo. Pero os ordenadores permitiron, por primeira vez na historia, almacena-los textos íntegros e, mediante técnicas de recuperación da información en principio

bastante elementais, localizar axiña tódolos casos de interese para a investigación que se quere realizar. Esta metodoloxía é a coñecida como Lingüística baseada na análise de *corpus* (*Corpus Linguistics*).

A pesar da coincidencia no uso do termo, a Lingüística baseada na análise de *corpus* non é estritamente unha derivación do concepto de *corpus* dos distribucionalistas, que o concibían coma unha colección pechada de enunciados pertencentes a unha determinada lingua nunha certa fase da súa historia e limitaban o seu traballo a intentar dar conta do que aparecía documentado nese *corpus*. O *corpus* textual almacenado en formato electrónico é máis ben o herdeiro metodolóxico da actitude dos lingüistas que dedicaban unha parte considerable do seu tempo a encher e archivar papeletas, pero cun enorme salto cuantitativo e cualitativo que unicamente o uso das ferramentas computacionais pode explicar. Para reducírmonos ó esencial, na ficha recóllese normalmente un único exemplo dun fenómeno *x* e, polo tanto, é a consecuencia directa do que chamou a atención de alguén nun momento concreto (normalmente, polo seu carácter especial). Por outra parte, pasa-lo traballo de recolle-los casos interesantes (co relativa que resulta sempre a selección) do fenómeno *x* nun determinado conxunto de textos non serve de nada cando queremos emprender unha investigación sobre a presenza do fenómeno *z* nese mesmo conxunto de textos. En cambio, cando

construímos un *corpus*, introducimos no ordenador os textos completos ou ben fragmentos relativamente amplos deles e —o máis importante— pasamos repetidamente os nosos programas de busca sobre a totalidade do conxunto, de tal xeito que a posibilidade de obter datos é continua, faise co mesmo esforzo sobre calquera fenómeno, previsto ou non polos que construíron o *corpus* e devolve a totalidade dos casos existentes, sen filtros debidos ós coñecementos, intereses ou estado de ánimo de quen redactou a ficha.

As diferencias son, como pode apreciarse, de grande entidade. A rapidísima evolución da capacidade de almacenamento e da velocidade de proceso dos ordenadores produciu un cambio similar no tamaño dos *corpora* lingüísticos. Se o primeiro *corpus* informatizado, o construído na Brown University a comezos dos anos sesenta, constaba dun millón de formas (cantidade moi considerable para a época), agora mesmo é habitual falar de *corpora* de varios centos de millóns de palabras e non hai problemas de capacidade nin de xestión para pensar na próxima manipulación en tempo real de conxuntos de mil millóns de palabras.

Claro que hai xa bastantes anos que se considera que un *corpus* lingüístico non consiste simplemente no equivalente electrónico dos textos tal como foron publicados inicialmente. Para que os lingüistas poidan obter beneficios do seu estudio é necesario introducir nos *corpora* información gramatical

e léxica. Dito con outras palabras, non abonda que nun texto figure a forma *cheguei*, senón que necesitamos que sexa directamente recuperable a información de que se trata da “primeira persoa de singular do pretérito de indicativo do verbo *chegar*”, é dicir, a clase de palabras, o lema ó que pertence e os valores que teñen tódalas categorías gramaticais que posúe. Isto sitúa o traballo nunha dimensión totalmente distinta, porque agora se trata de facer patente no *corpus* a información que falantes e lingüistas teñen (de diferentes modos) sobre cada unha das formas que compoñen os textos. Dado que falamos de millóns de formas, é obvio que esta tarefa ten que automatizarse, co que tropezamos co complicado problema das homografías: hai que conseguir atribuír automaticamente a cada aparición dunha palabra como *sobre* a etiqueta que lle corresponde en cada caso concreto das varias que se lle poden atribuír en abstracto (preposición, substantivo, verbo).

Por aquí entramos na outra gran faceta de uso dos ordenadores no traballo lingüístico. A que chamamos Lingüística computacional é a disciplina que se ocupa precisamente de facer posible que, debidamente programados, os computadores ‘entendan’ unha expresión formulada nunha lingua humana e, en consecuencia, poidan executa-la instrucción recibida, responder ó que se lles pregunta, traducir esa secuencia a outra lingua, etc. Todas esas utilizacións das computadoradoras requiren, como paso previo, amais da

caracterización morfosintáctica de cada forma, a análise sintáctica, semántica e mesmo pragmática da secuencia en cuestión. É, sen dúbida, un traballo apaixonante que, en certo modo, obríganos a combinar técnicas, achegamentos e estratexias múltiples para acadar os resultados apetecidos. Para conseguirmos, por exemplo, que un sintetizador de voz poida enfrontarse cun texto escrito na grafía convencional e lolo cunha entoación 'natural' é necesario investigar a conciencia sobre as características fonéticas e fonolóxicas da lingua en cuestión, sobre as marxes de desviación que se poden aceptar, sobre as características gramaticais que deciden a entoación correspondente en cada caso, etc. E, por suposto, todo iso convertido despois nun conxunto de programas que poidan correr nun ordenador e dar resultados válidos en tempo real.

Coa introducción do compoñente computacional na nosa disciplina, a vella oposición entre o lingüista de campo, permanentemente ocupado na recolección e clasificación de datos, e o lingüista de gabinete, dedicado á reflexión introspectiva sobre características abstractas das linguas, perde a maior parte do seu sentido. Tanto a investigación básica como a investigación aplicada teñen agora en Lingüística uns límites moito mellor definidos, que son os derivados da necesidade de elaborar produtos que fagan posible que os seres humanos poidan comunicarse cos ordenadores falando de xeito moi

semellante a como o fan cando falan con outros seres humanos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alarcos Llorach, E., *Gramática estructural* (Según la Escuela de Copenhague y con especial atención a la lengua española), Madrid, Gredos, 1951.
- Bach, E., "Linguistique structurale et philosophie des sciences", *Dio-gène*, 51, 1965, pp. 117-136.
- Bloomfield, L., *Language*, Nova York, Holt, 1933. Trad. cast. de Alma F. A. de Zubizarreta, con revisión de A. Escobar, *Lenguaje*, Lima, Universidad Nacional de San Marcos, 1964.
- Chomsky, N., *Syntactic Structures*, A Haia, Mouton, 1957. Trad. cast. de Carlos-Peregrín Otero, *Estructuras sintácticas*, México, Siglo XXI, 1974.
- *Aspects of the Theory of Syntax*, Cambridge, Mass., The MIT Press, 1965. Trad. cast. de Carlos-Peregrín Otero, *Aspectos de la teoría de la sintaxis*, Madrid, Aguilar, 1971.
- Coseriu, E., *Lecciones de lingüística general*, Madrid, Gredos, 1981.
- Dik, S., *Functional Grammar*, Amsterdam, North-Holland, 1978. Trad. cast. de Fernando Serrano Valverde e Leocadio Martín Min-gorance, *Gramática funcional*,

- Madrid, Sociedad General Española de Librería, 1981.
- Gili Gaya, S., *Curso superior de sintaxis española*, Barcelona, Bibliograf, 1943.
- Hjelmslev, L., *Omkring sprogteoriens grundlaeggelse*, Copenhagen, 1943. Trad. cast. de José Luis Díaz de Liaño, *Prolegómenos a una teoría del lenguaje*, Madrid, Gredos, 1971.
- Jakobson, R., "Prinzipien der historischen Phonologie", *Travaux du Cercle Linguistique de Prague*, 4, 1931, pp. 247-261.
- Kuhn, Th., *The Structure of Scientific Revolutions*, Chicago, Ill., The University of Chicago Press, 1962. Trad. cast. de Agustín Contín, *La estructura de las revoluciones científicas*, México, FCE, 1971.
- Labov, W., *The Social Stratification of English in New York City*, Washington, DC, Center for Applied Linguistics, 1966.
- Lakatos, I., "History of Science and Its Rational Reconstructions", en R. Buck e R. Cohen (eds.), *Boston Studies in the Philosophy of Science*, 8, Dordrecht, Reidel, 1971, pp. 92-182. Trad. cast. de D. Ribes, *La historia de la ciencia y sus reconstrucciones racionales*, Madrid, Tecnos, 1974.
- Rona, J. P., "A Structural View of Sociolinguistics", en Paul L. Garvin (ed.), *Method and Theory in Linguistics*, A Haia / París, Mouton, 1970, pp. 199-211.
- Ruwet, N., *Introduction à la grammaire générative*, París, Plon, 1967. Trad. cast. de E. Bombín e M. Martínez, *Introducción a la gramática generativa*, Madrid, Gredos, 1974.
- Saussure, F. de, *Cours de linguistique générale*, 1916. Citamos pola trad. cast. de Amado Alonso, incluída na edic. crítica de Tullio de Mauro, *Curso de lingüística general*, Madrid, Alianza, 1983.
- Sapir, E., *Language: An Introduction to the Study of Speech*, Nova York, Harcourt, Brace & World, 1921. Trad. cast. de M. E A. Alatorre, *El lenguaje: Introducción al estudio del habla*, México, FCE, 1954.
- Tesnière, L., *Eléments de syntaxe structurale*, París, Klincksieck, 1959. Trad. cast. de Esther Diamante, *Elementos de sintaxis estructural*, Madrid, Gredos, 1994.
- Togoby, K., *Structure immanente de la langue française*, París, Larousse, 1951.
- Trubetzkoy, N. S., *Grundzüge der Phonologie*, Göttingen, Vandenhoeck & Ruprecht, 1939. Trad. cast. de Delia García Giordano coa colaboración de Luis J. Prieto, *Principios de fonología*, Madrid, Cincel, 1973.

UN SÉCULO DE LITERATURA

*Luis Iglesias Feijoo**
Universidade de Santiago
de Compostela

Resumir en poucas páxinas a evolución da letras universais ó longo do século XX é ardua tarefa. Aceptado o reto, é indispensable evitar que a análise se converta nun catálogo interminable de nomes de autores, amoreados un tras doutro sen que caiba distingui-la súa importancia relativa. Polo tanto, a opción case obrigada consiste en sinalalas liñas mestras en que se moveu o proteico mundo da literatura desde 1901.

Con todo, hai que facer de antemán un par de precisións. Aínda que se evite a mera acumulación de apelidos prestixiosos, os nomes concretos non poden faltar. Emporiso, en xeral a súa mención debe ser tomada máis como símbolo ou sinal representativo dunha corrente ou tendencia ca como o recoñecemento dunha excelencia que tamén ha de ser considerada. Nese sentido, o feito de que non se cite tal ou cal escritor de especial preferencia para un lector concreto non debe entenderse como indicio dun desprezo ou consideración de menor rango, pois o que,

desde logo, non se quere elaborar aquí é unha lista dos cincuenta (ou cen, ou douscentos...) autores máis importantes da centuria. Nada máis lonxe, pois, que calquera tentación de impoñer un canon de autores contemporáneos.

En segundo lugar, hai que recoñecer que a exposición que segue está fundamentalmente centrada na literatura occidental. Así como a ciencia integra hoxe o mesmo físicos nados en Italia que na India ou químicos de raíces xaponesas ou americanas —aínda que esa sexa unha situación bastante recente—, no terreo literario o idioma de difusión condiciona decisivamente o coñecemento dos escritores. Acaso un premio como o Nobel pode proxectar unha efémera luz sobre literaturas pouco coñecidas, pero hoxe, á parte de Mahfuz, a penas sabemos ren das letras exipcias, e pouco, ben pouco é o que os lectores coñecen da literatura asiática ou africana. Co cal non se fai un xuízo de valor, senón unha constatación de feitos. Non se trata de ter caído baixo un prexuízo eurocéntrico, senón que

* Catedrático de Literatura.

este panorama se elabora desde un prisma fundamentalmente europeo ou, máis exactamente, occidental, e se realiza desde España, polo que non é estraño que abunden con maior frecuencia os escritores en español.

Adiantadas estas advertencias, cabe encarárse xa co argumento central destas páxinas. O primeiro que hai que facer é formular unha pregunta urxente, radical e transcendente, que pode condicionalo todo: ¿estivemos asistindo ó derradeiro século de existencia da literatura? Ou, dito doutro xeito, ¿existirá a literatura ó remata-lo século XXI? A esta última interrogante responderían sen dúbida algúns estudiosos, entre os que contarían sociólogos e comunicólogos varios, de forma negativa. Hai os que cren que o papel que cumpriu a literatura, o mesmo có teatro, será substituído —se non o está sendo xa— por outras formas de comunicación que farán do libro un obxecto obsoleto, por infrecuente ou inútil, e mesmo parecen poñer tódolos medios para que iso suceda ó deseñalos plans de ensino, que ultimamente relegan ou simplemente eliminan a función que sempre tiveron as letras na educación.

Lonxe de tales predicións un tanto apocalípticas, que por veces semellan nacidas máis dun desexo persoal que da análise acougada da realidade, é posible augurar que no futuro seguirá existindo no ser humano a ansia de coñecer outros mundos para recoñecer mellor o propio, o mesmo

que se continuará indagando no contacto con outras vidas para enriquecelas particular de cada un. Eses mundos, esas vidas serán ficticios, pero ó padecer con elas e compadece-los que finxen vivilas, os homes do futuro seguirán mergullados na literatura para saíren enriquecidos da excursión. A literatura non será a única vía que proporcione ese gozo que representa a posibilidade de vivir, canda a nosa, outras existencias que semellan máis intensas, case sempre máis arriscadas, por veces máis nobres. Tamén está o teatro, coa súa antigüidade de séculos; o cine, co poder suxestivo que a imaxe concede; a canción, que condensa unha historia en poucos minutos; e haberá outras formas de divertirse que acaso nin sequera podemos aínda imaxinar. Non parece, pois, que atinen os agoreiros que dan por clausurada a Galaxia Gutenberg, por ben que o libro poida adquirir formas novas, e a do libro electrónico se cadra sexa unha realidade moito máis próxima do que sospeitamos...

Sentada, pois, a crenza de non estarmos realizando unha descrición funeral, que resume a fin da era da literatura, cabe deterse aínda noutra consideración previa e facerse unha pregunta formulada por pensadores e ensaístas nesta centuria, que se interrogaron acerca da lexitimidade moral da literatura. Tralas catástrofes producidas polo home neste século que agoniza, ¿que sentido ten seguir inventando mundos ficticios? Ou para dicilo coa pregunta de

Adorno¹, ¿como seguir escribindo poesía despois de Auschwitz? E, sen embargo, aínda que a tendencia do mestre de Frankfurt o inclinaba a pensar que en verdade non se pode come-te-lo que lle parecía unha frivolidade, debe seguir insistíndose en que, para evita-la barbarie, a pesar dela e contra ela, a palabra libre que supón a literatura é un dos poucos instrumentos de que o home dispón.

Non se trata de caer outra volta en misonéismos anticuados ou avellentados compromisos; os escritores non son unha especie de ‘cruzados da causa’ na batalla a prol do espírito e contra as forzas do mal, sexan estas cales foren. Pero para evitar novas hecatombes, para conxurar Hiroshima, cómpre que o home adquira colectivamente unha conciencia crítica que a sociedade pos-moderna non parece moi disposta a favorecer. Nesa tarefa, hai que repetir, a palabra libre da literatura é ferramenta indispensable, aínda que non única.

A literatura supón sempre a proxección dunha visión crítica do mundo, pois o mero feito de compara-lo da ficción co real en que vive o lector permítelle a este obter xuízos e conclusións. E, nos mellores casos, supón enfrontalo cunhas poucas “palabras verdadeiras”, como dicía o poeta Antonio Machado. Ese exercicio de indagación na realidade, de ampliación do coñecemento, de descubrimento incluso de parcelas de territorios só intuídas antes é algo que

a literatura leva realizando desde os seus principios, e ben o proba o labor que Freud desenvolveu na súa investigación da psique humana, para o que foi buscar materiais e testemuños primixenios á traxedia grega.

Cabe supoñer, polo tanto, que o home do século XXI, se segue podendo levar ese nome con orgullo e dignidade, acudirá tamén a esa fonte de dor e pracer que é o mundo da literatura. Se a conciencia universal en favor dunha sociedade menos unidimensional se acentúa, é de esperar que as letras contribúan non pouco á súa conquista. Non foi así no XX, cando guerras, xenocidios e espantos non se viron eliminados pola existencia dunha literatura crítica, pero o seu exemplo pode servir de permanente admonición para que a historia non se repita, nin como traxedia, nin como parodia.

En realidade, os albores deste século non parecían presaxiar tanta catástrofe. Desde finais do XIX estaba a vivirse —sempre polo que toca ó mundo occidental— unha situación de case irrefreable optimismo, coma se o desenvolvemento dun progreso inacabable permitise augurar un mundo sempre feliz. Era o momento histórico do auxe do imperialismo, que, sen embargo, levaba dentro de si os arantos dunha crise moi profunda. Anunciada por pensadores como Nietzsche na filosofía e Marx na teoría social, o mundo da cultura vivíaa como

1 Theodor W. Adorno, *Crítica cultural y sociedad*, Barcelona, Ariel, 1969, páx. 230. O libro é unha colección de ensaios procedentes dos seus volumes *Prismas* e *Notas de literatura*.



Flaubert e Baudelaire veñen a ser considerados como os primeiros autores 'modernos' nos seus campos respectivos da prosa narrativa e a poesía.

o desenvolvemento dun modernismo que fariamos mal en identificar co chamado Modernismo poético hispanoamericano, que é só unha das súas ramas, e acaso non a máis interesante.

Este modernismo artístico e literario desenvólvese en tódolos ámbitos, pero non ó mesmo tempo, e ocupa aproximadamente o medio século que vai de 1890 a 1939. Non se limita ó período de entreguerras, como hai anos se cría, aínda que atope nel o momento de maior esplendor. En realidade, se se examina todo o século cunha ollada globalizadora, como é agora o noso caso, é doado dividilo en tres treitos de parecida dimensión, pois cada un se estende aproximadamente por un tercio del.

Pois ben, o primeiro deles contrasta fortemente cos outros por ofrecelo espectáculo dunha riqueza de correntes, movementos, apostas artísticas e experimentos arriscados, fronte á cal os outros dous tercios se nos amosan moito máis sombrizos e apagados, trazo que se concentra sobre todo no segundo, o cal non é estraño de todo se pensamos que nel se produce a Segunda Guerra Mundial, a creación da cortina de aceiro, o consecuente inicio da guerra fría e o avance dunha onda de intolerancia, sospeita e censura que son os ambientes menos axeitados para a libre expresión artística. Acaso o paulatino relaxamento dos controis, que terá no ano 1968 unha data á vez mítica e simbólica, explique que o último tercio retome en parte un

carácter máis aberto e fecundo para a cultura.

Certamente, dado que na historia humana nada xorde da nada, hai que comprender que o que a última década do XIX comeza a desenvolver non carece de antecedentes nos tempos anteriores. No terreo artístico, pouco podería aclararse sen ter en conta o que significou a revolución producida pola pintura impresionista, pois sen ela non se entende a obra dalgúns fundadores da arte moderna como Monet, Cézanne ou Van Gogh. Polo que toca á poesía, hai hoxe acordo xeral en considerar a Baudelaire como o primeiro autor moderno, calidade que xustifican non só os seus versos, senón tamén os seus escritos en prosa. E verbo da prosa narrativa, nada sería intelixible sen consideralo labor perfeccionista de Flaubert.

Sen embargo, desde os últimos anos do século pasado a acumulación de tentativas e experimentos condénsase de tal modo e en tan varias direccións, que hai que falar por forza dun salto cualitativo. A revolución plástica é quizais máis rechamante, pois entra polos ollos coa contundencia que proporciona o visual. Pero se Matisse, Picasso, Braque ou Kandinski achegaron xa as probas da modernidade antes de 1910, o mesmo cabe afirmar respecto da literatura, na que, non obstante, son menos facilmente perceptibles ó ter que obtelas a través dun exercicio de reflexión intelectual.

Fronte á farta de realismo que se producira ó longo do XIX trala fuxidía

labarada de exaltación romántica, toda a nova xeración europea que xorde a fins de século sente o desexo de camiñar por outras vías, a miúdo decidida e explicitamente antirrealistas. Non se caerá xa nunca na inxenua pretensión de reproducir a realidade externa da vida real, empresa que, por outra parte, se descobre como estéril, a par que redundante. A realidade deixou de ter prestixio e a crise conseguinte que a súa concepción tradicional experimenta vai empurra-lo artista a crear un mundo de seu, a súa propia realidade na obra de arte, que só manterá coa 'realidade real' relacións metonímicas ou metafóricas.

Dous son os camiños principais que percorreron os literatos. Un deles vai dirixirse cara ó propio interior do home, nunha empresa cada vez máis profunda de indagación nos seus escuros abismos, nesas vastas zonas antes a penas intuídas, para o cal se precisan instrumentos formais novos. Velaí a razón dos experimentos vangardistas, que lonxe de constituíren un gratuít formalismo, son intentos diversos de facerse con ferramentas capaces de dar resposta a desafíos inéditos e cada vez máis radicais.

Na lírica, o antecedente máis claro proporcionáralo xa Rimbaud, co seu navío bébedo e a súa viaxe ó inferno, ata chegar a descubrir que no estrato máis profundo pode aparece-la revelación da identidade dun co outro: "*Je est un autre*". Por esa vía poderemos logo atoparnos co xogo —tan pouco dramático, pero tan transcendente— do

desdobramento en heterónimos varios, como sucede en Antonio Machado ou Fernando Pessoa e acaso tamén no Cavafis escindido entre escuro funcionario de Alexandría e desenganado espectador da vinda dos bárbaros. É Cavafis precisamente quen desenvolve o poema en segunda persona, no que se fala a si mesmo en textos como “La ciudad” (“Dices: ‘Iré a otra tierra, hacia otro mar / y una ciudad mejor con certeza hallaré’”) ou o moi famoso “Ítaca”.

Esa incerteza sobre a configuración esencial da persoa, sobre o seu estatuto individual, conducirá algún poeta, como Juan Ramón Jiménez, a venta-la presenza de alguén máis dentro do eu, que ás veces asoma no propio rostro reflectido: “Me da terror cuando miro / mi imagen en un espejo; / me parece que es la sombra / de alguien que me va siguiendo” (*Rimas*). De aí que ese “alguien” poida ás veces adquirir corporeidade: “Alguna noche que he ido / solo al jardín, por los árboles / he visto un hombre enlutado / / que no deja de mirarme” (*Arias tristes*). O poeta pode baleirarse de si mesmo (“¡Qué triste estoy sin mí!”, *Elegías intermedias*), ata chegar a recoñecer ese desdobramento explícito:

Yo no soy yo.
Soy este
Que va a mi lado sin yo verlo;
que, a veces, voy a ver,
y que, a veces, olvido.
El que calla, sereno, cuando hablo,
El que perdona, dulce, cuando odio,
El que pasea por donde no estoy,
El que quedará en pie cuando yo muera
(*Eternidades*)

Por unha canle diferente, Rilke pretenderá salvar un espacio interior no home, limpo e puro, libre de contaminación coa vida cotiá. E ese ideal de pureza comparece así mesmo en líricos como Paul Valéry ou Giuseppe Ungaretti e, entre nós, no primeiro Jorge Guillén.

Camiño diferente, pero de signo similar, é o percorrido pola narrativa. Ó longo do XIX foi tentando modos e formas para acceder ó mundo interior dos personaxes. O que algúns teóricos denominan psiconarración designa o intento de penetrar no seu pensamento por medios máis sofisticados có simple estilo indirecto. En tal dirección, o estilo indirecto libre permitiu desde Flaubert que o narrador reproducira o contido da mente co ritmo dos seus vaivéns, interrogacións, admiracións e case coas súas palabras. Dostoievski, pola súa parte, afonda en abismos e subsolos que parecen o territorio da loucura, sen que falte tampouco o tema do dobre.

Nese traxecto que afonda no interior do personaxe, e que de paso resta competencias e facultades ó narrador omnisciente, que corría o risco de esmagalo lector co seu poder absoluto, cabía elixir unha focalización restrinxida, como fixo Henry James, autor que xa se proxecta cara ó noso século. Desafortunadamente, o mundo presentado transmítenos a través da visión e a mente dun personaxe, con esquecemento de toda pretensión de obxectividade, ilusoriamente perseguida pola novela realista e naturalista. Así, pode chegarse a un

grao de incerteza ante o que se narra que produce perplexidade e intriga, como en *Una vuelta de tuerca*, da que nunca saberemos se os feitos foron reais ou a mera proxección das fantasías ou temores dun personaxe.

Por este camiño alcánzase o monólogo interior, no que xa non existe lóxica, norma, nin, aparentemente, sentido, porque se dá vía libre ó contido informe da conciencia, de xeito que as palabras se engarzan en asociacións pre-rationais, para revela-lo oculto magma de arelas inconfesables, medos absurdos ou actos reprimidos, que aninñan nese continente descuberto por Freud chamado subconsciente, pero do que a intuición artística xa dera conta antes. En efecto, o monólogo interior está xa configurado en *Les Lauriers sont coupés*, de Dujardin (1888), que non por azar é escritor vinculado ó simbolismo, verdadeiro motor de impulso da modernidade artística.

Ía ser James Joyce quen explotaría a fondo o recurso do monólogo interior no seu *Ullises*, obra que produciu perplexidade, sorpresa e escándalo. Tras ela, William Faulkner recólleo para expresa-lo asfixiante mundo sureño das súas novelas, cheo de violencia e tensión, como en *El sonido y la furia* ou *Mientras agonizo*, nas que se suman as rupturas temporais e os cambios de enfoque narrativo para crear unha suxestión de turbillón que marea e confunde.

Outras vías da experiencia literaria moderna poden semellar quizais

menos aparatosas, pero non por iso resultan por forza menos transcendentales. Tralo cambio de época que se produce nos últimos anos do XIX, vaise impor un programa xeral de experimentación artística e literaria, que non fará senón incrementarse ata explotar no período das vangardas. Pero estas son o momento máis florecente dunha ebulición que estaba a desenvolverse desde vinte anos antes, polo menos. E un trazo moi notable desa ruptura é o seu carácter consciente, aínda que non sempre fose explicado coa mesma clarividencia polos implicados nela.

Base común de tódolos movementos modernos é a certeza de principiar unha batalla co propio instrumento de expresión, de maneira que, antes ca cousa ningunha, o que se produce é unha aventura coa linguaxe. A antiga separación entre poesía e prosa caerá esnaquizada, pois os creadores modernos xa non distinguen entre ambas e a súa actitude á hora de crear será de idéntico e exquisito coidado. De forma moi coherente, poderá xudir entón a arela de fundi-los xéneros ou superalos, o que vai traer consigo o nacemento da novela lírica, na que o mesmo encaixan as *Sonatas*, de Valle-Inclán, ou as novelas de Azorín e Miró, cás de Virginia Woolf ou as do ciclo *A la recherche du temps perdu*, de Marcel Proust.

Característica común a todas elas, e en xeral á literatura da modernidade, é o esquecemento da acción, da historia que se conta, como elemento esencial ou fundamental. Pola contra, o fío narrativo enmagrece ata case desaparecer,

mentres que o interese se despraza cara ás reaccións dos seres de ficción ante eses feitos a miúdo evanescentes. Xorde o interese pola perspectiva e o punto de vista, pois a realidade deixa de ser algo preestablecido e definido de vez, e asúmese, en cambio, que todo depende do lugar desde o que se observa. *Point Counter Point*, de Aldous Huxley, é significativa ó respecto, aínda que o que encarna se presenta con carácter xeral desde inicios de século.

Como consecuencia do anterior, se a focalización narrativa se multiplica, o resultado tende a ser fragmentario, e a sensación de totalidade á que aspiraba a novela decimonónica verase substituída pola precaria conciencia do transitorio. Todo parece romper en anacos e os fragmentos resultantes dan conta da crise do mundo moderno. Do mesmo xeito, o interese polo 'carácter' dos personaxes dilúese ata case desaparecer, e pulularán polas obras novas, en cambio, os homes sen vontade (cabe recorda-lo Antonio Azorín de *La voluntad*, paradoxal título de José Martínez Ruiz), grises, unilaterais, unidimensionais, testemuñas da crise do ser humano, escindido, como xa vimos, entre secretos anhelos e torpes realizacións. Ó novo personaxe daralle nome o título de Robert Musil: *El hombre sin atributos*, se ben os trazos están xa presentes así mesmo en *La coscienza di Zeno*, de Italo Svevo.

Un paso máis darase cando o personaxe novelesco deixe de ter identidade, e se converta nun esquema ou unha silueta, instalado adoito nun reino de

incomprensión que empurra ó absurdo esencial. Kafka é exemplo impar desta dirección, dun lado coa deshumanización máis radical posible, a mutación de Gregor Samsa en insecto en *La metamorfosis*; doutro, pola caída nun mundo sen sentido, cunhas normas que, con todo, hai que cumprir con puntualidade, en *El proceso* e *El castillo*.

Se a acción cede en importancia, o personaxe perde interese e a referencialidade tende a cero, nada máis lóxico que a literatura se faga adoito autorreferencial. É o propio proceso de escritura ou de creación o que pode converterse en centro de atención, de maneira que o relato se torna especular, como en *Les faux-monnayeurs*, de André Gide. Xa non vai ser posible o relato inxenuo, que simplemente quere contar algo; pola contra, comezan a espesalas capas de sentido, de forma que, por outra vía, volve formularse a obra como un desafío para o lector, que se verá compelido a recoñecer alusións e referencias a outras obras, cando non a intentar monta-las pezas espalladas que se lle ofrecen como un caos sen aparente orde.

Esta literatura autorreflexiva e especular, descubridora da *mise-en-abyme*, termo rescatado precisamente por Gide para designa-la obra que se volve sobre si, convértese en metanarración. Ó tomar conciencia crítica de si mesma, faise paradoxal e ambigua, e ademais integra elementos paródicos con moita frecuencia (pénsese só nas parodias estilísticas do *Ullises*). Ademais, ó ter en conta o sistema literario



R. Gómez de la Serna e T. S. Eliot son dous expoñentes do uso instrumental das palabras.

do que parte e no que se integra, abundarán na obra as citas, homenaxes e evocacións doutras obras literarias. Isto é o que explica a famosa acusación de 'plaxio' que se levantou contra Valle-Inclán, sen ter en conta que a evocación doutros textos é un procedemento da arte moderna. O mesmo que o cadro desde o cubismo pode integrar materiais alleos nunha colaxe, na obra moderna sucede algo similar. E isto non é privativo da prosa: a poesía de T. S. Eliot —*The Waste Land*, por exemplo— é boa mostra desa espesura de citas e alusións, que tamén suman a parodia.

Co antecedente de Huysmans, a novela pode converterse outrosí en

algo próximo á vez ó ensaio e ó manifesto. Novela-ensaio é *La voluntad*, xa citada, como o serán algunhas de Pérez de Ayala ou de Aldous Huxley, de Gómez de la Serna (*El novelista*) ou de Thomas Mann (*La montaña mágica*).

En todo caso, sublíñase o carácter de universo de ficción que o artefacto literario posúe, o cal pode chegar a potenciarse mesmo pola vía de reclamación, por parte do personaxe, dos dereitos de ser vivo, como en *Niebla*, de Unamuno, ou en Pirandello. As relacións entre vida e literatura proclaman o status fictivo desta, pero asemade alumean terreos inéditos verbo da condición do ser humano concreto.

A grande aventura da literatura do XX será, non obstante, a da linguaxe, como antes se apuntou. Ese camiño foi percorrido, en especial, polas vangardas, pero está presente en tódalas direccións, agás nas máis triviais. O creador é consciente do instrumento que emprega, a palabra, o cal non quere dicir forzosamente que o resultado non sexa imprevisto ou incluso incomprendible para el mesmo. Como sinalou Eliot nos *Four Quartets*, “So I find words I never thought to speak”. A razón achegábaa el mesmo, rememorando un verso de Mallarmé: “Since our concern was speech, and speech impelled us / To purify the dialect of the tribe”.

No torrente vangardista poderá convivir o furor destructivo do Futurismo e do Dadá (contra a cultura, a sintaxe e os museos) con fórmulas máis vinculadas á tradición, como o Creacionismo de Huidobro, non moi lonxe do espírito do Romanticismo, que, con todo, sinalaba o carácter autónomo da poesía: “¿Por qué cantáis la rosa? ¡oh, Poetas! / Hacedla florecer en el poema. / ... / El Poeta es un pequeño Dios”.

De tódolos movementos da vangarda, no que sobresaen figuras senlleiras, como Apollinaire ou Maiakovski, a corrente posiblemente máis fecunda foi o Surrealismo, non tanto na súa vertente ortodoxa que André Breton teimaba en momificar con pretensións pontificais, como na súa rica e variada e múltiple ebulición. Nomes como os de Aragon ou Éluard son significativos de seu, pero ha terse en conta así mesmo a

importantísima extensión cara a outras manifestacións artísticas, con nomes fundamentais na historia deste século: Dalí, Buñuel, Miró, Magritte, Man Ray...

A repercusión española das vangardas non foi escasa nin demasiado serodia. Revistas como *Grecia*, *Vltra*, *Cosmópolis*, *Alfar*... foron canle para a difusión e experimentación, unido á sombra acolledora de Ramón Gómez de la Serna como exemplo de actitude aberta a toda novidade. A chamada xeración de 1927 desenvolvería o que estaba en potencia e alcanzaría unha das obras máis interesantes no campo do Surrealismo europeo, con Lorca, Aleixandre, Alberti ou Cernuda.

Case tódalas manifestacións observadas ata agora poden ser acollidas, con múltiples matices e algunha excepción, dentro da liña de atención ó individuo ou de viaxe interior á procura do ‘eu’ que fomos mencionando. A outra vía é a que dirixe a súa mirada cara á colectividade, ó ‘nós’. Non se trata exactamente de camiños enfrontados, senón máis ben do resultado dunha ordenación que permite estrema-lo terreo para obter certa claridade e orde, polo que é moi frecuente que a primeira tendencia revele tamén aspectos sociais, mentres a segunda non desdénha o home concreto.

En efecto, unha das dimensións herdadas do século XIX foi a teorización dos problemas colectivos, que a formulación do socialismo científico por Marx e Engels converteu en

doutrina. Sen se dar sempre unha adhesión explícita ou tácita a ela, é perceptible a existencia dunha poderosa corrente literaria que se preocupa polos problemas da sociedade vista en conxunto. Presente en Gorki ou en Mann, o mesmo ca nun dos creadores de máis poderosa e fecunda imaxinación, H. G. Wells —aínda que hoxe ficara impropriamente relegado a esa temible categoría que é a de autor de libros para a mocidade—, adquirirá formulacións como a do unanimismo de Jules Romains, a novela social do primeiro Steinbeck ou a novela como expresión da colectividade que soñaba Valle-Inclán² e que tentou primeiro en *La Guerra Carlista* e logo en *El Ruedo Ibérico*, sen poder culminar tan titánica empresa.

Esta preocupación social non significa, de ningún xeito, desinterese polos aspectos formais e estruturais, e a mera mención do noso don Ramón prevénnos disto. O Expresionismo dos anos vinte estivo cheo de resonancias colectivas que se estenderon por todas as artes, e o mesmo as achamos na arte plástica de Kirchner ou Nolde coma no cine de Murnau ou Lang, no teatro de Kaiser e Toller ca na poesía de Trakl e de Benn. A voluntaria deformación que da realidade obxectiva se realizaba no Expresionismo daba conta das trampas que ameazaban o home. A isto podería sumarse o labor de denuncia explícita, xa con fondo político, que se observa en Piscator, Brecht ou Grosz e que, co-

ma no debuxo deste último, pasa directamente á caricatura.

Moitas destas formulacións teñen como núcleo a cidade, a grande urbe, considerada como metrópole xigantesca onde o individuo pasa a ser un mero sumando, un ente unidimensional sen profundidade nin importancia. Acaso foi a novela *Manhattan transfer*, de John Dos Passos, a primeira que conseguiu elevar a nivel de símbolo a entidade inquietante da moderna Babilonia. O interese pola dimensión colectiva proseguiría na súa triloxía *U.S.A.*, bo exemplo de incorporación de técnicas e estratexias narrativas moi modernas ó servizo dun interese metaliterario.

Non é estraño que no país onde se impuxo unha revolución de carácter socialista, a Rusia dos sóviets, se dera un gran pulo nesta segunda dirección que agora consideramos. Partindo do suposto de que nunha situación revolucionaria deben nacer tamén unha arte e unha literatura revolucionarias, produciuse nos primeiros tempos posteriores a 1917 unha floración de correntes e propostas que trataban de vincular a experimentación formal coa nova situación histórica en que o pobo tiña asumido teoricamente a marcha do seu destino. Esenin, Babel, Bulgákov, Maiakovski, Ijlébnikov, a carón de homes de teatro e cine como Meyerhold e Eisenstein, ou de artistas como Rodchenko e Malevitch, e non menos a obra de teóricos literarios

2 Véxanse as súas declaracións concordantes en Ramón María del Valle-Inclán, *Entrevistas, conferencias y cartas*, ed. Joaquín e Javier del Valle-Inclán, Valencia, Pre-Textos, 1994, páxs. 287, 318-319 e 396.

como Jakobson, Eijenbaum, Tynjanov, Sklovski, vinculados á Opojaz e ó Círculo Lingüístico de Moscova, promoveron unha arte comprometida co proletariado, pero que investigaba nas formas e modos propios dun tempo novo.

Todo isto viuse pouco a pouco sofocado e pereceu ó cabo baixo as acusacións de tendencias burguesas e desviacionistas, que conduciron ó silencio, á represión e ás veces ó fusilamento daqueles que non coincidían coa nova ortodoxia. Esta definiuse como 'realismo socialista', que, co pretexto de que o proletariado non estaba educado para captar formas complexas, canonizou a máis burocrática e vulgar copia servil da realidade obxectiva, sempre disposta a dar bo exemplo cos seus 'heroes positivos', o que a converteu en paradigma de literatura edificante... e ó cabo inútil. A fórmula converteuse en estereotipo —e o mesmo ocorreu en arte, arquitectura, música, pintura...—, de xeito que se consagrou unha fórmula retardadora, a do realismo decimonónico, sempre vixiada pola autoridade e que derivou nun seguimento cego das directrices do Comité Central do partido. O optimismo oficial deu nun idealismo práctico, arredado de calquera trazado dialéctico, plano, romo, sen conflitos a partir dos anos trinta. Anquilosouse por decreto todo asomo de vida literaria, situación que durou ata ben avanzados os anos cincuenta. De toda a súa produción a penas cabe citar *El Don apacible*, de Shólojov, como exemplo rescatable.

Se nos detivemos en exceso en resumir un triste episodio que non merecía tantas liñas en por si, foi porque gran parte dos debates ideolóxicos e literarios desenvolvidos no segundo tercio do século XX han ter por forza como referente ese pano de fondo. É hora, pois, de entrarmos xa a consideralo segundo período en que quixemos dividi-lo noso exame e que se estende polo tercio central do século. Foi un tempo duro e difícil, sementado de horrores e miserias, que provoca a sensación, vista xa a centuria no seu conxunto, de se tratar dunha etapa máis escura cás dúas que a enmarcan.

En efecto, non se asiste impunemente a tormentas terribles sen que o espectáculo deixe de afectarnos. As purgas stalinistas, os forzados xuízos autocríticos, o desenvolvemento do *gulag* ou campos de concentración e a eliminación daqueles que non coincidían coa ortodoxia; a extensión dos fascismos e totalitarismos; a sangría humana que supuxeron as sucesivas guerras, iniciadas pola civil española, seguida pola segunda mundial e mantida por outras que foron a súa continuación, como a de Corea ou a de Indochina; o holocausto ou proxecto de eliminación xenocida de razas que se consideraban inferiores ou malditas; a represalia sobre poboacións civís, con bombardeos e matanzas; a aparición de instrumentos de destrución masiva, como a bomba atómica, e a súa utilización sobre poboacións indefensas: todo isto conforma un panorama que por

forza tiña que provocar unha triste resaca de pesimismo e desesperación.

A cultura, que sempre responde ó mundo no que xorde, por forza se viu influída por tan negro ambiente. Non pode explicarse o nacemento de filosofías como a existencialista pola acción dunha única causa, pero é indubidable que a consideración sartriana dos outros como o inferno sintoniza con ese especial desalento antropolóxico, no que o home é visto como “ser para a morte”. Na parcela concreta das letras, domina tamén a máis aceirada exhibición da violencia e o nihilismo, que ás veces descobre a proposta dunha saída case sempre incerta.

O que resulta case unánime é o esquecemento dos xogos meramente formais nos que as vangardas puideron derivar. Non se relegou a atención á construción estética, pois un artista que prescindía dela resulta un imposible lóxico, pero estaba claro que na nova etapa non valía xa o mero divertimento episódico. Os signos de que os tempos estaban cambiando percíbense con claridade nos anos trinta, segundo amosan feitos tan relevantes como o compromiso do Surrealismo coa revolución, a atención xeral polo que ocurría na Unión Soviética —non eran ben coñecidos todolos extremos—, a tendencia dos intelectuais e escritores a unírense en Alianzas Antifascistas e, entre nós, o xiro experimentado por autores tan significativos como Alberti, Lorca ou o Neruda que daquela estaba en España.

A partir dos anos corenta imos contempla-la emerxencia dunha fonda preocupación humana, encarada coa morte. Dámaso Alonso poderá empezar un poema de *Hijos de la ira*: “Madrid es una ciudad de más de un millón de cadáveres (según las últimas estadísticas)”. Pola súa parte, Blas de Otero resumirá a súa proposta: “Definitivamente cantaré para el hombre” (*Angel fieramente humano*). Unha onda de interese pola colectividade esténdese entre escritores de diferentes xeracións, e se Vicente Aleixandre, no seu poema “En la plaza”, pensa na posibilidade de fundirse nos demais, “encontrándose en el movimiento con que el gran corazón de los hombres palpita extendido”, ata chegar a ser “él también el unánime corazón que le alcanza” (*Historia del corazón*), José Angel Valente evoca en “La plaza” outra solidariedade, na que tamén “Aquí / latía un solo corazón unánime” (*Poemas a Lázaro*).

A literatura que se crea a partir de agora, aínda que non se refira de maneira directa a problemas colectivos, vai estar tinguida dunha especial violencia, signo evidente da que dominaba na vida real. Converteuse en tópico aludir á proximidade que revelan dúas obras que non tiveron punto de contacto na súa xestación, *La familia de Pascual Duarte*, de Cela, e *El extranjero*, de Camus, coas súas mortes gratuítas. Pero o aire de familiaridade non se cingue só a estas dúas obras; a fascinación polo sangue e, xa que logo, a presenza do vitalismo poderíamos achala per-



Tanto Cela como Camús tinguen as súas obras dunha violencia gratuíta que estaba a acontecer na vida real.

manente en Cela e así mesmo en autores como Hemingway, Céline, Malraux...

A evolución de atrocidades a que puideron conducir os extravíos da razón explica que tamén agora se desenvolva unha dirección literaria que prolonga e afonda a liña aberta por Kafka. Privados de apoio en ningunha agarra- doira lóxica, desprégase o absurdo como razón aparente do mundo, e non cabe esquecer que toda unha dirección do teatro universal dos anos cincuenta foi denominada por Martin Esslin como 'teatro do absurdo', na que introduciu autores como Beckett, Ionesco, Adamov, Genet, Albee ou Pinter, algún

dos cales tamén escribiu narracións, e na que tamén podería figurar Grass. Os personaxes destas obras quedaron, polo xeral, reducidos a meros esquemas. Non só non hai xa caracteres, senón que a penas hai trazo humano ningún que permita identificalos ou distinguilos uns doutros. O proceso de deshumanización do personaxe literario, que nos anos vinte confluía en algo similar ó traballo con monicreces, siluetas ou bonecos (Valle-Inclán, o expresionismo...), chega a un extremo e o creador agora a penas opera con meros nomes, etiquetas baixo as cales semella non haber ren. E outros autores, en aparencia ben distantes, como o

mexicano Juan Rulfo ou o italiano Buzzati, trasladan ó papel universos enigmáticos non moi afastados.

Doutro lado, a constatación dos cavorcos polos que se precipitara o home neste século levou a moitos á procura dunha obra que contribuíra a iniciar un proceso de rexeneración, no cal se revelara a condición humana e a súa situación. Houbo unha forte vaga de literatura que buscaba dar un sentido moral, individual ou colectivo, a unha sociedade desesperanzada. Aí naceu a idea do compromiso, que ás veces tivo unha lectura un tanto parcial ou limitada, por pretender convertela en instrumento ó servizo doutras instancias. A polémica entre Jean-Paul Sartre e Albert Camus, aínda que se saldou coa aparente victoria do primeiro, descubriu finalmente a actitude máis fecunda do segundo, menos disposto a abdicar da súa responsabilidade individual e moi preocupado polos problemas éticos do home concreto.

En moitos países estendeuse este desexo de implicarse nos problemas reais, e as direccións foron moi distintas, desde a dun Orwell simpatizante do individualismo anarquista ata a dun Bertolt Brecht que propuxo unha intelixente vía de saída fronte ó esquematismo do realismo socialista; o seu teatro dialéctico era unha aposta por unha literatura comprometida ata o fondo e de base marxista, pero que non renunciaba nin á experimentación formal, nin ó carácter lúdico que a obra de arte sempre leva consigo. Noutros ámbitos culturais, Buero Vallejo e Arthur

Miller representan ben a proposta dun drama que non renunciase a ser literatura e se constituíra en instrumento de reflexión para as súas sociedades.

Ese propósito de encara-los lectores coa realidade directa do contorno é o que alicerza un movemento de ancha difusión neste tempo, o neo-realismo, que tamén tivo a súa canle no cine (Rossellini, Visconti, De Sica...). Nado en Italia, onde están algúns dos seus autores máis representativos: Moravia, Pratolini, Pavese, esta corrente encontrou notable eco en España, tanto na narrativa (Aldecoa, Fernández Santos, Sánchez Ferlosio), coma no cine (Bardem). E non sería impropio de todo considerar como un eco algo serodio desta tendencia a formada polos "angry young men" británicos de finais dos cincuenta (Amis, Osborne, Sillitoe); a linguaxe máis libre destes e os seus temas sociais causaron sorpresa e indignación na anquilosada sociedade británica do momento.

Algo similar en canto á súa repercusión social, pero fundada noutras bases estéticas e sociais, representa en Norteamérica a "beat generation". Con antecedentes en canto ó tratamento da linguaxe como J. D. Salinger, Norman Mailer ou e. e. cummings, aparece nos anos cincuenta un grupo formado por Allen Ginsberg, Jack Kerouac e William Burroughs, entre os máis destacados, que supoñen unha aposta por unha forma libre, unha literatura sen estrutura e unha vida sen barreiras, das que a novela *On the road*, do segundo, se converteu en emblema. O inicio do de-

bate da contracultura, ou vida alternativa á marxe dos circuítos oficiais da sociedade, e a polémica xurdida pola creación axudada polos alucinóxenos, como vía para conseguilo acceso a formas de percepción non usuais, achan nestes autores os representantes de toda unha serie de ondas que se dispararían a partir de 1968.

En cambio, de signo diferente foi a liña francesa do chamado *nouveau roman*, na que se pretendía unha superación definitiva do psicoloxismo, pero que se concretou nunha enfática e aburrida serie de interminables descrições de obxectos, das que non só se apartaba calquera implicación subxectiva do narrador, senón que a miúdo tamén carecía da mínima achega de interese narrativo. Robbe-Grillet e Sarraute foron os portavoces máis destacados desta corrente que tamén foi cualificada como 'escola da mirada', para destacar así o peso do visual, que se fixa na superficie das cousas, de infinidade de cousas que deberan transmitirle ó lector os anacos de historia que case sempre se escamotea. Ós poucos anos, esta dirección revelou a súa condición de vía morta, malia ter sido estrañamente proposta como solución para unha novela social e comprometida, como fixo Juan Goytisolo a finais dos anos cincuenta. De todo o conxunto tal vez caiba lembrar unha autora, Marguerite Duras, e outro que en rigor non entra na súa ortodoxia, como Georges Perec.

O último tercio do noso século, que por se-lo máis próximo ofrece a dificultade dunha menor perspectiva,

descobre xa, sen embargo, algúns trazos que permiten tipificalo como máis rico e variado có anterior. Se cadra ten que ver con isto a paulatina destrución de tópicos, apriorismos e supostos dogmas que ó longo destes anos se veu producindo. Unha aura de maior liberdade creativa é perceptible nas máis diversas manifestacións artísticas, ata o punto de que nalgunha delas parece reinar máis ben a confusión e a perplexidade, como sucede hoxe mesmo coa creación plástica, na que a pintura se ve substituída por outras manifestacións de interese dubidoso, como as instalacións.

Unha sacudida xeral produciuse ademais en toda a cultura occidental co movemento xuvenil de 1968, que coincide, non por casualidade, coa fin da década dos Beatles, a contracultura californiana, o *flower power*, o interese polas místicas orientais e demais manifestacións que supoñen, antes ca nada, un desexo de marcar distancias coa aburrida, aburguesada e gris civilización coa que chocaban. Incluso desde o punto de vista visual e dos costumes cotiáns, nada foi xa igual a como fora ata entón. Se a iso sumámo-la transformación que supón máis tarde a caída do Muro de Berlín, isto é, o derrubamento dos réximes do chamado 'socialismo real', coa desaparición do Segundo Mundo e o aparente triunfo do capitalismo, enfrontámonos cun momento de cambios agudos e con consecuencias que aínda non se poden medir en toda a súa dimensión. Non é imposible que, visto

á luz do futuro, se acepte que o século XX rematou en realidade en 1989.

Polo que toca ás letras, varias direccións resaltan dentro do que semella ser unha aposta xeral pola creatividade e o rexurdimento dos desexos de experimentar. Será primeiro nos anos sesenta a explosión do chamado *boom* hispanoamericano, que non é reducible a unha única fórmula, aínda que se pretendeu acollelo baixo a torpe etiqueta de 'realismo máxico', que non di nada. Con percorridos diferentes, os seus autores aproxímanse no gusto pola narración, no desexo de contar historias, e na común arela de renovación formal. Son escritores de voz poderosa, na que pode elevarse a liña comprometida coa realidade política de Mario Vargas Llosa, quen, coa súa obra *La ciudad y los perros* (1962) abriu o camiño para mostrar que se podía narrar unha obra que denunciaba fortemente unha determinada situación social e política facendo uso das complexidades da conciencia, contra o que cría o estreito realismo social español do momento; doutra banda, *Cien años de soledad*, de Gabriel García Márquez (1967), mostraba a posibilidade do mito nos nosos días.

Uns autores inclinábanse máis contra o experimentalismo, como o Cortázar de *Rayuela* (1963), outros buscaban dar cauce a formas innovadoras, como a novela desde a segunda persoa en *La muerte de Artemio Cruz*, de Carlos Fuentes (1962). En case todos a sombra de Faulkner se revelaba poderosa, e ata chegar a ser dominante en Onetti, que

escribiu *El astillero* en 1962. O agobiante mundo barroco do *Paradiso*, de José Lezama Lima (1966) tiña o seu contrapunto tamén cubano no xogo coa linguaxe de Guillermo Cabrera Infante, co seu *Tres tristes tigres* de 1964.

O que destaca desta nómina, que podía ser acrecentada coa mención de Alejo Carpentier, José Donoso, Augusto Roa Bastos e outros moitos, é precisamente a súa variedade e o seu carácter torrencial. Ó longo dos anos sesenta —década na que se publican tódolos títulos mencionados—, supuxeron un poderoso sopro liberador de corsés creativos e de límites na forma de narrar. En España, tras algún momento de incerteza, o exemplo destes autores confirmou no seu camiño de experimentación algúns creadores que nunca se conformaran con repetilo mesmo esquema; quizais o caso máis claro sexa o de Camilo José Cela, que tamén seguía a súa peculiar exploración polos abismos da conciencia en obras como *San Camilo 1936* e que continuaría compoñendo logo algún dos universos narrativos máis complexos na busca de raras harmonías, que parecen rexidos polo ir e vir de motivos musicais, como *Mazurca para dos muertos* ou *El asesinato del perdedor*. Tamén coincidiu no tempo o caso de *Tiempo de silencio*, de Luis Martín Santos (1962).

Emporiso, o esplendor hispanoamericano non xurdía da nada, e existía un pouso anterior (Arguedas, Asturias, Arlt, Alegría...) que explica o seu desenvolvemento a partir dos sesenta. Tamén de antes procede outro autor

cunha obra que pode ser tomada como emblemática doutra das direccións deste período. Jorge Luis Borges representa á perfección unha liña de prosa proveitosamente construída, literaturizada, que encarna os avatares da posmodernidade. Baseada no xogo intelectual, ten en conta a súa propia materialidade e domina nela a referencialidade indirecta. Superadora de xéneros, é narración, e ensaio, e inquisición. Irónica e aparentemente distante, sábese literatura e créase desde a literatura, para mostrar que as palabras, aínda sen cambiar, non din sempre o mesmo ("Pierre Menard, autor de *El Quijote*"). Borges deu carta de natureza ó pastiche, á simulación, ó falso plaxio. Recolleu vellos mitos, como o de "El Aleph" e recréaos para os proxeccionar como emblemas do noso tempo. Aínda que pareza simplemente xogar, unha fonda preocupación se descobre no fondo: o mundo como labirinto, a identidade. Como di en "Borges y yo": "Así mi vida es una fuga y todo lo pierdo y todo es del olvido, o del otro. No sé cuál de los dos escribe esta página"³.

Esta literatura que se sabe literatura e que está orgullosa de selo potencia a súa autorreferencialidade e con insistencia nos encontramos con que se noveliza o proceso de creación dunha novela, coma na tetraloxía *Antagonía*, de Luis Goytisolo. Pero ó mesmo tempo poderemos asistir á eliminación do plano fictivo, para toparnos coa novela de non ficción, que inaugura Truman

Capote con *A sangre fría*, e que ten cultivadores como Norman Mailer e en castelán García Márquez con *Noticia de un secuestro*. Por ese camiño de achegamento entre narración e xornalismo camiñará tamén Tom Wolfe, teorizador do *new journalism*, que tería ampla influencia no desenvolvemento dunha nova forma de escribir, máis sincopada, ás veces próxima ó mundo do pop, con autores como Raymond Carver ou Paul Auster.

Hoxe domina a incerteza e a confusión. Cada dous meses xorden correntes novas que pretenden leva-las novidades ó límite. A carón de escritores que non saben escribir aparece o auxe dos adolescentes, e pode converterse en éxito o diario dunha nena de doce anos. Se se pon de moda a narración étnica, pódese premiar a Toni Morrison, pero non é seguro que isto lle confira perdurabilidade. É evidente o peso dalgunhas direccións, como a da narración fantástica, con nomes tan sinalados como Calvino ou Cunqueiro. Na moi frecuentada novela histórica non sempre é doado diferenciar entre a obra de interese intrínseco e a fabricada ás carreiras con intención de *best-seller*. Se parece indiscutible un autor como Lampedusa, ¿onde colocará mañá a historia literaria a Gore Vidal ou a Umberto Eco, por non citar outros nomes máis improbables?

En fin, nesta fin de século en que semella establecerse una estraña alianza entre o 'pensamento único' do

3 Ou como acaba o poema "Límites", de *El otro, el mismo*: "Espacio y tiempo y Borges ya me dejan".

neo-liberalismo e o 'pensamento débil' de certos heraldos da posmodernidade, a literatura parece seguir gozando de boa saúde. Fronte ós laios xeremíacos acerca de que a civilización audiovisual arrasa co costume de ler, é posible pararse a pensar que antes de agora moitas outras civilizacións se basearon na imaxe, desde os asirios ó Románico e o Barroco, e nesas sociedades non lía practicamente ninguén. Hoxe, en cambio, faino moita xente, probablemente máis ca nunca na historia da Humanidade. E é posible que, a pouco que o pense, o home siga aferrado a esa estraña, curiosa e gratificante experiencia que supón dete-lo paso e suspende-la marcha da vida cotiá para ensumirse no que dixeron, con palabras que non poden ser superadas, algúns conxéneres que, plenos de experiencia e incapaces de calar, quixeron dar testemuño dunha forma de ve-lo mundo que ficou xa gravada para sempre. Iso é a literatura, e iso, probablemente, ha seguir sendo no século XXI.

BIBLIOGRAFÍA

- Bonet, J. M., *Diccionario de las vanguardias en España (1907-1936)*, Madrid, Alianza Editorial, 1995.
- Bradbury, M., *El mundo moderno. Diez grandes escritores*, Barcelona, Edhasa, 1990.
- Bradbury, M., e J. McFarlane, (eds.), *Modernism. 1890-1930*, Harmondsworth, Penguin, 1976.
- Brustein, R., *De Ibsen a Genet: la rebelión en el teatro*, Bos Aires, Troquel, 1970.
- Clurman, H., *Teatro contemporáneo. De Brecht a Pinter, de Nueva York a Tokio*, Bos Aires, Troquel, 1972.
- Eco, U., *Seis paseos por los bosques narrativos*, Barcelona, Lumen, 1996.
- Esslin, M., *The Theatre of the Absurd*, Nova York, Doubleday, 1961.
- Fusi, J. P., *Un siglo de España. La cultura*, Madrid, Marcial Pons, 1999.
- Gassner, J., *Directions in Modern Theatre and Drama*, Nova York, Holt, Rinehart and Winston, 1965.
- Gómez de la Serna, R., *Ismos*, Madrid, 1931.
- Lodge, D., *El arte de la ficción*, Barcelona, Península, 1998.
- Melchinger, S., *El teatro desde Bernard Shaw hasta Bertolt Brecht*, Bos Aires, Fabril, 1959.
- Torre, G. de, *Literaturas europeas de vanguardia*, Madrid, Caro Raggio, 1925.
- , *Historia de las literaturas de vanguardia*, Madrid, Guadarrama, 1965.
- Valency, M., *The Flower and the Castle. An Introduction to Modern Drama*, Nova York, Octagon Books, 1975.
- Valverde, J. M., *Del Romanticismo a nuestros días*, en Martín de Riquer e J. M. Valverde, *Historia de la*

literatura universal, Barcelona, Planeta, 1968, vol. 3.

Varela Jácome, B., *Renovación de la novela en el siglo XX*, Barcelona, Destino, 1967.

Vargas Llosa, M., *La verdad de las mentiras. Ensayos sobre literatura*, Barcelona, Seix Barral, 1990.

Williams, R., *El teatro de Ibsen a Brecht*, Barcelona, Península, 1975.



A PINTURA E O DEBUXO NO SÉCULO XX. O MERCADO DA LIBERDADE

*Lino Cabezas Gelabert**
Universidade de Barcelona

¿Pódese falar só de debuxo e pintura, mesmo que sexa nun balance, obviando as últimas crónicas de arte realizadas nas vésperas do ano 2000? A pregunta é pertinente ó constatar que en moitas exposicións actuais de arte se ensinan poucos debuxos ou pinturas nun panorama inzado das novas tecnoloxías e 'instalacións' de todo tipo. Se no canto de facelo cun interrogante comezamos cunha afirmación, diremos que é moi difícil tratar da pintura e o debuxo do século XX sen facermos referencia a cuestións que atanguen outras formas de arte.

Así mesmo, ¿trátase de redactalo epitafio de algo xa desaparecido ou podemos preguntarnos acerca dos elementos que manteñen a súa vixencia á marxe da inevitable evolución formal das obras? ¿Que cousas de todo o século permanecen vivas e cales quedaron relegadas de vez ó arquivo da memoria histórica?

¿Segue a ser a arte algo inquietante e molesto para a maioría? ¿Podémonos desentender, darlle as costas á

arte e descansar tranquilos afirmando sucintamente que os artistas "están a tomárho-lo pelo"? ¿Deberíamos desencantarnos polo feito de que a arte sexa un fenómeno de consumo controlado por un férreo sistema do mercado? ¿Son os valores da arte simples lanzamentos publicitarios con intereses exclusivamente comerciais?

Todas estas cuestións pódense tratar constatando que moitas manifestacións da arte actual son unha consecuencia dos antecedentes do século que deu cabo, no que o artista moderno foi case sempre un suxeito perigoso e, segundo unha expresión moi propia do período, empeñado en subverter-los máis sagrados valores da sociedade burguesa.

Nos últimos cen anos, o artista foi visto pola sociedade, entre outras cousas, como o enfermo, o desgraciado, o excéntrico, o amoral, o vagabundo, o vicioso, o solitario, o pallaso, se ben, paradoxalmente, como se afirmou respecto da obra e da dramática vida de Vincent Van Gogh, ó final, este pintor

* Catedrático de Debuxo.

no es más que un bello libro de la casa Skira, una magnífica reproducción de Braun y Compañía que pone el toque mágico, definitivo, a la decoración de una sala elegante, una película al estilo de Hollywood, una novela para lectores ávidos de extrañas aventuras, o una serie de cuadros colgados en un museo y vigilados por guardianes que los cuidan celosamente como lo que ya han llegado a ser: valores, mercancías, objetos que desencadenan la voracidad de los especuladores, de los millonarios¹.

É, sen dúbida, un final sorprendente e inxusto para a vida de Van Gogh, cortada co suicidio e que foi



Figura 1. Prospecto do filme *O tolo do pelo vermello*, baseada na biografía de Van Gogh.

unha odisea interior e unha das aventuras humanas e artísticas máis importantes dos tempos modernos; poucos segundos antes de morrer Vincent, sen indicio ningún de redención, dicíalle ó seu irmán Theo: “Fracasado unha vez máis... A miseria non acabará nunca”.

A propia crónica da arte contemporánea é, en gran medida, unha historia de luces e de sombras que inclúe loitas, incompreensión, condenas e algunhas persecucións que mobilizaron moitos medios na súa contra, tanto espontáneos coma organizados.

ARTE DEXENERADA

Nun dos episodios máis coñecidos, a estratexia propagandística do Terceiro Reich inaugurou en Múnic, o 17 de xuño de 1937, coa asistencia do propio Hitler, a coñecida exposición *Entartete Kunst* (Arte dexenerada), que sería visitada por 2.009.899 persoas. Na mostra recollíanse seiscentas cincuenta obras de cento doce artistas que representaban o cubismo, o expresionismo, dadaísmo, abstracción, etc.; unha mostra significativa das vangardas históricas que o Terceiro Reich quería ridiculizar².

Como confrontación a esta exposición, podíase visitar paralelamente en Múnic outra mostra organizada tamén polo réxime nazi, a *Große Deutsche Kunstausstellung 1937* (Grande

1 Fayad Jamís, “Introducción”, *Cartas a Theo*, Barcelona, Barral, 1971, pág. 9.

2 Berthold Hinz, *Arte e Ideología del Nazismo*, Valencia, Fernando Torres, 1978, pág. 147 e ss.

Exposición de Arte Alemana). Aínda que só foi visitada por unha terceira parte do público que asistira á anterior, tivo a súa continuación noutras sete exposicións entre 1937 e 1944. O propio Hitler interveu coa súa censura na selección das obras, e

no discurso de apertura da segunda exposición afirmou: “mi deber era pues, trazar una línea rigurosa y asignar al nuevo arte alemán el único papel que puede jugar, obligándole a seguir el camino indicado”³.



Figura 2. Goebbels e Hitler visitando no ano 1937 a exposición de Arte dexenerada.

As dúas exposición de Múnic celebrábanse só un mes máis tarde da Exposición Internacional de París, onde se lle mostraba ó público o *Guernica* de Picasso, unha pintura considerada por moitos como a obra máis importante de todo o século vinte. O cadro fora encargado polo Goberno da Segunda República española, que se enfrontaba no ano 1937 contra ó levantamento militar que orixinou a Guerra Civil. A pintura foi exposta no pavillón

español da Exposición Internacional de París no mes de xuño dese mesmo ano.

O Goberno pretendía dar a coñecer naquela mostra os ideais democráticos e progresistas da República, postos en perigo polo levantamento armado. O tema elixido por Picasso foi o bombardeo alemán sobre a poboación civil da vila de Guernica, unha cidade desarmada e sen valor estratéxico ningún. Picasso pintou o cadro de grandes dimensións en

3 *Ibidem*, páx. 171.



Figura 3. Cadro do *Guernica* de Picasso, 1937.

branco e negro, algo que pode evocar as fotografías das crónicas de guerra da época.

Na mesma Exposición Universal de París, os militares do golpe encabezados polo xeneral Franco, a través das xestións do cardeal Gomá, participaron representando a España de Burgos grazas a que o Vaticano, tal como lembra Alexandre Cirici,

le concedió un espacio en el Pabellón Pontificio, en el que el pintor José María Sert realizó un altar dedicado a la intervención de Santa Teresa de Jesús en la Guerra Civil española. En una piedra situada en lo alto de la esfera terrestre, Santa Teresa, asistida por un cúmulo de obispos, entre cruces desechas, lograba hacer descender del cielo un Crucifijo que aparecía volando y alargando un brazo desclavado hacia ella. El suelo estaba cubierto de cruces y muertos que levantan las cabezas y abren los ojos ante la maravilla. Este espectáculo milagroso estaba encuadrado a los flancos por dos columnas portadoras de la divisa imperial, PLUS ULTRA, y por un gran corti-

naje rojo. Por cierto que las dos columnas eran rojas y con el fondo de oro de la pintura, formaban el conjunto de la bandera rojigualda. Ello fue motivo de protesta del gobierno francés, que reconocía todavía como legítimo el de la República. Esta protesta obligó a modificar el color de las columnas, que fueron repintadas en negro⁴.

A victoria final dos militares do golpe na Guerra Civil española é unha clave para comprender a persecución e o rexeitamento das vangardas durante a dictadura de Franco, unhas vangardas que se caracterizaran por abrir un foro de debate libre que ensinase a respectar unha cultura da democracia utilizando, moitas veces, unha arte didáctica como o teatro universitario de La Barraca de Federico García Lorca. O fusilamento do poeta granadino ó comezo do golpe militar, a morte no cárcere de Miguel Hernández ou o exilio forzoso de León Felipe son a dramática mostra na poesía do destino da vangarda durante a dictadura.

4 Alexandre Cirici, *La estética del franquismo*, Barcelona, Gustavo Gili, 1977, pág. 92.

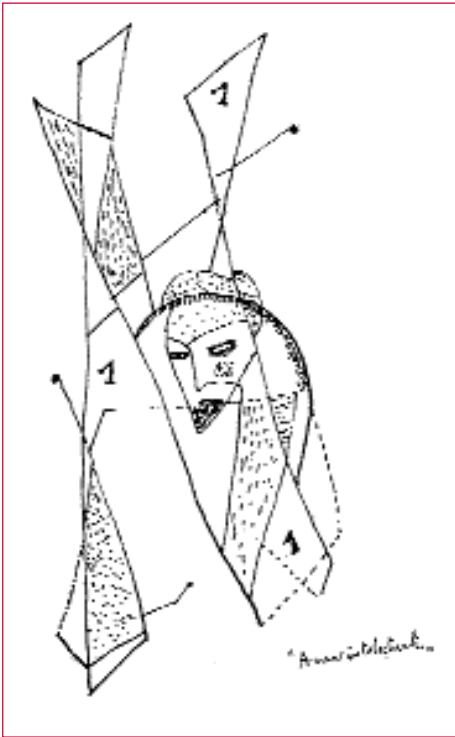


Figura 4. *Amor intellectuallis*, retrato de Salvador Dalí por Federico García Lorca, contra 1927-28 (colección particular, Madrid).

O mesmo tempo fundábase en plena guerra a Oficina de Prensa e Propaganda baixo o terror do estrafalario xeneral Millán Astray, o mesmo que berrara “¡muera la inteligencia!” na Universidade de Salamanca en presenza de Miguel de Unamuno. Finalizada a contenda, a cultura sufrirá tamén a tutela da censura da Igrexa que, desde o século XVII, non gozaba dun poder tan extraordinario.

Igualmente nefasta para a arte foi a ditadura comunista de Stalin; a eli-

minación absoluta das vangardas xa era algo totalmente consumado na URSS dos primeiros anos trinta. Aniquilouse a arte moderna a prol da propaganda. Un feito obxectivo pon en evidencia que os réximes totalitarios, non democráticos, independentemente da súa ideoloxía, proscribiron a arte de vangarda para adoptar como estilo oficial o realismo academicista.

Como consecuencia de todas aquelas circunstancias, unha vez finalizada a Segunda Guerra Mundial, as vangardas convertéronse na expresión e na linguaxe oficial das democracias vencedoras; a partir deste momento só quedaba popularizar e converter nunha arte de masas o que fora ata entón unha arte minoritaria e carente de calquera protección oficial. As vangardas fixéronse arte oficial logo de morreren.

Prodúcese un xiro radical na aceptación da arte; todo o que era subversión tórnase espectáculo; a arte xa non provoca a ninguén. Do mesmo modo que as políticas económicas deixaron o seu lugar ás economías políticas, as políticas culturais cedéronlle o sitio ó mercado da arte para convertela en espectáculo e intégrala no consumo.

Trala posguerra, desde os primeiros anos sesenta a Arte Pop representa o comezo da nova etapa na que a arte pon os seus ollos nas imaxes do mercado e a cultura de masas; o compromiso coa loita de clases e os conflitos sociais ficaran atrás. Acuñouse un concepto de industria da cultura dominado polas leis do mercado.



Figura 5. Andy Warhol, *Latas de sopa Campbell's a cuatro cores*. Serigrafía e acrílico sobre tea. Colección Sonnabend, Nova York.

Os cidadáns converteranse en consumidores, nunha era, a actual, que ve transformarse a política en xestión; a creación enténdese en termos de produción; o entendido, o coleccionista e o afeccionado deixan paso ó investidor que busca nos 'valores' da arte unha posibilidade máis de facer rendibles os cartos.

ASORIXES

Nos anos do nacemento da Pop Art xa se podía facer unha historia da transgresión dunhas vangardas que ían quedando atrás e nas que a pintura acadara a capacidade extraordinaria de incidir e modifica-las ideas e moitos aspectos da vida cotiá.

As crónicas remontan adoito ata 1863 a orixe inmediata desa capacidade revolucionaria da pintura: cando Manet expuxo no Salón dos Rexeitados de París o seu *Xantar campestre* e provocou o escándalo na crítica oficial e no gran público por representar dous personaxes contemporáneos nun tema clásico, ademais de estar realizado cunha técnica pictórica que rompía drasticamente coa tradición. En contraposición ó rexeitamento do público, agrupáronse perante el, con admiración, os novos artistas e os impresionistas considerárono como o seu mestre; comezaba así a epopea da pintura de vangarda.

Neste punto hai que recordar que o termo vangarda é imprescindible para referirse e identifica-la pintura do século XX; sen esquecer unhas conno-

tacións bélicas que fan referencia á parte dun exército que nas batallas vai diante do corpo principal.

Deste modo, as vangardas artísticas concíbense como uns movementos culturais que se anticipan ó seu propio tempo enfrontándose ás ideas e gustos tradicionais. Esta empresa conduciu e condenou os artistas a unha situación de conflito permanente, representado a través dos diferentes 'ismos' que concretan e balizan un percorrido hoxe xa remoto; unhas vangardas adxectivadas como históricas: Fauvismo, Expresionismo, Cubismo, Dadaísmo, Surrealismo e Abstracción, entre outros.

O século fina cunha situación na que as exposicións das vangardas históricas e as últimas manifestacións artísticas se converteron nun espectáculo de masas, patrocinado polos grandes centros de arte das institucións públicas e fundacións privadas. Máis cás propias obras, o interese dos medios de comunicación céntrase na repercusión pública e o fenómeno de masas entendido como espectáculo.

A cultura crítica da arte das primeiras vangardas entra moi poucas veces en colisión coa sociedade actual. A estética converteuse en economía; os museos son parques temáticos de arte idénticos ós de Disney World ou Port Aventura. Pouco importa se son obras orixinais ou reproducións, pinturas ou esculturas, arte primitiva ou últimas tecnoloxías; o público conténtase con ter estado alí sen entender ou importar case nada do que viu, agás o

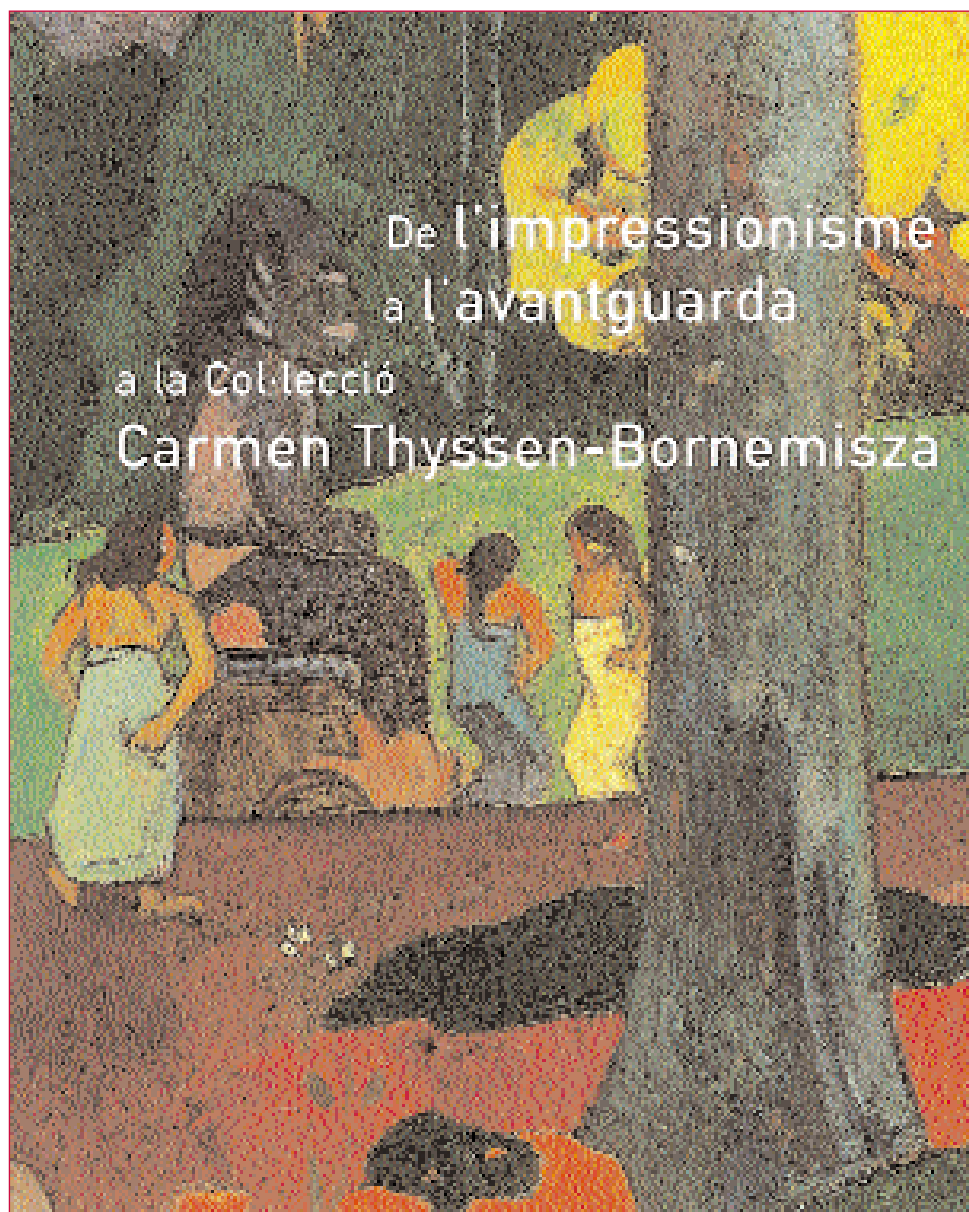


Figura 6. Folleto dunha exposición da Colección Carmen Thyssen-Bornemisza, 1999.

espectáculo dos visitantes mesmos nunha actitude reverencial e submisa ante a cultura.

PROVOCACIÓN E ESPECTÁCULO

Nos mesmos días que recibían o ano 2000, en tódolos medios de comunicación, sen ser necesariamente prensa especializada en arte, se recollían moitas crónicas do escándalo provocado pola exposición neoyorquina *Sensations*. Así mesmo, os medios de comunicación facíanse eco doutra exposición, *El arte de la motocicleta*, aberta no museo Guggenheim de Bilbao, augurándose como a de maior éxito entre tódalas celebradas ata a data no celeberrimo centro de arte.

Os dous acontecementos pódense explicar en relación co balance de todo o século que se achega á súa fin e que pretendemos abordar nestas liñas.

A exposición *Sensations* chega ás páxinas dos diarios polo escándalo e as manifestacións de repulsa representadas por uns grupos de cidadáns indignados. A diferenza desta, a exposición de motocicletas de Bilbao anúnciase como un flamante espectáculo no que participan estrelas do firmamento cinematográfico. Estes dous fenómenos arrastran os seus antecedentes ó longo de todo o século; a provocación e o espectáculo foron, sen dúbida ningunha, dúas constantes fundamentais da

cultura do século XX e da pintura en particular.

Podemos lembra-los dous acontecementos. A exposición *El arte de la motocicleta*, aberta ó público no Museo Guggenheim de Bilbao do 24 de novembro de 1999 ó 23 de abril do ano 2000 é a mesma que se celebrara anteriormente no museo homónimo de Nova York. Diseñada polo arquitecto Frank Gehry, recollía cento dez motocicletas, vehículo que, segundo os organizadores “representa una metáfora del siglo XX” e quere ser unha maneira de resaltar outras formas de arte. En declaracións á axencia EFE, “Thomas Krenn, director del museo neoyorkino, resaltó que la motocicleta incorpora mucho de los rasgos característicos del siglo que termina: la tecnología, la velocidad, la rebeldía, la transformación, el romanticismo, el riesgo, etc.”⁵

O acto inaugural en Bilbao contou coa asistencia do actor Dennis Hopper, protagonista da mítica película de “moteros” *Easy Rider* (1969). Xigantescos paneis reproducían fotogramas de películas con actores en escenas de motocicletas: Gregory Peck, Audrey Hepburn, Steve McQueen, Marlon Brando, Robert Redford e un longo etcétera.

Polas mesmas datas, despois de pasar por Londres e Berlín, a exposición *Sensations*, desataba no Museo de Arte de Brooklyn, un aluvión de recensións en toda a prensa⁶. A

⁵ Axencia EFE, 26-06-1998.

⁶ EFEDATA. Axencia EFE SA. 23-09-1999; 27-09-1999; 30-09-1999; 02-10-1999-08.00; 02-10-1999-22.48; 09-10-1999; 01-11-1999; 15-12-1999.

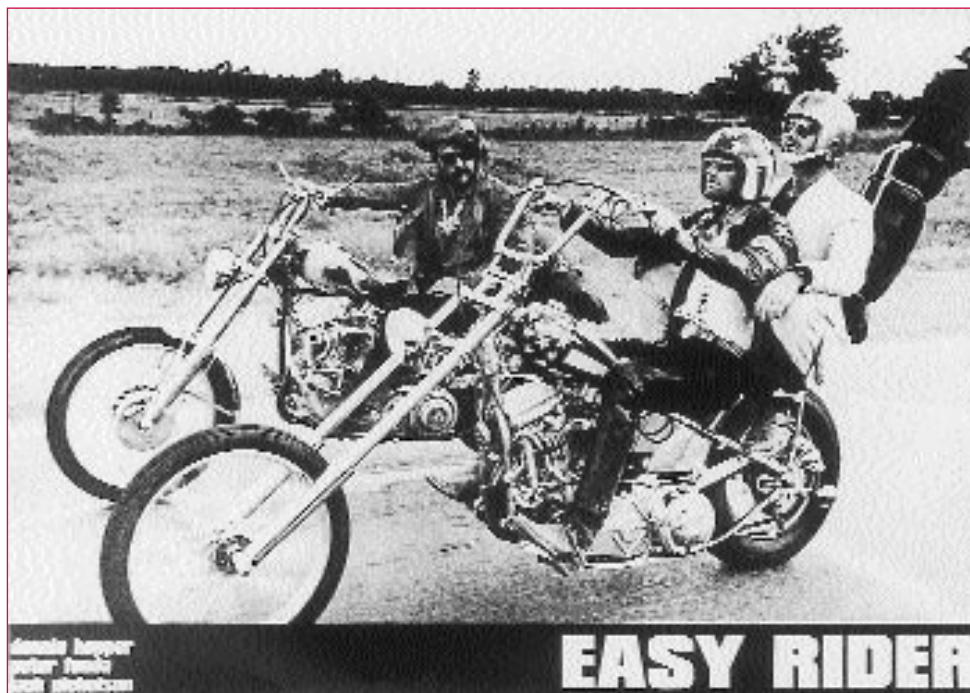


Figura 7. Fotograma da película de “moteiros” *Easy Rider* (1969).

exposición integraba un centenar de obras, entre pinturas, esculturas e traballos multimedia e incluía imaxes de animais diseccionados, esculturas corporais que amosan os xenitais ou moscas esmagadas, entre outros traballos.

Nos folletos de promoción advertíase, non sen certa ironía, “Os contidos da exposición poden causar trastornos, vómitos, confusión, pánico, euforia e ansiedade. Se sofres de tensión alta, desordes nerviosas ou palpitacións, deberás consultar previamente o doutor”.

A pesar de todo isto, semella que só o título dunha obra desencadeou a

polémica: *A Sagrada Virxe María* de Chris Ofili, unha representación da Virxe, de trazos africanos, salpicada con excrementos de elefante e elementos de carácter pornográfico.

A exposición tería pasado máis inadvertida sen a torpe e impagable colaboración dalgúns responsables públicos. O 23 de setembro, o alcalde republicano de Nova York, Rudolf Giuliani, cualificou de ‘enfermiza’ a exposición e ameazou o Museo con suspender as subvencións municipais.

Inmediatamente despois, *The New York Times* publica que o alcalde ten

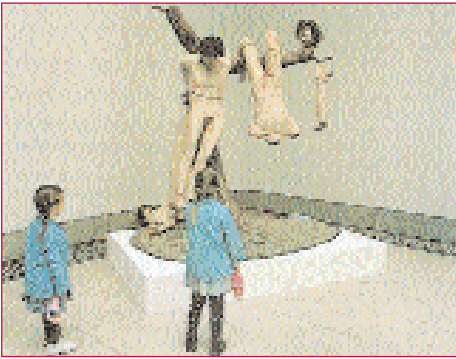


Figura 8. Exposición *Sensations* no Museo de Artes de Brooklyn (1999-2000).

dereito a denuncia-la exposición pero debe entender que a Primeira Emenda limita o que el pode facer contra a arte que desaproba.

O 27 de setembro, na catedral de San Patricio, o cardeal John O'Connor di na homilía: “Estou apesadoado polo que parece ser un ataque, non só á Nosa Santa Madre, senón á relixión en si mesma e dunha forma especial á Igrexa católica”.

Pola súa parte, o reverendo Herbert Doughtry, da Igrexa do Señor, no mesmo Brooklyn, declara: “Se o alcalde quere manifesta-lo seu rexeitamento pola exposición como cidadán é unha cousa, pero dicir que vai utilizarlos mecanismos gobernamentais para castiga-los organizadores, é algo que se achega ó dictatorial”. “Recordando a Voltaire cando dicía que aínda que non estou de acordo co que dis defenderei ata a morte o teu dereito a dicírelo, creo que se podería aplicar á arte: non entendo o que dis con esta obra pero

defenderei ata a morte o teu dereito a expresárelo”.

Nunha das pancartas dos católicos radicais que se manifestaban contra a exposición lía-se: “Hitler tiña razón cando dicía que había que se desfacer da arte dexenerada”. O 1 de outubro, *The New York Times* publicou un anuncio a toda páxina co apoio de personalidades do mundo da cultura a prol da independencia do museo, “deplorando” as intencións do alcalde neoiorquino. Un mes máis tarde, levado o conflito ós tribunais, a xuíza do distrito ordenou ó Concello restaura-los fondos ó museo, afirmando que nin o alcalde nin o Concello podían “castigar, someter a represalia, discriminar ou sancionar” a exposición. A xuíza tamén sinalaba que “non hai asunto constitucional máis grave có esforzo por parte dos funcionarios gobernamentais de censurar traballos de expresión”. “O alcalde e o Concello ameazaron cos seus actos a neutralidade que se require do Goberno na esfera da relixión”, engadía noutro momento a maiorada.

En resumo: vemos cómo nunha destas exposicións predominaba o afán de provoca-lo público e a sociedade en xeral, mentres que na outra se trataba dun espectáculo que recorda os parques temáticos de atraccións do universo de Hollywood.

Non obstante, nos postremeiros tempos do século XX deixouse atrás o aspecto de maior importancia que caracterizou a arte máis significativa da

centuria: a súa ideoloxía e a súa implicación coas loitas sociais, convulsións políticas e conflitos bélicos de toda orde, como a expresión dunhas circunstancias históricas moi particulares.

OS MANIFESTOS

Fálase de literatura artística en referencia ós xéneros literarios utilizados en distintas épocas para escribir sobre arte. As vangardas servíronse dun xénero específico: os manifestos.

Estes son, en xeral, escritos dirixidos á opinión pública nos que se expón e propón algún proxecto concreto; neles decláranse tanto as cousas que se queren como as que se rexeitan.

O seu contido acostuma conter algunha proposta de cambio social, descubríndose a débeda ó manifesto máis coñecido da historia deste xénero: o *Manifesto do Partido Comunista*, publicado por Marx e Engels en 1848.

Enraizado nesta tradición, o 20 de febreiro de 1909 o diario *Figaro* publicaba un dos máis famosos: o *Manifesto do Futurismo* asinado polo poeta Marinetti; nel, entre outras frases provocadoras, podíase ler: “Queremos glorificar-la guerra —única hixiene do mundo—, o militarismo, o patriotismo, o ademán destructor dos anarquistas, as belas ideas que matan e o desprezo da muller”.

Os irónicos e demoledores ataques á tradición e ó pasado tiñan o seu

contrapunto positivo: o mérito indiscutible de chama-la atención da arte cara á vida moderna, algo que o academismo de finais do século XIX non dera afrontado e que o poeta Baudelaire xa reclamaba no século XIX: “Un pintor, un verdadeiro pintor será aquel que consiga arrincarlle á vida moderna o seu lado épico e nos faga ver e sentir en qué medida somos grandes e poéticos coas nosas gravatas e os nosos zapatos de charón”.

No manifesto de Marinetti proclamábase:

Cantarémo-las grandes multitudes axitadas polo traballo ou a sublevación; as resacas multicolores e polifónicas das revolucións nas capitais modernas; a vibración nocturna dos arsenais e as obras baixo as súas violentas lúas eléctricas; as comellonas estacións que engolén serpes fumegantes; as fábricas penduradas das nubes por medio dos cordeis das súas fumaredas; as pontes de saltos de ximnastas que choutan sobre a coitelaría diabólica dos ríos delourados; os paquetes aventureiros que osman o horizonte; as locomotoras de poderoso peito que piafan polos carrís, coma enormes cabalos de aceiro embridados por grandes tubos e o esvaradío voo dos aeroplanos, con hélices que estralan coma as bandei-ras e coma os aplausos da multitude entusiasta.

O futurismo consideraba necesario o escándalo para crear unha nova arte onde as máquinas eran a fonte de inspiración. O *Manifesto dos pintores futuristas* do 8 de marzo de 1910, declaraba nun dos seus puntos: “que é mester varrer tódolos temas xa gastados, para expresa-lo torrente da nosa vida de aceiro, orgullo, febre e velocidade”.

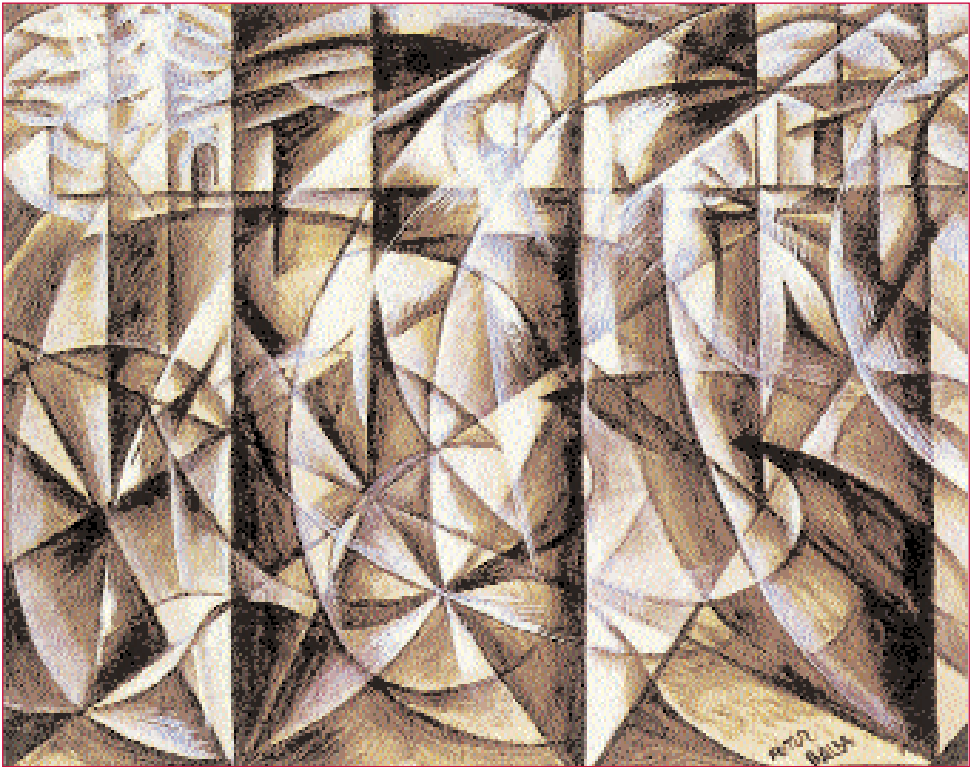


Figura 9. Giacomo Balla, *Velocidade dun automóbil + Luz* (1913). Óleo sobre papel, Museo de Arte Moderna de Estocolmo.

A RUPTURA COA TRADICIÓN E OS SÍMBOLOS DUNHA NOVA ERA

Unha das constantes nas vangardas históricas será, precisamente, a súa vontade e conciencia de ruptura co pasado, unha clave permanente durante todo o século. Ata hai pouco tempo, acordes con esta actitude, as críticas de arte continuaban enxalzando como algo bo todo o que supu-

ña romper con..., renovar..., transgredir...

A tradición, a historia e o pasado considerábanse como un lastre do que debería desprenderse o artista. A nova era precisaba e esixía novos símbolos; no ano 1922 Gropius manifestaba na Bauhaus que a súa responsabilidade era “educar homes que puidan recoñecer claramente, por seus caracteres fundamentais, o mundo en el que

viven, y crear, por medio de la unión de sus conocimientos con sus fantasías, formas típicas que representen simbólicamente su mundo”⁷.

A necesidade de novos símbolos para representa-los cambios de sensibilidade e as profundas transformacións sociais atoparon o seu acomodo na pintura abstracta, a revolución máis radical e a achega de maior importancia, desde o punto de vista formal, para a pintura moderna.

O comezo da pintura abstracta convese en datalo en 1910, cando o pintor ruso Wassily Kandinsky pintou a súa primeira acuarela abstracta. A conciencia do novo camiño da pintura está perfectamente formulada nunha coñecida definición do pintor Maurice Denis: “Recordemos que un cuadro —antes que un caballo de batalla, una mujer desnuda o cualquier otra anécdota— es esencialmente una superficie de colores combinados en un cierto orden”⁸.

A pintura abstracta rompía coa dependencia da representación visual coincidindo coa época dos descubrimentos da psicanálise e da psicoloxía do inconsciente. Kandinsky formulaba o seu “principio da necesidade interior” como un dos fundamentos básicos da arte abstracta. Como consecuencia disto, Kandinsky titula algunhas

das súas pinturas como *Improvisacións*, definíndoas como “Expresiones, en gran parte inconscientes y a menudo repentinamente formuladas, de hechos de carácter interior; impresiones, por lo tanto, de la ‘naturaleza interior’”⁹.



Figura 10. W. Kandinsky, *Acuarela abstracta*, coñecida como a primeira realizada polo artista (1910). Col. Sra. W. Kandinsky, París.

O concepto de expresión antepúñase ó de representación que fora arrebatado e monopolizado pola fotografía. A relación entre arte e fotografía é, precisamente, outra das claves para comprender unha boa parte da pintura contemporánea.

Unha forma radical de pintura será a abstracción xeométrica; nela a obra do pintor holandés Piet Mondrian alcanza unha das maiores cotas de orixinalidade no panorama xeral da arte contemporánea.

7 W. Gropius, “La vitalidad de la idea de la Bauhaus” (apuntamentos do 3 de febreiro de 1922 para unha circular ós mestres da Bauhaus), recollida en, H. M. Wingler, *La Bauhaus*, Barcelona, Gustavo Gili, 1975, páxs. 69.

8 Citado en, J. Cassou, *Panorama de las artes plásticas contemporáneas*, Madrid, Guadarrama, 1961, pág. 103.

9 W. Kandinsky, *De lo espiritual en el arte*, Bos Aires, Nueva Visión, 1956, pág. 115.

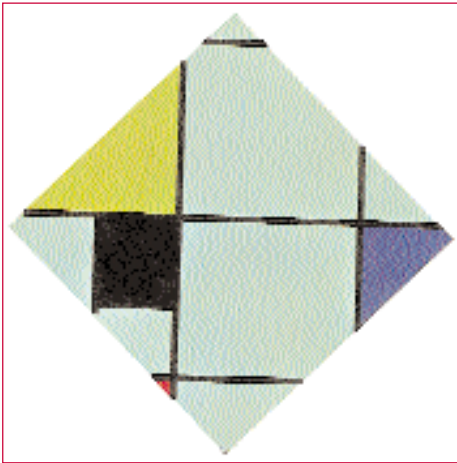


Figura 11. Piet Mondrian, *Composición diagonal*, Instituto de Arte de Chicago.

As súas obras, ademais de identificar perfectamente a estética dos obxectos e as estruturas contemporáneas, relaciónanse cunha actitude case mística de contemplación do esencial. Mondrian, igual ca outros pintores contemporáneos, escribirá as súas ideas sobre a arte. No seu texto *Realidad natural y realidad abstracta*, unha obra escrita en forma de diálogo entre un afeccionado á pintura, un pintor naturalista e un pintor abstracto, escribirá:

No debemos mirar más allá de la naturaleza sino, mejor, *a través de ella*: debemos ver más profundamente, nuestra visión debe ser abstracta, universal. Entonces lo exterior se convierte para nosotros en lo que efectivamente es: el espejo de la verdad. Para llegar a ello es menester que nos liberemos del apego a lo exterior...¹⁰

O PAPEL DO DEBUXO

Analiza-las implicacións do debuxo no decorrer dos últimos cen anos axuda a clarificar moitos aspectos da arte en xeral. Pódese lembrar que, desde o Renacemento, o *disegno* era a ciencia da arte; o debuxo —*disegno*— estaba considerado e concibíase como o paso previo e necesario para proxectar calquera obra de pintura, escultura ou arquitectura; a arte era susceptible de ser pensada e predicible e o debuxo entendíase nunha fase de estudio e preparación, como a previsión da obra futura.

Dando un xiro de cento oitenta graos, no século XX a maior parte da arte considerárase como algo de orde subxectiva, imprevisible e imposible de proxectar; o azar, a casualidade, o aleatorio, o arbitrario e o accidental son variables plenas de sentido para a nova arte. Picasso afirmará nunha coñecida frase: “eu non busco, eu encontro”. Ó artista gústalle descubrir e sorprenderse diante dos achados que non foron programados.

Nun uso voluntario desta sensibilidade, radicalizándoa, os surrealistas realizan os seus “cadáveres exquisitos”, consistentes en trazar sobre un papel con varias dobras un debuxo entre diferentes persoas sen que ningunha coñeza a achega precedente

O Surrealismo avoga por unha liberdade absoluta de inspiración que

10 Piet Mondrian, *Realidad natural y realidad abstracta*, Barcelona, Barral, 1973, páx. 22.

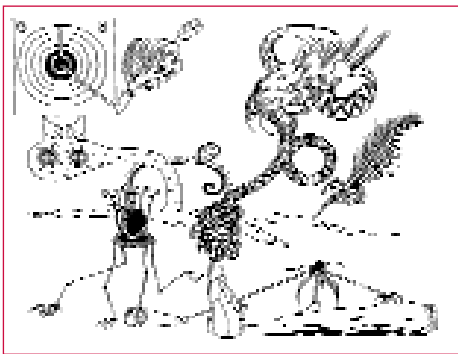


Figura 12. *Cadáver exquisito* realizado por catro persoas: Tzara, Hugo, Knutsen e Breton.

ha de xurdir do inconsciente do individuo. No primeiro manifesto de 1924, defínese o Surrealismo como “aquilo que a mente nos dicta cando se suprime todo control da razón e se deixa toda preocupación estética ou moral”.

Trala película *El perro andaluz* de 1929, en 1931, Salvador Dalí realiza a segunda película con Buñuel, *La Edad de Oro*, o mesmo ano que propón o seu método “parnoico-cítico” para integralos impulsos da libido e as imaxes oníricas na creación. A débeda de toda a arte e a poesía ó Surrealismo maniféstase no recoñecemento da absoluta espontaneidade creadora e automática que chega desde a figuración ata os graos máis extremos da abstracción.

Como consecuencia destes antecedentes, na posguerra xorde con gran forza nos Estados Unidos de Norteamérica a chamada *Action Painting*, pintura de acción ou pintura xestual, da que Jackson Pollock é o máis importante representante. El adoptou a técnica

do *Dripping* que consiste en derramar pingas de pintura sobre un soporte que moitas veces se pon enriba do chan, para expresa-lo propio acto físico de pintar na súa relación cos impulsos psíquicos do artista.



Figura 13. O pintor Jackson Pollock (1912-1956) realizando unha obra colocada sobre o chan.

A obra destes artistas xestuais enlazábase coas correntes europeas do Expresionismo abstracto, a última consecuencia da pintura expresionista dos países nórdicos. *O grito*, célebre cadro do pintor noruegués Edvard Munch, pode considerarse o emblema do Expresionismo que se manifesta no interese pola paixón e a liberdade emotiva.

Existen antecedentes: en 1907 o historiador Wilhem Worringer publicara a súa *Abstracción y empatía*, onde

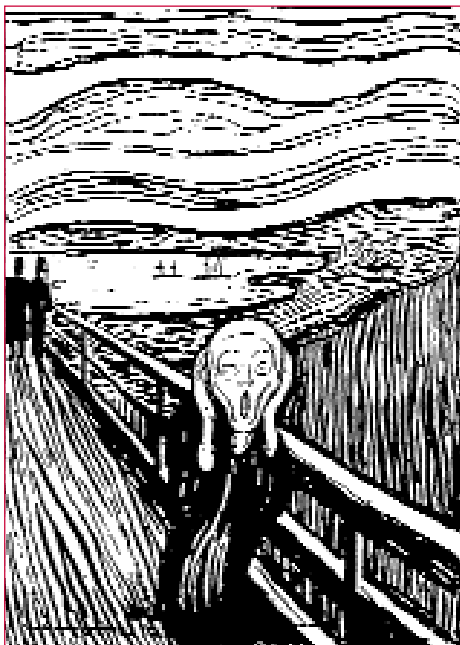


Figura 14. Edvard Munch, *O grito*, litografía de Munch en *La Revue Blanche*, 1894.

sostén que toda arte é basicamente subxectiva; é o mesmo autor que acuña, por primeira vez, a palabra 'expresionismo'.

Segundo ese pensamento, a subxectividade pódese expresar en múltiples formas: hai personalidades doces, tranquilas, violentas, neuróticas, bondadosas ou coléricas. Todos estes tipos psicolóxicos e anímicos tamén se poden descubrir nas artes plásticas. Na pintura expresionista, o denominador común é a liberdade absoluta dunha subxectividade que se denuncia apreixada por unha sociedade que a reprime e da que cada autor intenta ceibarse.

Para o Expresionismo, a subxectividade do propio individuo e a liberación contra a represión social encontra a mellor forma de expresión nas pinturas e debuxos eróticos, o descubrimento do pracer sexual e a intimidade do corpo espido. Os debuxos eróticos de nus constitúen, deste modo, un dos máis fermosos capítulos da arte de todo o século XX; entre outros moitos, os mellores e máis coñecidos son os de Rodin, Klimt e Schiele.



Figura 15. Egon Schiele, *Muller espida coas pernas recollidas*, Graphische Sammlung Albertina, Viena.

ESTRUCTURASEXESTOS

As interrogantes sobre os procesos de creación non eran, en absoluto, algo novo para as vangardas; a revisión da función do debuxo na creación artística e na súa relación coa pintura víñase formulando moito tempo atrás. Desde Cézanne, de forma explícita, na arte, a concepción dunha obra non se podía entender á marxe da súa realización; segundo el, unha expresión non podía ser nunca unha tradución de algo realizado anteriormente; para este pintor, o debuxo non é independente da pintura, “o debuxo e a pintura non son xa factores distintos; débúxase tal como se pinta: canta máis harmonía hai nas cores, tanto máis preciso se fai o debuxo”¹¹. Insistindo nestas ideas, o debuxo pasa a considerarse na arte contemporánea como algo intrínseco en tódalas obras, ou como unha obra en si mesma e non como algo instrumental, ó servizo doutra técnica artística posterior máis elaborada.

O debuxo racionaliza o concepto de estrutura na representación da natureza; nesa dirección Cézanne formula a súa coñecida sentenza: “na natureza todo está modelado segundo tres formas fundamentais: a esfera, o cono e o cilindro. Hai que aprender a pintar esas figuras tan simples, e logo poderase face-lo que se queira”. Nesta afirmación quixéronse ve-los antecedentes do Cubismo formulado por

Picasso e representado pola obra máis revolucionaria de todo o século, desde o punto de vista formal: *As señoritas de Aviñón*, pintado en 1907.

A idea de concreción e precisión do debuxo vese afectada polo concepto de acabado que tamén sofre unha transformación importante; a frase de Picasso na que afirmaba que unha obra rematada é unha obra morta, ilustra perfectamente o cambio de sensibilidade. Unha obra de arte debe evocar, suxerir; unha característica da arte contemporánea e unha idea estética que foi desenvolvida por Umberto Eco no seu ensaio *Opera aperta*, do ano 1962. Para o autor italiano a apertura é a posibilidade de múltiple interpretación dunha forma, entendendo como forma o campo dunha posibilidade. Eco afirma:

nos preguntamos con legítima esperanza si la proposición que hace el arte contemporáneo de un ejercicio continuo de la libre elección y de ruptura consciente [...] no representa un instrumento de liberación que no actúa ya sólo al nivel de las estructuras estéticas consideradas abstractamente en su evolución histórica y formal, sino al nivel de una educación del hombre contemporáneo para la autodirección¹².

Nesa busca da autoafirmación, a arte contemporánea valorou a expresividade a través do xestualismo. En moitos centros de ensino propoñíase-lles ós estudantes libera-las súas forzas expresivas e creativas, desenvolver unha personalidade activa, espontánea e sen inhibicións; pretendíase adquirir un coñecemento non exclusivamente

11 Citado por, Maurice Merleau-Ponty, “Le doute de Cézanne”, en *Temps Modernes*, París, 1946.

12 Umberto Eco, *Opera aperta*, Milán, Bompiani, 1962. Traducción española: Barcelona, Barral, 1965, páx. 127.

intelectual senón emocional. Nese comportamento expresivo primábanse os aspectos puramente motores.

En consecuencia, o debuxo tamén se vai concibir, polas súas implicacións de expresión caligráfica e autográfica, como a pegada persoal do autor. Cómpre lembrar que o termo grego *graphidos* sería o equivalente da nosa palabra debuxo, aínda que significa tamén escritura, o que pon en evidencia a orixe común da escritura e o debuxo.

A escritura non só comparte co debuxo cuestións de orde estética; a caligrafía —etimoloxicamente bela escritura— é tamén a pegada da acción física de cada individuo e recoñécese como o máis propio e irreproducíble, así como a manifestación da orde subxectiva da persoa, a marca onde se manifesta a personalidade do autor. A grafoloxía pretendería atender ese aspecto na escritura. As novas tecnoloxías van poñer en crise estes conceptos ó prescindir da acción manual directa ou deixala simplemente mediatizada.

O horizonte que se albisca para o vindeiro milenio xa é un feito presente; unha arte e unha cultura en xeral definidas pola comunicación e a información da Rede, onde o importante non é a obra única e singular, a súa exclusividade, senón a súa máxima difusión a través do número de 'visitantes' da propia Rede. Do mesmo modo que os clásicos dicían que na arte era máis importante o verosímil có verdadeiro, na sociedade actual é máis importante o acto mediático producido cá propia

realidade. O papel da Academia tradicional está ocupado por unha trama de xestores de centros oficiais de arte e os medios de difusión das imaxes. O criterio do espectador baséase na mesma información da televisión ou as revistas especializadas que difunden as imaxes.

O futuro inmediato da arte semella estar tamén en Internet; a continuación do debate sobre a liberdade na arte establecerase nel; nos seus logros e miserias a débeda con respecto ás conquistas do último século é máis ca evidente.

Como resumo de todo o dito podemos concluír transcribindo unha información do sociólogo Manuel Castells, referente a que nos Estados Unidos o Tribunal supremo protexeu con reiteradas sentencias a liberdade de expresión en Internet, algunha das cales chega a dicir que “os cidadáns teñen dereito constitucional ó caos na súa libre expresión”.

BIBLIOGRAFÍA

- Argan, G. C., *El arte moderno*, Valencia, Fernando Torres, 1975.
- Baron, S., “Degenerate Art”, *The Face of the Avant-Garde in Nazi Germany*, Nova York, N. H. Abrahams, 1991.
- Cassou, J., *Panorama de las artes plásticas contemporáneas*, Madrid, Guadarrama, 1961.

- Cooper, D., e G. Tinterow, *The Essential Cubism. Braque, Picasso & their Friends 1907-1920*, The Tate Galery, 1983.
- Gómez Molina, J. J., *Estrategias del dibujo en el arte contemporáneo*, Madrid, Cátedra, 1999.
- Huges, R., *The Shock of the New. Art and the Century of Change*, Londres, British Broadcasting Corporation, 1980.
- Hulten, P., *Futurismo & Futurismi*, Milán, Bompiani, 1986.
- Lynton, N., *Historia del arte moderno*, Barcelona, Destino, 1988.
- Rubin, W. S., *Dada & Surrealist Art*, Londres, Thames and Hudson, 1969.
- Whiting, C., *A Taste for Pop. Pop Art, Gender and Consumer Culture*, Cambridge University Press, 1997.



APUNTAMENTOS SOBRE A ARQUITECTURA DO SÉCULO XX

*José Manuel García Iglesias**
Universidade de Santiago
de Compostela

O exercicio da docencia universitaria ten, entre outras moitas satisfaccións, a de poder explicar determinadas materias que nos fan reflexionar sobre amplos campos de estudio dunha maneira conxunta. No contexto da posta en marcha da disciplina de Historia da Arquitectura Contemporánea, materia optativa do actual plan de estudos de Historia da Arte na Universidade compostelá, xurdiron, ó fin das clases dadas no curso 1999-2000, algúns 'apuntamentos' que son agora publicados nesta REVISTA GALEGA DO ENSINO co ánimo de ofrecer puntos de vista susceptibles de seren compartidos con outros docentes e estudiosos que se aproximen a esta temática.

I. A MODO DE INTRODUCCIÓN

UN MUNDO XURDIDO DA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL

As consecuencias do que xenericamente se denomina Revolución Industrial prolónganse dalgún xeito na

arquitectura do XX que, en certa maneira, vén a extrae-las debidas consecuencias dun proceso cuns efectos que se introducen na centuria aquí considerada.

En directa relación con ese proceso industrializador han de valorarse dous feitos de singular importancia. Por unha banda, o crecemento, moitas veces vertixinoso, das cidades, o que supón a realización dunha morea de construcións dentro dunha dinámica que se mantén ó longo do século XX.

Por outra, hai que ter en conta a aplicación á arquitectura de toda unha serie de novos materiais que se van incorporando, paseniñamente, á historia da construción. Neste sentido, hai que dicir que tanto a calidade dos materiais coma a súa adaptación a labores arquitectónicos xeran unha chea de ensaios. En calquera caso, debe de considerarse que a incorporación de todo tipo de inventos á concreción de edificios supón un experimentalismo que, como modo de concibi-la Arquitectura, ten, é verdade, un amplo desenvolvemento.

* Catedrático de Historia da Arte.

mento no século XIX e tamén, como non, na seguinte centuria. Así pois, nos dous últimos séculos, quen analice a historia da Arquitectura atopará moitos exemplos nos que se percibe un traballo concibido a partir de solucións non experimentadas abondo e, xa que logo, cuns resultados claramente mellorables.

O emprego, poño por caso, de vidros de notables dimensións xa desde comezos do XIX irá xerando unha nova consideración das posibilidades de ilumina-lo que a partir dese momento se edifique. Materiais como o formigón armado terán, como ben se sabe, todo un complexo proceso de ensaios que non facilitarán unha boa aplicación á Arquitectura ata despois de 1900.

Non hai que esquecer, polo demais, a importancia que tiveron diversos modos de intercambiar información dunha maneira habitual fundamentalmente a partir da segunda metade do XIX, cunha eficacia difusora que se mantivo en liñas xerais ó longo do XX. Estámonos a referir ó papel desenvolvido tanto polas exposicións universais coma por aquelas revistas e outras publicacións que formularon moitas veces, cunha certa vocación internacional, propostas sobre o presente e o futuro da Arquitectura entendida cada vez máis inmiscida nun panorama artístico xeral no que ten unha importancia maior, co paso do tempo, o concepto de interrelación das artes.

DA HISTORIA Á VIDA: O ECLECTICISMO E AS PRIMERAS CONTRIBUCIÓNS DO MODERNISMO

É ben coñecido que as últimas décadas do XIX teñen no chamado eclecticismo unha das súas formas de construír que debe de considerarse practicamente dominante. O punto de partida de todo un repertorio de estilos que se poden utilizar sen maiores limitacións producirá un tipo de cidade que medra compaxinando unha certa homoxeneidade formal e un desexado grao de monumentalización que vén da man desa 'historia' que se lle aplica á construción. Non hai que esquecer que as novas edificacións eclécticas empregan moitas veces novos materiais achegados polo proceso industrializador que contextualiza a sociedade da época.

Os moi diversos modernismos que poden estudiarse fundamentalmente en Europa, pero tamén en América, poden entenderse, xa a partir da última década do XIX, como un cambio substancial que ofrece unha determinada alternativa a ese eclecticismo dominante. Tense explicado o modernista no eido arquitectónico como unha reacción esteticista contra a Revolución Industrial e tamén contra os historicismos e os academicismos en xeral.

Desenvolverase o primeiro modernismo manifestando unha confianza destacable no emprego dos novos materiais, algo que se fai neste caso compatible cun interese notable polo que se pode subministrar ó mundo da

construcción desde as Escolas de Artes e Oficios, o cal implicará a aplicación de resultados propios de tal tipo de estudos nas obras que se levan a cabo con estas novas premisas. A valoración, igualmente, do imaxinario, do simbólico, e unha interpretación moi libre da natureza outorgan ideas e formas a unha Arquitectura modernista que fala con linguaxes distintas nos diferentes lugares en que se desenvolve.

O autóctono e tamén o exótico veñen a marcar ámbitos de interese que, pola súa condición, se afastan do que puidera entenderse como estilos históricos tidos en conta polos eclectistas. E cando entre os arquitectos modernistas nos atopamos con posibles formas vinculadas cun determinado estilo do pasado, adoitan estar tratadas cun grao de liberdade e unha carga imaxinativa tan grande que o resultado acadado pouco ten que ver co que xulgamos como interpretación dun eclectista.

Tanto ese posible punto de partida dunha valoración fundamentalmente imaxinativa dun repertorio de cariz histórico coma o seu interese polos resultados dunha arquitectura popular propia, así como esa valoración que se fai do artesanal, non deixan de ser acentos que poden ser analizados en moitas ocasións como froito dunha ideoloxía nacionalista subxacente en determinadas culturas que concentran os seus esforzos constructivos no modernismo; o caso catalán ha considerarse, neste sentido, claramente paradigmático.

2. O ACONTECER ARQUITECTÓNICO ENTRE 1900 E 1930

O RACIONAL E O IRRACIONAL COMO DIMENSÍONS DUNHA NOVA LINGUAXE ARQUITECTÓNICA

O variado panorama de solucións constructivas que poden albiscarse a comezos de século supón a concreción dunhas moi diversas tipoloxías que responden, bastantes delas, a criterios nos que imperan principios que, xenericamente, poden considerarse racionalistas e outras desenvolvidas desde posicións opostas a tales principios.

Desde ese entendemento amplo do racional deben contemplarse todas aquelas edificacións que responden xa a formas preestablecidas, moitas delas de raíz ecléctica, e tamén aquelas outras que, sen esquece-las esencias do clásico, tenden a xerar unha arquitectura nova xa pola vía de principiar un proceso de desornamentación, xa pola de profundar na configuración dun gusto novo baseado en principios fundamentalmente de orde funcional e, moitas veces, de abaratamento de custos.

Pero tamén nos primeiros compases do século existe un moderno xeito de ve-la arquitectura, que vén da man do modernismo —ou *art nouveau*—, que desenvolve agora todo un mundo formal baseado na utilización de códigos onde priman os valores do natural, a asimetría, o interese polo bo facer artesanal e un rico repertorio de posibilidades xeradoras dunha

arquitectura que tende a unha exuberancia imaxinadora de vida.

A aplicación de ornatos de condición modernista a un tipo de edificación fundamentalmente ecléctica é, tamén, unha cuestión entón considerada. En calquera caso, a existencia de dous auténticos polos entre os que move-la formulación arquitectónica pode dar lugar a moi variadas posicións que mesmo darían chegado a facerse compatibles no desenvolvemento dunha mesma construción.

Deste xeito, o racional e mailo irracional son dúas opcións que poden ter cadanseu lugar incluso no discurso do mesmo arquitecto, chamado agora, no comezo do século, a cuestionarse polo menos unha serie de supostos á hora de concibi-lo seu traballo. Que agora se pondere a conveniencia do racional, o funcional, o internacional, o orgánico debe leva-lo profesional da Arquitectura, obviamente, a preguntarse pola conveniencia de 'inventar', sinxelamente, unha maneira de facer que teña unha certa dose de novidade.

Van ser unha serie de arquitectos nados sobre 1870 os chamados a moverse entre eses dous tipos de opcións que cabe considerar desde os termos de modernismo e protorracionalismo. Así, nalgúns traballos de Charles Rennie Mackintosh (Escocia) ou de Joseph Hoffman (Austria) pódese apreciar cómo se fan compatibles solucións propias de ámbalas correntes. Tanto na Escola de Arte de Glasgow (1904-1909), no primeiro caso,

coma no Palacio Stoclet (1905-1911), no segundo, vense solucións que unhas veces se entenden desde un criterio e outras doutro. Pola personalidade de quen as formula, os resultados obtidos non deben considerarse, en absoluto, como propios dunha posición de síntese senón máis ben como testemuño dunha disxuntiva na que se encontran e que finalmente levará, dunha maneira dominante, a tomar, sobre todo, posicións a prol daquelas opcións cualificables como racionalistas.

Nalgún caso, entre esa xeración de artistas que nacen contra o 1870 pódense citar figuras claramente vinculadas ó racionalismo. Precisamente nese ano nace Adolf Loos, quen a fins do XIX se encontra nos Estados Unidos e coñece directamente as experiencias da chamada Escola de Chicago. É ben significativo con respecto ó seu pensamento a súa aseveración de que "o ornamento é forza de traballo desperdiciada e, por iso, saúde desperdiciada. Así foi sempre. Hoxe significa, ademais, material desperdiciado e ámbalas cousas significan capital desperdiciado". Estamos pois ante unha postura claramente representativa do que pode entenderse como unha voluntaria linguaxe da renuncia a prol de novos horizontes na busca dunha inédita formulación arquitectónica que o mesmo Loos considera allea ó que é propiamente unha actividade artística; neste sentido chega a expresar que "a arquitectura non é unha arte... calquera cousa que teña unha finalidade concreta está excluída do ámbito da arte...".

DOUS PUNTOS DE VISTA CONTRASTABLES: OS ESTADOS UNIDOS E FRANCIA

Nas figuras dun norteamericano, Frank Lloyd Wright (1867-1930), e un europeo, Charles-Édouard Jeanneret —Le Corbusier— (1887-1965), a historia da arquitectura do XX ten dous autores que souberon desenvolver un pensamento en constante renovación ó longo das súas traxectorias. Evidentemente, non poden subtraerse ámbalas biografías, sobre todo nos seus momentos iniciais, dunha lóxica conexión co que as súas respectivas culturas —a norteamericana e a europea— fraguaron, no que a aspectos renovadores se refire, nos últimos anos. Así, a relación entre o primeiro Wright e Sullivan é evidente, como tamén o é a dun Le Corbusier inicial co traballo de arquitectos como Garnier, Perret, Behrens ou o propio Hoffmann.

Existen, non obstante, no ambiente sociocultural, unha serie de circunstancias que animan á concreción dunha Arquitectura renovada que, en xeral, vén a considerarse como a propia xa do movemento arquitectónico moderno. A carreira imparabile dos progresos técnicos ofrece, día a día, novas posibilidades de dicción arquitectónica.

Por outra parte, vanse forxando ante o profesional da construción novas esixencias, presentadas en ocasións como novas temáticas —por exemplo, edificios de oficinas— para desenvolver, moitas veces, en tamaños antes impensados, o que, entre outras

cuestións, xesta a necesidade de novas lecturas.

Tamén, e en relación co puro exercicio da edificación, hai que ter en conta o feito de que a utilización de novos materiais supón, consecuentemente, a posta en marcha de novas linguaxes. O entendemento da reflexión no eido da Arquitectura dentro dun 'territorio' artístico de horizontes máis amplos leva os profesionais máis creativos a teren en conta as capacidades intrínsecas doutras linguaxes. É o caso da pintura, que nos primeiros compases do XX resulta tan renovadora e que ofrece, xa que logo, posibilidades ás outras artes moi dignas de ser tidas en conta.

Tense relacionado unha parte da indubidable achega de Wright co que ben pode denominarse a estética da máquina. No caso de Le Corbusier hai que destacar sobre todo as súas experiencias co formigón armado e as súas teorías urbanísticas. En ámbolos casos ha de valorarse como moi importante o peso das súas formulacións teóricas, algo que fundamenta non só a súa propia obra senón que tamén vén marcar, ó tempo, unha dirección que é tida en conta por unha parte substancial da arquitectura do seu tempo.

Contra o 1910, e co destacado papel destes dous arquitectos, comeza un tempo para a Arquitectura que algúns tratadistas consideraron desde unha óptica común que pode valorarse desde o termo purismo. Daquela, as palabras clave que se empregan nun

contexto internacional non son outras que as de ‘máquina’, ‘industria’, ‘estandarización’ e ‘planificación racional’.

Unha corrente que ten, neste momento, un especial interese na Arquitectura é a que se coñece como funcionalista. Desde este contexto alúdese ás veces a unha ‘lei do aforro’ que leva, poño por caso, a realizar edificios con teitos baixos e a emprega-lo branco na pintura de interiores. Aquela coñecida frase de Le Corbusier pola que se sinala que “a casa é unha máquina para habitar” é abondo representativa ó respecto.

A opinión de Wright, mantida nunha conferencia pronunciada por 1901 —“Arte e oficio da máquina”— manifestando unha aceptación da máquina como un instrumento importante no proceso do deseño é, tamén, sumamente significadora dun novo talento. Que sinale, polo demais, a sinxeleza como un obxectivo é, así mesmo, obviamente característico. Marca, neste aspecto, para o labor do arquitecto, posicións paralelas ás dun Cezánne —que considera a natureza mediante o cono, o cilindro e a esfera—.

Le Corbusier supón tamén un novo modo de entende-la forma de construír. As súas consideracións sobre o papel da columna ou do piar sobre a independencia funcional do ‘esqueleto’ e do muro, a súa interpretación do que chama o ‘plan libre’ e a ‘fachada libre’ ou a súa valoración da terraza-xardín presentan alternativas que moitos



Le Corbusier-Ch. Jeanneret. Villa Savoye, 1928-1930, no seu estado actual.

arquitectos terán en conta tras ser exemplarmente interpretadas en edificios como a denominada Villa Savoye, en Poissy (1928-1930).

POLASSENDAS MARCADAS A PARTIR DE NOVAS PREMISAS ESTÉTICAS

Como é fácil supoñer, por moi importantes que sexan os seus respectivos legados, os exemplos de Wright e Le Corbusier han integrarse, á hora de ser debidamente valorados, nun contexto no que existen múltiples alternativas na busca da renovación. Son especialmente representativas do grao de inquedanza e da heteroxeneidade da época as que se desenvolven en Alemaña, sobre todo desde a Bauhaus, en Italia —co movemento futurista—, en Holanda —co suprematismo— e en Rusia, onde ten un particular interese o suprematismo.

En todos estes casos atopámonos con movementos que son, ante todo, esculcadores de futuro.

A importancia que poden te-los procesos de industrialización analízanse así, sobre todo, nunha Alemaña na que o xurdimento da Bauhaus ha entenderse como un lóxico desenvolvemento do Werkbund. En relación co dito centro deben valorarse as figuras de Walter Gropius, nun primeiro momento, e de, case ó tempo, Mies van der Rohe —tamén, máis tarde, á fronte da Bauhaus—. Hai que dicir que as súas premisas non xorden, nin moito menos, nun panorama homoxéneo. A obra de arquitectos como Eric Mendelson, tan próximo a posicións expressionistas, marca a existencia de alternativas certamente importantes.

Tras un primeiro período da Bauhaus en Weimar, entre 1919 e 1927, no que as posicións mantidas veñen a ser continuadoras das posicións revolucionarias de William Morris e do que supón o movemento inglés Arts and Crafts, virán, xa en Dessau —sede desta institución ata 1932— novos tempos nos que se marcan formulacións certamente salientables; por exemplo, que se entenda formalmente que baixo o coidado do arquitecto han fundirse tódalas artes, outorgándolle unha gran relevancia ó práctico. Cambia-lo uso do proxecto polo do apuntamento e o traballo en equipo como fórmula de traballo supón tamén novos fitos destacables; as propostas dos electricistas, dos enxeñeiros e dos sociólogos, entre outros, téñense agora moi en conta no desenvolvemento dun traballo que coordina o arquitecto.

Coa difusión dos gustos que propugna a Bauhaus iranse incorporando ás construcións o emprego do aceiro cromado, do aluminio, as luces indirectas, o vidro, os materiais plásticos. As obras resultantes asumirán, por outra parte, valores propios da produción industrial e tamén da puramente artesanal; e deste xeito, se a industria chega cantidade, na artesanía enténdese estar representada unha calidade tamén moi valorada.

Que se busque a sinxeleza non quere dicir que non realizado se recoñeza como válido calquera resultado. Son ben coñecidas, neste sentido, as opinións de Mies van der Rohe, quen ó tempo que fai uso do principio de “canto menos, máis” aludindo á nobreza do proxecto en función do seu menor número de liñas, sinálanos que “o edificio ha de empezar por estar ben aparelado”, dándolle valor así ó traballo do albanel e o propio doutros oficios. O pavillón alemán na exposición de Barcelona de 1929 é unha obra ben significativa das ideas que, sobre arquitectura, lle interesan a este arquitecto.

O futurismo supón a alternativa máis creativa que ofrece a Italia destes anos. O voceiro deste movemento é Filippo Tommaso Marinetti, quen eloxia afervoadamente os resultados da tecnoloxía moderna.

En Antonio Sant’ Elia (1888-1916) ten a Arquitectura o principal impulsor do pensamento futurista. Entende este movemento como positiva a imaxe dunha cidade na que prime o ruído e a

contaminación, na que a vida urbana conviva coa industria enaltecendo de forma apaixonada a valoración da máquina.

O neoplasticismo, pola súa parte, desenvólvese a partir de Holanda. Na súa posta en marcha é determinante a asociación De Stijl e, polo que se refire á Arquitectura, a figura máis senlleira é Gerrit Thomas Rietveld (1888-1964). A súa principal obra —a Casa Schröder, en Utrecht, 1924— pode considerarse como testemuño relevante do proposto pola propia De Stijl no seu segundo manifesto, que se data en 1923. Nel afirmábase: “En estreita cooperación examinámo-la arquitectura como unha unidade plástica composta de industria e tecnoloxía e establecemos que, como resultado, naceu un novo estilo”.

A proposta rusa dun maior interese é a denominada suprematismo. Kasimir Malevich é o seu principal representante. É sobre 1924 cando, desde as súas premisas, se cuestiona o seguinte: “o carro, o arado primitivo, o cabalo, a casíña de campo, a pintura de paisaxe, as estatuas da liberdade, os arcos triunfais, as fábricas de alimentos e, por riba de todo, edificios de estilo clásico... todo é eclecticismo se se mira desde a idade do avión e da radio”.

Dende ese talante, toda unha nova xeración —os irmáns Leonid (1880-1933) e Victor Vesnin (1882-1950), Konstantin Melnikov (1890-1974), Jaskov Chernikov (1899-1951)— trata de inventar unha Arquitectura realmente nova procurando forzar ó máxi-

mo as súas posibilidades creativas e empregando tódolos logros que poñían nas súas mans os avances tecnolóxicos.

ESPAÑA

Arquitectos como os galegos Antonio Palacios e Antonio Flórez inician na Arquitectura española un achegamento ás linguaxes propias do XX. Polo que se refire ó primeiro, apréciase nalgúns detalles do Palacio de Comunicaciós de Madrid (1904-1918) unha certa aproximación á arquitectura de Otto Wagner. Polo que respecta a Flórez, manifesta na concepción da Residencia de Madrid (1911-1915) unha depuración formal que expresa a partir dunha boa e simple utilización do ladrillo; o resultado acadado foi entendido polo propio Walter Gropius como un claro expoñente do novo funcionalismo.

Xa na segunda década do século, arquitectos como Casto Fernández Shaw Iturralde, Luis Gutiérrez Soto e José Manuel Aizpurúa ocupan un lugar destacado entre os que formulan desde algunhas das súas obras claros nexos coa vangarda europea.

Fernández Shaw fai uso na estación de servicio para Petróleos Porto Pi, en Madrid (1927), dunha imaxinación moi destacable e consegue unha solución próxima ás achegas futuristas. En tanto que Gutiérrez Soto, en obras como o Cine Europa (Madrid, 1928), propón no recanto que edifica unha construción en curva que, con razón,

se ten relacionado coa arquitectura de Erich Mendelsohn e Richard Neutra.

E canto a Aizpurúa, hai que lembrar que ó levanta-lo Club Náutico de San Sebastián (1928-1929) leva a cabo unha obra claramente vinculable ó espírito e as formas de Le Corbusier.

Tamén cabe incluír neste mesmo contexto a Manuel Sánchez Arcas e a Luis Lacasa Navarro, os autores do Hospital Clínico de Madrid (1928-1936), claro expoñente do interese de ámbolos arquitectos polas alternativas xeradas en Alemaña; a Bauhaus pode ser evocada, como non, desde unha obra como esta.

3. NOVAS DISXUNTIVAS XURDIDAS ENTRE 1930 E 1960

O AMERICANO

A crise económica de 1929 pode ser entendida, desde o plano da Arquitectura norteamericana, como o momento no que se levan a cabo determinadas reformulacións dignas de ser tidas en conta.

Se algúns edificios como o Chrysler Building (1929) é aínda unha construción amante do luxo, os materiais refinados e cunhas premisas que cabe vincular co *art déco*, como unha solución substancialmente alternativa ó tipo de rañaceos citado hai que sinala-la construción do Rockefeller Center, tamén en Nova York. Neste caso empeza a prima-la idea de procurar

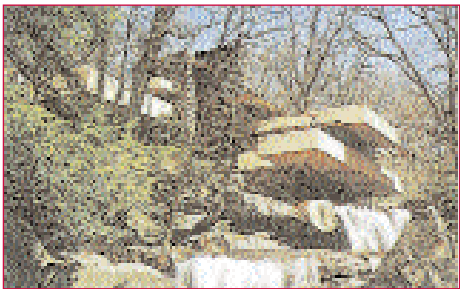


Willen van Alen, Chrysler Building, 1927-1930, vista xeral e detalle do remate.

baixos custos sopesando axeitadamente as cuestións relativas a planificación e deseño (1929-1935).

Canto ós arquitectos, debe considerarse a figura de Frank Lloyd Wright como fomentadora tamén de cambios substanciais que se levan a cabo, precisamente, nestes anos. Xa no traballo que realiza para as oficinas administrativas da Johnson (Racine, Wisconsin, 1931-1939) manifesta un singular interese polas formas curvas que xeran, neste caso, un tipo de obra que se aproxima ós postulados organicistas.

É por 1936-1937 cando Wright levanta a denominada Casa da Cascada,



F. LL. Wright, Casa da Cascada, 1936-1937.

en Bear Run, Pensilvania. Chama aquí a atención a valoración da natureza na que se inmisce; o uso ó tempo de placas de formigón e de pedra sen pulir sinalan, así mesmo, unha determinada intencionalidade á hora de configura-la obra.

A planta redonda e a sección baileira dan lugar a unha arquitectura de valores abstractizantes no caso concreto do Museo Guggenheim, en Nova York (1946-1959). O modo en que Wright trata o problema arquitectónico propicia un revolucionario espacio para un museo no que a propia rampla que articula os distintos niveis se converte en axeitado ámbito para a arte asumindo funcións propiamente expositivas.

Mies van der Rohe asenta nos Estados Unidos tras deixar Alemaña. O seu papel vai ser relevante na configuración da arquitectura deste gran país. A consecución de estruturas nas que teñen unha importancia grande os pórticos así como a solución das fachadas a través de superficies acristaladas continuas deron corpo a un ideario que

Tafuri denominou “linguaxe da ausencia”.

Tamén a arquitectura de Eero Saarinen (1910-1961) resulta claramente significativa das contribucións que se fan desde América neste momento. Entre os seus traballos atópase a pista de hóckey David S. Ingalls Hockey Ring da Universidade de Yale (1956-1959). É esta unha obra típica do movemento organicista caracterizada pola súa planimetría elipsoidal, a súa cuberta de grandes superficies cambadas e pola maneira de aplica-lo formigón a este tipo de formas.

O EUROPEO

O uso do formigón armado ensamblado a grandes obras públicas vai ter un desenvolvemento moi importante neste momento. Así, Robert Maillart (1872-1940) leva a cabo obras tan clarificadoras ó respecto como a Ponte sobre o Schwandbach, no Cantón de Berna, unha ponte estrada en trazado curvo na que se elimina todo aquilo que non fose estrictamente funcional, outorgándolle, deste xeito, os máximos valores á estrutura.

O movemento moderno que se desenvolve nestes anos ten, por outra parte, en Le Corbusier unha referencia fundamental que supera, pola dimensión da súa obra, o ámbito propiamente continental. Este arquitecto, como Wright, é unha constante fonte de solucións novas, capaces de xerar camiños distintos. O seu *Unité d'habitation*, en Marsella (1947-1952), achega un bo



Alvar Aalto, Villa Mairea, vista xeral do volume exterior.

número de vivendas asociadas a unha planta comercial. Desenvolve aquí, polo demais, a idea de 'deitar' un rañaceos deixando debaixo del unha ampla superficie transitable, xa que a masa do edificio está sostida por pesados soportes. O feito de concibi-la sala de estar das vivendas como espazos ós que lles corresponde unha dobre altura proporciónalle outro aspecto novo a esta construción se se ten en conta que estamos ante unha arquitectura pensada asumindo a idea de achegar desde unha única obra un bo número de espazos dedicados a habitación.

En Alvar Aalto (1898-1976) ten Europa posiblemente o seu expoñente no mundo da Arquitectura máis inno-

vador desta época. O seu interese polas formas cambadas, a súa valoración de moi diferentes materiais —entre outros, a madeira—, a súa moi atenta avaliación dos problemas constructivos xurdidos fan del un profesional moi destacado. Unha obra como a denominada Villa Mairea resulta ben representativa dun organicismo nórdico preocupado, neste caso, por adapta-la construción ós gustos —progresistas e de tendencia utópica— dunha familia en concreto, ó tempo que vincula coiadadosamente o edificio en cuestión ó marco natural, boscoso, no que se integra.

Polo que respecta ó ámbito italiano, arquitectos como Giuseppe

Terragni e Ignacio Gardella moveranse, sobre todo, dentro dun racionalismo renovado. Na chamada Casa do Fascio (Como, 1932-1936) a estrutura de formigón coa que se articula o conxunto imprímelle un aspecto ó tempo austero e vigoroso, non exento dunha certa forza clásica nun espírito que, con formas monumentalizadoras, será o propio da Italia de Mussolini.

Na Alemaña de Hitler tamén será característico o desenvolvemento dunha arquitectura de formas tardoclásicas. A Adolf Hitler-Platz concibida por Wilhelm Kreis (Dresden, 1942) resulta, nese sentido, o mellor exemplo.

Xa nun momento posterior, tamén en solo alemán, cabe salientala importancia da obra de Hans Scharoun. No seu Auditorio da Filharmonía de Berlín faise unha sabia integración do expresionismo e o organicismo a través dunha obra na que prima o criterio de *centralidade* desenvolvido dun xeito certamente complexo.

O CASO HISPANO

O inicio da Arquitectura española no segundo tercio do XX está cheo de signos alusivos ó interese por involucra-lo noso panorama estético na modernidade. O edificio Carrión (Madrid, 1931-1933), levantado por Luis Martínez Feduchi e por Vicente Eced Eced, supón levar adiante unha obra na que está patente a preferencia polas formas aerodinámicas. Aínda está presente un código ornamental vinculable

ó *art déco* neste edificio plurifuncional e no que chega a usarse un tipo de viga de 31 metros de luz de procedencia alemana.

Polo que se refire a Cataluña, hai que ter en conta a relevancia que ten nos anos trinta a figura de José Luis Sert. En colaboración con Josep Torres Clavé, leva a cabo a chamada Casa Bloc (Barcelona, 1932-1936), unha obra desde a que cabe facer determinadas referencias a Le Corbusier, dentro dun espírito que intentan poñer de moda grupos como o G.A.T.E.P.A.C. e revistas como A.C.

Co triunfo do réxime franquista a Arquitectura española tende a adquirir formas propias dos réximes fascistas, fundamentalmente nas obras levantadas por iniciativa oficial. Como expoñentes senlleiros destes novos ideais pode citarse o Arco de Triunfo, na Moncloa (Madrid, 1946-1956), realizado por Modesto López e Pascual Bravo. O tema, as súas enormes medidas, a forma en que se concibe, o honor que se lle pretende outorgar a Franco, son sumamente adoutrinadores. O mesmo cabe dicir do Valle de los Caídos (1939-1959). Neste caso Pedro Muguruza e Diego Méndez González son os responsables dunha construción na que as referencias ó escurialense son igualmente significativas, e testemuñan o interese que existe por vincula-lo español do momento ás páxinas máis excelsas da historia do país.

Haberá que agardar ós anos centrais do século para atopar en España novos indicios de conexión da arquitectura que aquí se fai con experiencias realmente modernas. Tres personalidades son perfectamente distinguibles neste aspecto. Referímonos a Miguel Fisac, José Antonio Coderch e Francisco Javier Sáenz de Oiza.

O Consello Superior de Investigacións Científicas encárgalle unha serie de obras a Miguel Fisac. A través dos ditos traballos detéctase claramente o compromiso deste arquitecto cun mundo de formas renovadoras que tamén pon de manifesto no seu moi bo repertorio de igrexas levantadas nestes anos. A que pertence ós dominicos en Alcobendas (1959) amosa ese talante rigoroso e innovador.

O Coderch deste momento ten no edificio da rúa Compositor Bach 7, en Barcelona (1958-1961), un exemplo abondo representativo. O seu modo de vitaliza-la fachada co emprego de formas angulares así como o interese que manifesta por garda-la intimidade das vivendas, pechando con persianas de *librillo*-diafragma a meirande parte dos ocos, outórganlle ó seu traballo un sentido diferenciador no contexto no que insire a súa obra.

O sentido novo que Sáenz de Oiza pretende agora involucrar nos seus traballos pode verse na fotomontaxe do proxecto que realiza para unha capela no Camiño de Santiago (1954). Por medio de formas acristaladas, nas que está subxacente o interese polas

propostas de Mies van der Rohe, desenvolve unha proposta sumamente nova que se afasta moi conscientemente das formas habituais neste tipo de construcións.

4. ASACHEGAS DO TRABALLO ARQUITECTÓNICO A PARTIR DE 1960

A partir de 1960 a chamada Arquitectura moderna deriva nunha diversidade de solucións que Jencks aglutinou, no que el entende como un sistema bipartidista, baixo os epígrafes de tardomoderno e posmoderno, chegando a valorar toda unha serie de trazos que particularizan cada unha desas dúas tendencias.

A posición posmoderna tende a considera-lo edificio como algo que hai que vincular intimamente cun lugar e unha historia concretos. O ornamento e o simbolismo van ter, desde esta postura, unha notoria importancia.

Polo que se refire ós modos cualificables de tardomodernos, ocúpanse sobre todo dos problemas, tanto de orde técnica coma máis abstractos, propios da edificación. A preocupación polo tecnolóxico, que outorga boa parte do carácter a moitas das edificacións asimilables a esta tendencia, ten para moitos arquitectos unha relevancia fundamental.

O AMERICANO

Aínda que Louis Isidore Kahn (1901-1974) desenvolvera boa parte da

súa carreira nos inicios dos sesenta, é na última fase da súa biografía cando se poden ver no seu traballo obras realmente novas. Tanto é así que, con razón, Zevi o cualificou de “vieux prodige” lembrando cómo este mestre apuntaba que “a arquitectura é unha construción meditada de espazos. Significa crear un espazo que evoque un sentimento de uso... O proxecto dun edificio lese como unha harmonía de espazos na luz...”.

Dende este modo de razoar chega a distinguir entre espazos servidos e espazos servidores. O resultado do que pode entenderse como forma kahniana tradúcese na configuración de formas esenciais, puras, desornamentadas, aínda que non exentas de monumentalidade. A través deste tipo de posición, este arquitecto practica o que é unha auténtica revisión da modernidade mediante obras como o Centro de Artes e Estudos Británicos da Universidade de Yale (1969-1970).

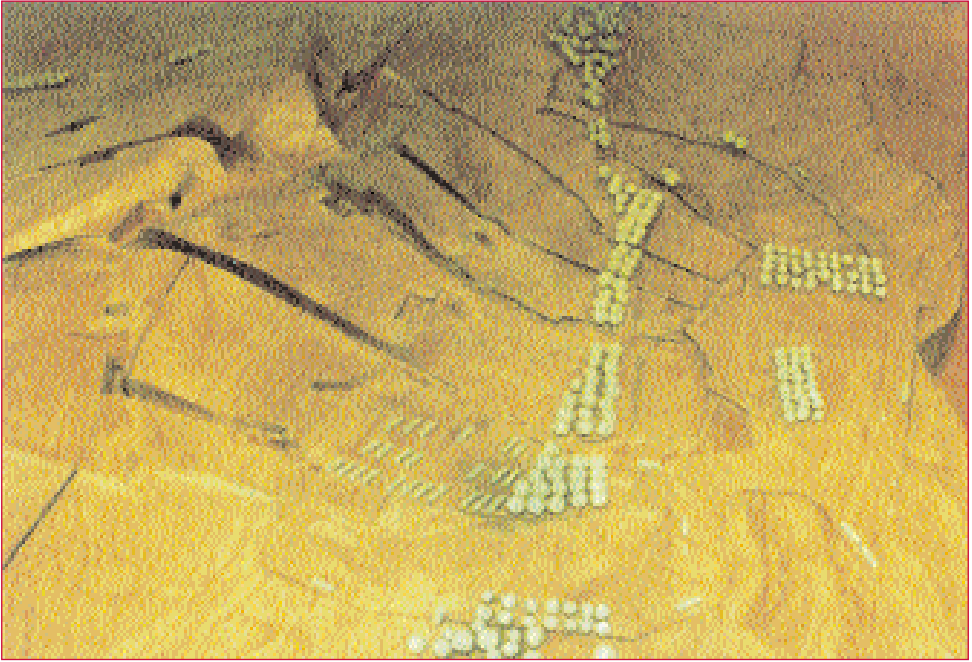
Tamén Frank O. Gehry (1929) é claramente definitorio do papel senlleiro que ten América na revitalización do panorama das alternativas no mundo da Arquitectura. É recoñecido como un moi cualificado herdeiro do último Wright. A dislocación que fai do racionalismo experimentado na problemática da vivenda familiar nun determinado momento —Familian House, Santa Mónica, California, 1978—, así como o seu interese pola abstracción e a figuración que na mesma área de traballos presenta posteriormente, exemplifican a súa capacidade creativa tan valorada

en obras como o Museo Guggenheim de Bilbao, relacionado, por outra parte, co deconstructivismo, fórmula da que participa con outros arquitectos.

Foi a partir de 1972 cando adquiriron gran notoriedade internacional os “Five Architects”. Ó lado de Charles Gwathmey e John Hejduk recóllese no libro que os valora conxuntamente o traballo de Peter Eisenman, Richard Meier e Michael Graves. Naquel momento vinculábase estes mestres cun neorracionalismo propiamente norteamericano.

Ó Peter Eisenman daqueles momentos inquietábanlle sobre todo os problemas formais nos que o raciocinio desde a xeometría tiña unha grande importancia. En certo modo entronca o seu discurso de entón con determinadas posicións de Le Corbusier e Terragni. Co paso do tempo este arquitecto chegaría a ser figura principal no ámbito do deconstructivismo. O anteprojecto que presentou para a Cidade da Cultura en Santiago de Compostela (1999) foi o elixido para ser realizado. Nun espazo un tanto afastado do núcleo urbano, sobre un outeiro, Eisenman evoca o trazado das vellas rúas compostelás aproximando a súa disposición ó formato da cunha de vieira, achegando así a idea do que vai levantar ó que, desde un plano simbólico, pode considerarse como esencia mesma do lugar para o que, neste caso, presenta o seu traballo.

Richard Meier e Michael Graves teñen puntos de partida semellantes ós



Peter Eisenman, maqueta da Cidade da Cultura, Santiago de Compostela.

de Eisenman. Tamén ha de ser moi tida en conta en ámbolos casos a contribución do purismo courbesiano e do neorracionalismo de Terragni. A partir deste tipo de conceptos Meier chega a postular-lo que pode entenderse como posta en valor, de forma actualizada, dos códigos racionalistas desenvolvidos en edificios de formas brancas como as do seu famoso Atheneum (New Harmony, Indiana, 1975-1979).

O devir biográfico de Michael Graves será substancialmente distinto. Tanto é así que a posmodernidade terá nalgúns dos seus traballos adoutrinadores exemplos. O Portland Building

(Portland, Oregón, 1980) conta cun zócolo que evoca os antigos estilóbatas gregos cun gran cubo encima sobre o que nos deixa ver as formas dunhas pseudocolumnas xigantes. A inspiración no histórico preséntase dun modo diferente buscando unhas formas acordes cos gustos dunha clientela que poden cualificarse de 'figurativos'.

O EUROPEO

A personalidade de Alvar Aalto segue a presentar alternativas interesantes nesta nova fase da Arquitectura europea. Así, en edificios como o da biblioteca universitaria de Helsinki

(1962-1969), o mestre finlandés aposta por solucións que se afastan das liñas mestras do organicismo que propiciara. Na súa ansia de levar adiante unha construción consecuente coa cidade antiga, prefire para a fachada unha solución en muro-cortina que, en definitiva, concorda con fórmulas propias de Mies van der Rohe. Xa no interior deste mesmo conxunto opta, en cambio, pola planta libre. Estamos, pois, ante un arquitecto capaz de manexarse a partir dun amplo repertorio de formas superadoras do horizonte marcado pola súa propia creatividade anterior e levar adiante, deste modo, unha arquitectura na que prime a idea de conseguila mellor solución do problema arquitectónico por riba de posibles gustos vinculados co que puidera entenderse como unha determinada posición estilística.

A oferta francesa nestas décadas foi moi variada. Curiosamente supuxo unha especie de símbolo da súa arquitectura dos setenta unha obra realizada por arquitectos estranxeiros (Renzo Piano e Richard Rogers). Referímonos ó Centro Cultural de Arte Georges Pompidou (1971-1977), que é froito da selección do correspondente proxecto entre os 681 presentados. Recoñcéronse nesta proposta valores de funcionalidade, flexibilidade e polivalencia. Estamos, en definitiva, ante unha solución relacionable, nos seus principios, ós manifestados xa na década anterior polo grupo inglés Archigram, postuladores da alta tecnoloxía aplicada á Arquitectura.

Ben distinta é, pola contra, a forma con que se deseña outra grande obra pública parisiense tan importante como a Biblioteca Nacional de Francia (1989-1995), vinculable a un Dominique Perrault que propón unha gran solución de raíz racionalista, xeradora de grandes volumes transparentes que emerxen, coas súas plantas en L cada un, como libros abertos, a partir dunha gran base común. Hai que ter en conta cómo Perrault é quen de introducir unha determinada carga simbólica nunha enorme construción sen caer por iso no anecdótico e establecendo ó tempo unha especie de ponte co que puideramos valorar como unha esencia clasicista que está implícita en boa parte da arte francesa dos mellores séculos.

Polo que se refire á contribución italiana, ten en Aldo Rossi á súa máis importante referencia. O seu proxecto para o cemiterio de Módena (1971-1984) ofrécenos, na súa simplicidade, esquematismo e emprego de elementos repetidos, facetas moi particulares dun modo de facer afín á sensibilidade surrealista, próximo, por outra parte, ó minimal e tamén ó naíf. A planificación desta arquitectura *cemiterial* evócanos, polo demais, algunhas das mellores sensibilidades da Arquitectura pintada da época dos Ilustrados e, por outra parte, conecta claramente coa escola metafísica italiana.

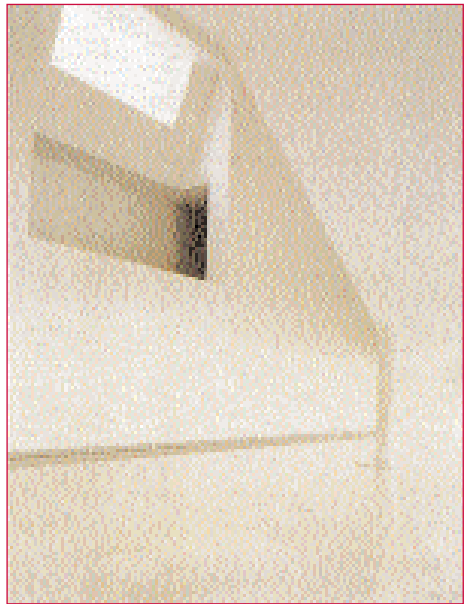
Norman Foster (1935) é quen personaliza mellor a contribución inglesa das últimas décadas ó panorama da arquitectura internacional. A súa obra

máis significativa ata a data quizais sexa o edificio da Hong-Kong&Shanghai Banking Corporation, en Hong-Kong (1979-1986). Estamos ante un magnífico expoñente da “High Tech”, xeradora dunha arquitectura na que se relacionan principios do racionalismo con outros que proveñen do organicismo, dando lugar a unha obra na que se identifican forma e estrutura. A alta tecnoloxía xerou, deste modo, o que Jencks chama “monumento supremo do tardomoderno”, ó tempo que nos recorda que foi considerada a “oitava maravilla do mundo”.

Da obra concibida desde Alemaña nos últimos anos pode resultar un bo exemplo o concurso para a Alexanderplatz de Berlín (1993), do que resultou gañador Hans Kolhoff (1946). O debate establecido xiraba ó redor de dúas posibilidades: o interese por unha nova simplicidade ou a opción por unha experimentación de carácter vangardista. Ou tamén cabería dicir que se entende que hai dous posibles camiños: un viría marcado pola aposta pola orde; o outro, polas sendas deconstrutivistas. O que se elixe é un proxecto que aposta por cuadras pechadas, rañaceos graduados e unha linguaxe, se se quere, convencional aplicada á Arquitectura.

No portugués Álvaro Siza (1933) ten a Arquitectura europea actual unha das súas voces máis significativas. O seu traballo para o Banco Pino&Sotto Maior (1971-1974), en Oliveira de Azmeis, vincula racionalismo con expresiónismo orgánico nunha construción

que se inmisce maxistralmente no lugar para o que é pensada. Esa óptima relación entre edificio e espacio adoita ser fundamental en toda a obra de Siza. Dúas arquitecturas compostelás súas —Centro Galego de Arte Contemporánea e Facultade de Xornalismo— exemplifican moi ben esta faceta tan característica da súa arte.



Álvaro Siza. Centro Galego de Arte Contemporánea, Santiago de Compostela. Detalle do interior.

O HISPÁNICO

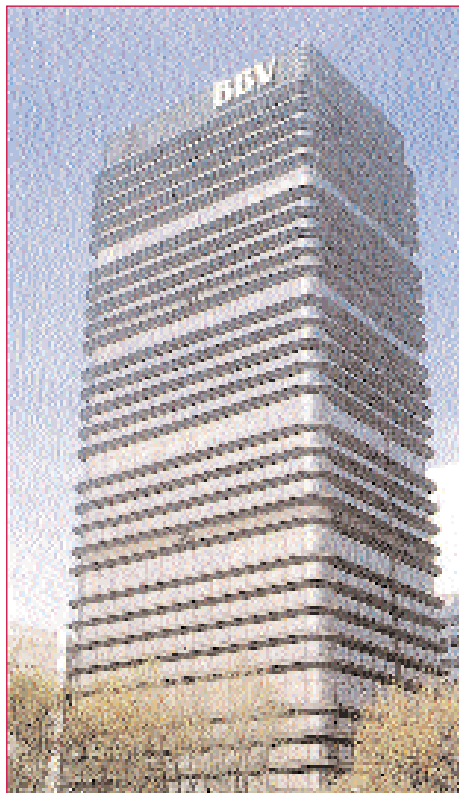
A calidade dos arquitectos españois en exercicio durante estes últimos anos colocou a Arquitectura actual nun alto nivel internacional. Entre os nados antes de 1936 cabe citar parte da obra

de Alejandro de la Sota, Francisco Javier Sáenz de Oiza e Julio Cano Laso.

O discorrer creativo de Alejandro de la Sota nestes anos lévanos desde obras de notorio interese desde o punto de vista tecnolóxico —no ximnasio do Colexio Maravillas de Madrid emprega traves ponte de vinte metros de luz— a outras que teñen valores fundamentalmente estéticos. Hai que ter en conta así o sentido de levidade que consegue imprimir no Centro de Cálculo de Caixa Postal, en Madrid, ou a simbiose de esencialidade e funcionalidade que sabe inculcar no edificio de Correos e Telecomunicacións de León.

Sáenz de Oiza levantou tamén algunhas das obras máis representativas da Arquitectura española dos últimos anos. O seu empeño en indagar camiños diferentes lévao, por exemplo, a aplicar con singular fortuna o uso do formigón no madrileño edificio de Torres Blancas, atendendo ós dictados das correntes organicistas e expresionistas. Uns anos despois, cando gaña o concurso restrinxido para levanta-lo Banco de Bilbao en Madrid, mestura dunha maneira realmente maxistral unha estrutura férrea autooxidante co vidro, conseguindo unha arquitectura certamente relevante.

Julio Cano foi tamén o responsable de importantes propostas realizadas ultimamente. Correspóndelle, poño por caso, o proxecto de síntese da Exposición Universal Colombina de 1992, en Sevilla. O aspecto próximo a un parque de atraccións en que se ulti-



Sáenz de Oiza, Banco de Bilbao, Madrid.

mou este conxunto non debe agocha-lo magnífico traballo urbanístico que amalgama unha serie de edificios projectados por outros autores, de valor moi desigual e que tiveron, moitas veces, na súa condición efémera, a razón que xustifica as solucións ás que respondía a súa factura.

Rafael Moneo, Ricardo Bofill e Santiago Calatrava deben entenderse, por outra parte, como figuras de singular relevancia entre os profesionais da Arquitectura nados despois de 1936.

Valorouse o traballo de Moneo como o propio dun arquitecto “conciso, incisivo, elegante”. Estamos, en calquera caso, ante un bo coñecedor da historia da Arquitectura, capaz de articular solucións que fan uso dos recursos que proporcionan os avances propios dos últimos tempos ó servizo dunha construción que aspira á consecución de formas afíns ó clásico. A fortaleza da súa linguaxe desenvólvese, ó longo dunha fecunda carreira, en obras tan significativas como o Museo Nacional de Mérida ou a próxima ampliación do Museo del Prado.

Ricardo Bofill é o máis preclaro expoñente da modernidade entre os profesionais da Arquitectura española. A súa traxectoria levouno desde a ten-

dencia realista que practicaba nos anos sesenta a optar pola concreción dun estilo que el recoñece como universal e que se basea en figuras como Palladio, Ledoux e Durand. As súas contribucións ó urbanismo son certamente importantes, e pódense entender algunhas delas como moi dignas sucesoras das achegas barrocas. “Les Echelles du Baroque”, en París (1983-1986), testemuña adecuadamente este tipo de propostas.

En Santiago Calatrava ten a Arquitectura española máis internacional un claro expoñente do formalismo neorgánico. A súa formación de arquitecto e enxeñeiro levouno á busca de resultados nos que o chamado a ser pura solución enxeñeril se traduce,



Santiago Calatrava, Ponte do Alamillo, Sevilla.

dada a expresividade que aplica á obra, nun resultado que pode ter, incluso, a consideración dunha escultura concibida a grande escala. A súa ponte do Alamillo, en Sevilla, ou a torre da Telefónica levantada en Barcelona presentan este tipo de consideracións.

Entre os arquitectos nados en Galicia e que desenvolveron no seu lugar de orixe a parte máis significativa da súa obra merecen unha cita específica Manuel Gallego e César Portela. A fundación do Colexio Oficial de Arquitectos de Galicia —COAG— en 1973, a da Escola Superior de Arquitectura na Coruña (1975) e a da revista especializada neste tipo de temas, *Obradoiro* (1978), han entenderse como acicates importantes para xustificala renovación que se detecta nunha parte significativa da construción levada a cabo en Galicia nos últimos anos.

Tanto Manuel Gallego coma César Portela representan un xeito de facer moi consecuente co que a súa terra maila cultura e sociedade que a vive significan. Dende este contexto, por diferentes vías, souberon facer unha obra moi persoal. Gallego parte da arquitectura popular á hora de construí-la súa vivenda unifamiliar en Oleiros (A Coruña), adaptándolle á construción de sempre compoñentes racionalistas que fan indubidablemente actual o resultado final. Noutra obra súa tan sintomática como o Museo Provincial da Coruña, entre os moitos valores que cabe salientar do seu traballo, un dos máis senlleiros é a sensibili-



Manuel Gallego Jorreto, vivenda unifamiliar, Oleiros (A Coruña).

dade coa que trata ese espazo urbano no que se insire, vinculando a súa obra á construción barroca á que se asocia e integrando todo o conxunto museístico nun ámbito urbano sumamente heteroxéneo.

Portela leva adiante unha obra que se en parte adecua os postulados de Rossi con singular criterio ó caso galego, noutras ocasións preséntanos resultados nos que a súa lectura do que ha ser unha construción intimamente vinculada á cultura galaica é altamente eloxiable. Unha obra súa como o Faro de Punta Nariga é un prodixio de adaptación a un espazo concreto e a unha función determinada. A pedra bruta na base, a fermosura do granito rosa do Porriño no torreón cilíndrico e a cabeza-lanterna en ferro fundido configuran, neste caso, unha construción realmente lograda.

5. NOVAS PERSPECTIVAS PARA UNHA NOVA ARQUITECTURA

A última centuria estableceu unha singular tensión entre o que é o punto

de partida na propia historia da construción e a adopción de novas pautas, en boa medida dictadas polas achegas que supoñen os continuos valores tecnolóxicos e, tamén, as novas necesidades que a propia evolución da sociedade implica.

Que a Arquitectura ‘funcione’ foi un obxectivo que tivo, por outra parte, moi diferentes solucións ó longo destes cen anos. O racionalismo supuxo un modo de achegarse ó problema, é verdade, pero tamén o organicismo foi un movemento que quixo ser congruente con tal obxectivo.

Dentro deste longo e complexo proceso foron moitos os arquitectos que, afastándose moi consecuentemente do que puidera ser calquera tipo de relación coa historia, si en cambio apostaron por conseguilo que se pode entender como valores eternos, ou constantes, do pasado. Por esta vía de reflexión da problemática arquitectónica moitos pretendieron arreda-los seus proxectos da anécdota en tanto que outros valoraron os resultados doutros campos das Artes buscando neles ideas susceptibles de seren adaptadas ó seu traballo.

Razón, historia e técnica están, polo demais, na base de moitas das achegas dos últimos tempos. Existen arquitectos que teñen no substrato dunha cultura clásica o punto de arranque da súa función creativa. Dende esta vía enténdese o traballo de todos aqueles que cabe cualificar de neorracionalistas. Hai outros que apostan

polos valores e polas formas da historia interpretadas á luz dos novos materiais e a adecuación ás necesidades actuais. Neste tipo de discurso recoñécese, en xeral, a posmodernidade. Por outra parte, e dentro do que uns chaman tardomoderno e outros neomoderno, pódense valorar moitos tipos de resultados; entre os máis significativos encóntranse camiños como o deconstructivista e o que os valedores da alta tecnoloxía proporcionaron.

Neste punto estamos. Como sempre, nunha encrucillada de camiños e con multitude de opcións. Un mundo cada vez máis globalizado, no que impera o poder da información, subliñará a tendencia á homoxeneidade formal entre o que hoxe entendemos, aínda, como distintas sociedades e culturas.

Pero por outra parte, aí está o peso significado por cada historia propia, polos distintos patrimonios culturais sobre os que os arquitectos han de levanta-las súas obras nas diferentes latitudes. Tamén cómpre facer mención a razóns de orde económica e xeográficas como xeradoras de diferencias ás veces desexables e outras non tanto.

Rematamos. Dende a tensión entre o global e o particular hase conforma-la Arquitectura nova. Esa dobre opción —europea e americana— sobre a que proxectámo-lo desenvolvemento da Arquitectura do XX cada vez será menos nítida. Os sucesores de Eisenman ou Graves traballarán cada vez máis fóra de América, como tamén

os De Moneo ou Siza o farán en espazos alleos ó propiamente europeo.

Pero, por outra parte, o peso das necesidades, as posibilidades económicas das que se parte, os condicionamentos xeográficos... xustifican a existencia dunha arquitectura *ad hoc*.

E dunha forma inevitable, o talento das novas xeracións de profesionais da Arquitectura seguirá tendo que proxecta-la súa obra desde o concreto sen que iso lle impida, senón todo o contrario, participar dunha sociedade máis global e facer que a súa obra tamén comparta ese espírito.

BIBLIOGRAFÍA SELECCIONADA

- Baldellou, M. A., *Arquitectura moderna en Galicia*, Madrid, 1995.
- Baldellou, M. A., e A. Capitel, *Arquitectura española del siglo XX*, Summa Artis, XL, Madrid, 1995.
- Benevolo, L., *Historia de la arquitectura moderna*, Barcelona, Gustavo Gili, 1974.
- “El arte y la ciudad contemporánea”, en *Diseño de la ciudad* 5, Madrid, Gustavo Gili, 1986.
- Capitel A., *Arquitectura europea y americana después de las vanguardias*, Summa Artis, XLI, Madrid, 1996.
- Curtis, W., *La arquitectura moderna desde 1900*, Madrid, Hermann Blume, 1981.
- Chueca Goitia, F., “El siglo XX. Las fases finales y España”, en *Historia de la arquitectura occidental*, Madrid, Editorial Dossat, 1980.
- “El siglo XX. De la Revolución Industrial al Racionalismo”, en *Historia de la arquitectura occidental*, Madrid, Editorial Dossat, 1981.
- De Fusco, R., *Historia de la arquitectura contemporánea*, Madrid, Hermann Blume, 1981.
- Frampton, K., *Historia crítica de la arquitectura moderna*, Barcelona, Gustavo Gili, 1981.
- Futagawa, Y., e K. Frampton, *Document Modern Architecture 1851-1945*, Tokio, A.D.A. edita, 1987.
- García Iglesias, J. M., *Galicia. Hacia la Modernidad*, A Coruña, Fundación Caixa Galicia, 1998.
- Giedion, S., *Espacio, tiempo y arquitectura*, Barcelona, Científico-Médica/Hoepli, 1955.
- Gössel, P., e G. Leuthäuser, *Arquitectura del siglo XX*, Colonia, Taschen, 1991.
- Hitchcock, H.-R., *Arquitectura de los siglos XIX y XX*, Madrid, Cátedra, 1981.
- Jencks, Ch., *Movimientos modernos en arquitectura, Epílogo: tardomoderno y postmoderno*, Madrid, Hermann Blume, 1983.

- *Arquitectura internacional*, Barcelona, Gustavo Gili, 1989.
- López Vázquez, J. M., e I. Seara Morales, *Arte contemporánea*, Galicia, Arte, XV, A Coruña, Hércules de Ediciones, 1993.
- Marchán Fiz, S., *Fin de siglo y los primeros "ismos" del XX (1890-1917)*, Summa Artis, XXXVIII, Madrid, 1994.
- *Las vanguardias históricas y sus sombras (1917-1930)*, Summa Artis, XXXIX, Madrid, 1995.
- Montaner, J. M., *Después del movimiento moderno: arquitectura de la segunda mitad del siglo XX*, Barcelona, Gustavo Gili, 1993.
- Navascués Palacio, P., *Arquitectura española 1808-1914*, Summa Artis, XXXV**, Madrid, 1993.
- Pevsner, N., *Pioneros del diseño moderno: de William a Walter Gropius*, Buenos Aires, Infinito, 1958.
- Ramírez, J. A. (dir.), "El mundo contemporáneo", En *Historia del Arte*, 4, Madrid, Alianza Editorial, 1997.
- Tafari, M., e F. Dal Co, *Arquitectura contemporánea*, Madrid, Aguilar, 1978.
- Urrutia, A., *Arquitectura española siglo XX*, Madrid, Cátedra, 1997.
- Zevi, B., *Historia de la arquitectura moderna, Espacios de la arquitectura moderna*, Barcelona, Poseidón, 1980.



O TEATRO NO SÉCULO XX

César Oliva*

Universidade de Murcia

1. DIVERSIDADE ESTÉTICA NA ESCENA DE ENTRE SÉCULOS

Para o teatro occidental, o principal fenómeno que presenta o século XX é a paulatina delimitación de públicos. A causa está na espléndida saúde que gozaba a escena, é dicir, na abundancia de espectadores que acudían a todo tipo de locais da época. Neles prodúcese unha pluralidade de formas escénicas definidas por dous conflitos, un social, outro literario. Comezaremos polo primeiro, pois explica de forma adecuada o segundo.

Nos últimos anos do século XIX, a burguesía, como clase próspera e vigorosa, ocupaba os principais postos da sociedade. Á súa sombra, e cada vez con maiores diferencias culturais, a obreira crecía apartada de calquera sistema educativo. Tal foi así que a burguesía, polo seu poder económico, adecuaba os seus gustos e esixencias a todo canto a rodeaba, incluída a arte

escénica. Posuidora do capital, construíu teatros da mesma maneira que moldeou a súa preferencia por comedias novas. Nelas preferiu ve-la realidade tal e como a daban os artistas de sempre, malia a ter que aturar algunhas das súas queixas. O exercicio da crítica serviulles de vacina para décadas sucesivas. Ó tempo, a clase obreira seguía atopando nas formas populares da escena o mellor xeito de ocupa-lo seu ocio. Coma en séculos anteriores, non facía falta ler nin escribir para ir ó teatro. No XIX, superada a borracheira romántica que dicía Zola¹, os escenarios brindaban unha enorme variedade de xéneros, cada un deles en locais específicos, suficientes para abastece-lo mercado.

A segunda circunstancia antes mencionada procede da adscripción da burguesía á fórmula do *realismo*², nas súas moi diversas variantes, fronte á contestación que encabezou o simbolismo decimonónico. Aínda que todos e cada un dos que se opuxeron a

* Catedrático de Teoría e Práctica do Teatro.

1 Zola [1973] di textualmente que os románticos se “embriagaron con sus propios gritos” (pág. 105).

2 Para máis precisións sobre o termo *realismo* ver Lukacs e outros [1982].

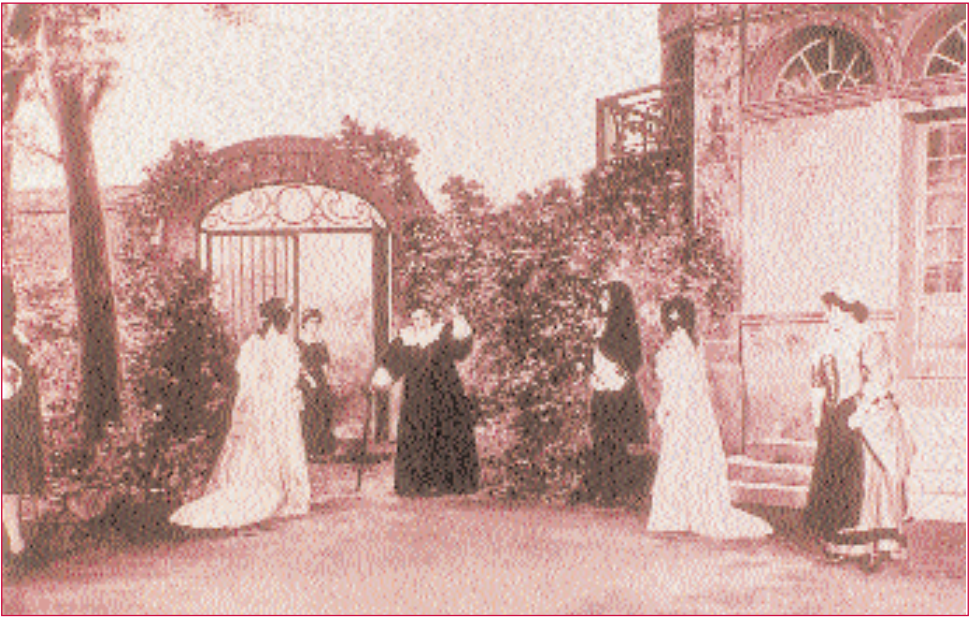
fórmulas relacionadas coa tradición (Paul Fort, Lugné-Poe, Alfred Jarry...) procedían desa mesma burguesía, principiaron liñas alternativas na consideración artística do teatro. Esa contestación alcanzou tódalas artes, de aí que os primeiros pasos ofertados tiveran sempre difíciles recepcións: estrea de *Ubu Roi*, de Jarry, en 1896, no Théâtre de l'Oeuvre, con dirección de Lugné-Poe, e escándalo incluído; primeiras reaccións ante *Plato con fruta y copa*, de Braque, con orixinal técnica de colaxe con papel, en 1912; fracaso en París de *La consagración de la primavera*, de Stravinsky, en 1913; entre outras efemérides significativas³. Así pois, as fórmulas máis habituais hainas que considerar próximas tanto ó inmovilismo burgués coma á ignorancia das clases inferiores. Non obstante, algúns dos modelos populares orixinaron brillantes innovacións, como foi o exemplo de Wedeking, que se valeu do teatro-cabaré para as súas Lulú, en *Gnomo* (1895) ou *La caja de Pandora* (1902); ou o teatro de monicreques, que celebrou o seu primeiro congreso na Praga de 1904; como a mesma zarzuela española, procedente do sainete costumista desprezado pola intelectualidade do 98.

A situación social da Europa de entre séculos viña marcada pola actividade dos movementos obreiros, coa correspondente influencia en tódalas ordes da vida pública. Bresci asasinou a Humberto I, rei de Italia, en 1900. As

revoltas sociais cubrían Europa ata chegar ó emblemático outubro de 1917. Ese alegre París de principios de século, capital cultural do mundo, sede da Exposición Universal e dos II Xogos Olímpicos, celebrou a V Internacional Socialista. Daquela oíase nun disco de cera a voz de Sarah Bernhart declamar "Ser ou non ser...". Nun dos hoteis do Barrio Latino morría un tal Halmont, que non era outro có escritor Oscar Wilde. Nese París de 1900, o valenciano Sorolla obtiña a medalla de honra de Belas Artes, mentres que outra española, a Bella Otero, triunfaba nun escenario tan popular como o do Folies Bergère, que era así descrito por un cronista da época: "Un teatro que non é teatro, un corredor onde quedas sentado, un espectáculo que non estás obrigado a ver, todo con dous mil homes fumando, bebendo e chanceando, e setecentas e oitocentas mulleres rindo, bebendo e ofrecéndose a si mesmas tan felizmente como poderías desexar".

O teatro realista elaborara un discurso que partía da proposta dunhas regras do xogo, dadas polo espectador, que debían quedar dentro da orde social na que se desenvolvían. Este teatro consistía, a grandes trazos, nunha estrutura en tres actos, na que o conflito estivera presente desde o comezo, fora completándose a través de distintas peripecias e se desencadeara de xeito parcial en cada final de acto, e de maneira total, coa última caída do pano. Ás veces, eses actos chegaban a

3 Para máis datos sobre este momento, ver capítulo XII, II. "Simbolismo y teatro total", en Oliva/Torres Monreal [1990].



Tartuffe, de Molière. Dirección: Antoine. Théâtre de L'Odéon, 1907.

catro, ou partíanse en cadros, circunstancia que proporcionaba intermedios suficientes para, por un lado, alternar nos amplos vestíbulos concibidos ó respecto; e, por outro, dar lugar a que a maquinaria substituía os pesados e detallados decorados. Entre estes, o fundamental era a sala de estar da casa, centro e eixe da vida burguesa, ademais de lóxico paso de tódolos caracteres, movidos por hábiles carpinterías teatrais. O xogo de entradas e saídas, as distintas combinacións de dialogar entre personaxes, eran a base da escritura escénica do novo modelo de comedia burguesa. Esquema que non se diferencia demasiado do establecido polo Neoclasicismo e as súas variantes

(a *pièce bien faite*), boa parte da produción de Ibsen —desde a realista á máis simbolista—, Chejov, Bernard Shaw, O'Neill e, por suposto, os españois: Galdós, Benavente e ata o propio García Lorca. En certas dramaturxias, o teatro serve tamén como acicate a un sentido nacionalista, e o realismo tín-guese de aberto compromiso social. O Abbey Theatre irlandés fundouse en 1904, e tódolos dramaturgos que por el pasaron (Lady Gregory, Synge, Yeats) estaban relacionados co conflito político xurdido da independencia do seu país. Irlanda abríase a unha poesía dramática baseada nas súas virtudes orixinais e o seu pertinaz sentido idealista. Pola súa parte, os irmáns Capek

satirizaron o talante burgués da comedia con *El juego de los insectos* (1920) e *R.U.R. (Fábrica Universal de Robots)* (1921). Era unha Checoslovaquia independente en 1918. De xeito similar, para os polacos o teatro era o gran signo de liberdade. O día despois da súa independencia, León Schiller fundaba o *teatro monumental*: unha arte dramática política, no seu contido, e popular en canto a público. Sen embargo, as súas formas escénicas estarán máis preto de Gordon Craig, do que foi discípulo, que do naturalismo imponente.



El jardín de los cerezos, de Chejov. Teatro de Arte de Moscova. Dirección: Stanislavski, 1904.

A configuración do personaxe realista antóllase imprescindible. Para o naturalismo, o personaxe era o centro e o eixe da comedia. Os autores coidaban con esmero tódolos detalles (o físico, o psíquico e ata o moral), que se describían de maneira minuciosa nas acoutacións. Stanislavski deu claves técnicas para a súa interpretación ó

falar de “la biografía del personaje establecido en los ensayos”⁴, ó longo dos cales o actor préstalle os seus brazos, pernas, o seu corpo e inspiración. Desa maneira o intérprete déixase levar polo personaxe, para non o contaminar coa súa propia realidade. A crítica da época ía advertir maiores virtudes na actuación conforme máis ‘vida propia’ encontrara en cada un dos personaxes.

Sen embargo, o realismo non contara cunha poética escénica específica, máis alá das imposibles teorías de Zola, que nunca souberon, ou puideron, poñerse en práctica. Os sistemas de interpretación e posta en escena quedaban ben lonxe da verdade perseguida. Tiveron que chegar os pedagogos rusos para empezar a solución-lo problema. O caso da estrea de *La gaviota*, de Chejov, é sumamente representativo. En 1896, cando a montaron no Teatro Alexandrine de San Petersburgo, constituíu un rotundo fracaso. Ó parecer, aqueles actores non estaban preparados para interpretar unha obra como esa. Stanislavski pediulle a Chejov que permitira a súa revisión cun elenco adestrado para esa ocasión e conseguiu que o corazón falara, que o silencio fora elocuente, que ós espectadores lles chegara unha suave melancolía, aquela resignación tan rusa dos personaxes, en opinión glosada do director. O teatro entrara nun proceso de renovación interpretativa, aínda que había tardar en chegar a outros países europeos.

⁴ Ver *La construcción del personaje*, Stanislavski [1975]. As obras completas están editadas en castelán, por Quetzal, Argentina, en cinco tomos; o último deles é *Correspondencias*, de 1986.

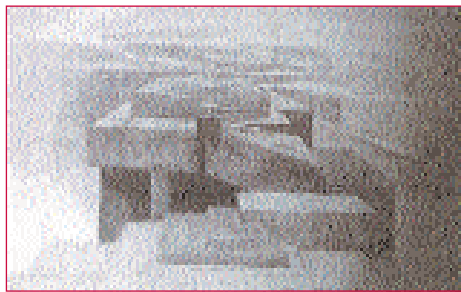
O actor seguía vivindo o ton declamatorio herdado de séculos atrás, sen que os grandes intérpretes do XIX se desprenderan de tan arraigados hábitos.

Unha nova arte, o cinematógrafo, entón ignorado como tal, había ser determinante para a modificación das estruturas interpretativas. Malia a nacer en 1895, non deu cunha linguaxe propia, máis alá da escena fotografada, ata que Griffith fixo *El nacimiento de una nación* (1915). Se ben as primeiras películas se inclinaron cara a conceptos antinaturalistas (ausencia de voz, mímica como linguaxe esencial, caracterización de arquetipos como Charlot ou Pamplinas) axiña advertiu que ía necesitar unhas formas de interpretación que deixaran anticuados os vellos excesos expresionistas. Os actores chegaban ó cine a través da naturalidade do oficio (Gary Cooper era un debuxante metido a extra de cine, Cary Grant empezara no teatro como luminotécnico, Audrey Hepburn procedía da escuridade do coro de modestos musicais, Greta Garbo era empregada nunha sombreirería de Estocolmo...) aínda que, para daquela, empezábase a acepta-la doutrina stanislavskiana; esa que se resumía na diáfana sentencia "Ama a arte en ti mesmo, máis que a ti mesmo na arte".

Non se trataba tanto de renova-la construción da comedia como de incorporar ós seus temas un novo enfoque e ata determinadas licencias de expresión. Os autores de principios de século partían dunha especial consideración social do teatro. Non é necesario

repeti-la influencia que en todos exerceu *Casa de muñecas*, pero si algúns dos efectos externos máis notables. Shaw escribiu para o teatro comedias realistas, de grande axilidade de diálogo e notable carga crítica contra as inxustizas, a hipocrísia e outras tachas da burguesía inglesa. *Hombre y superhombre* (1903) parte de formulacións evolucionistas, e *Pigmalión* (1914), aínda que elabora o mito do creador que quere dar vida á súa criatura, explica a forza que pode exercer a educación para as clases humildes. Outro irlandés, o citado Wilde, poeta que resultou maldito para o puritanismo británico, trazara o maior ataque contra a burguesía con *La importancia de llamarse Ernesto* (1895), comedia na que desenvolve tódalas convencións posibles do xénero. Perfecta adecuación das modernas teorías relativistas á comedia moderna supuxo J. B. Priestley que, con *El tiempo y los Conway* (1937) principalmente, revelou as posibilidades que desempeña o tempo dramático en relación co espazo (o público, no terceiro acto, coñece dos personaxes máis do que eles mesmos saben). Einstein conseguira o premio Nobel en 1922 polos seus estudos publicados en 1915 co nome de *Teoría de la relatividad generalizada*.

Por conseguinte, o século XX presenta a elección entre a comedia realista, renovada nos seus contidos e non nas súas formas, e unha alternativa que se chamará vangarda, en sucesivas e moi diversas caras. A pintura e a música quizais foran os marcos nos que se desenvolveu de maneira máis decisiva



Prometeo. Dirección: Jacques-Dalcrose. Decorado: Appia, 1910.

esta renovación, aínda que a súa recepción tardara en ser aceptada. *Las señoritas de Avignon* (1906), de Picasso, xurdía do Art Nouveau, movemento que se identifica en moitas das súas bases co Modernismo. En 1909 apareceu o movemento futurista de Marinetti, ó tempo que Francia asistía á primeira manifestación colectiva cubista. *Madame Butterfly* (1904), de Puccini, fracasaba en Milán, mentres que *La viuda alegre* (1905), de Lehar, triunfaba en Viena. O teatro non desaproveitaba a oportunidade de mostra-la súa cara alternativa. Jarry dera o seu grito contra o naturalismo zolesco, en 1896, xunto a Lugné-Poe e Paul Fort, enfrontándose abertamente a Antoine, a pesar da súa achega fundamental do concepto de cuarta parede. Gordon Craig lanzaba as súas ideas en *The art of theatre* (1905), mentres que Alemaña prohibíalle actuar á súa amante, Isadora Duncan. Adolphe Appia insistiu no concepto de facer un teatro teatral, que tivese

como punto de partida a convención que Zola desdenara. *La puesta en escena del drama wagneriano* (1895) deu paso á idea de espacio rítmico, matizada polo autor en *La reforma de la puesta en escena* (1904). A luz colaboraba a un moderno concepto de posta en escena, como algo vivo e cambiante, apartado das vellas e inmovilistas solucións⁵.

La interpretación de los sueños (1899), de Freud, e as secuelas subsecuentes, abrida vías para a imaxinación das distintas formulacións estéticas deses anos. A teoría do coñecemento da natureza humana a través do subconsciente latente nos soños foi ben coñecida por Nietzsche e Rainer Maria Rilke. Tamén afectou a Strindberg, que se iniciou no expresionismo con *El camino de Damasco* (1898), configurando un modelo de heroe que carece de anécdotas. O seu itinerario iníciase nos soños. A escena échese de berros, de violencia, de accións físicas. É a apertura ó futurismo e da reacción de Meyerhold fronte ó realismo de Stanislavski. As obras tenden á esquematización: chegará a máquina como símbolo máximo dunha nova concepción do mundo. Meyerhold⁶ tentaba romper de vez co convencionalismo do teatro burgués. Para el, a escenografía non podía enganar na súa imitación da realidade. A súa idea de *convención consciente* aclara definitivamente os seus principios anti-naturalistas. Propuxo o “punto de ironía dunha situación” que desemboca

⁵ Estes e outros creadores da época están amplamente estudiaados por Bentley [1976].

⁶ En España ofrecéronse os seus textos máis significativos en dous volumes, Meyerhold [s/d] e Meyerhold [1972].



El inspector, de Gogol. Dirección: Meyerhold. Teatro Meyerhold, 1926.

no constructivismo. O seu problema foi, unha vez máis, poder contar con actores preparados para o efecto. De novo a teoría ía demasiado por diante da práctica, ó contrario do que sucedeu no clasicismo.

Se a liña imaxinativa na plástica —lonxe do modelo figurativo que romperan os pintores parisienses de entre séculos, e que Picasso ratificaría unha vez si e outra tamén— se multiplicaba en innumerables *ismos*, a música non había ficar atrás nesa carreira en dereitura ó imaxinativo. Debussy estreaba *El martirio de San Sebastián* (1911) ó tempo que Richard Strauss facía o propio con *El caballero de la rosa* (1911), en Dresde. Niyinsky presentaba en Francia o *Preludio a la siesta de un fauno* (1912), de Debussy, mentres que Stravinsky fracasaba no seu primeiro intento parisiense de dar a coñecer *La consagración de la primavera* (1913). Por aquel entón, o teatro musical consolidárase como primeira forza teatral nun incipiente Broadway neoirquino. *Peter Pan* (1905), de James M. Barrie, foi un

dos seus éxitos pioneiros (con 263 representacións) e Zeigfeld Folies encontraba unha atractiva combinación de música e baile. Entrementres España daba dous compositores de categoría internacional, Falla e Granados. O primeiro, co seu sorprendente *El amor brujo* (1915), mentres que o segundo estreaba *Goyescas* (1916) en Nova York.

Nesta liña de busca de novas formas, Maeterlink presentaba en Bruxelas *El pájaro azul* (1908), Lugné-Poe estreaba *La anunciación de María* (1912), de Claudel, e Copeau inauguraba o Vieux-Colombier (1913), respectuoso pero firme grito contra o naturalismo de moda. Isadora Duncan seguía actuando polos escenarios europeos unha sorte de danza rítmica non culminada por poses estáticas codificadas. As vangardas principiaban o seu baile particular con supostos estéticos non recoñecibles máis que por uns poucos iniciados. Entre aquelas cabe cita-las experiencias de Apollinaire, Mallarmé, Villiers de l'Isle Adam ou Maeterlink. Só Claudel soubo conectar cun público real, a pesar dos seus supostos simbolistas. Outras alternativas contra a onda da convención habían vir de países sen tradicións teatrais.

2. A INFLUENCIA DA PRIMEIRA GUERRA MUNDIAL

A Primeira Guerra Mundial supuxo un impulso e, asemade, un freo ó desenvolvemento das anteriores

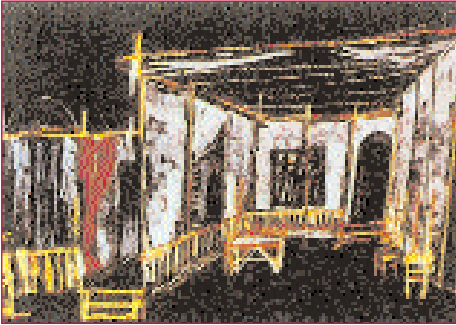
tendencias escénicas. Impulso porque os movementos artísticos proliferaron de xeito extraordinario, en sucesivas formas que agredían as distintas opcións do vello realismo. Freo, xa que ningún deses impulsos chegou ó fondo da cuestión: substituí-las vellas estruturas da comedia convencional. Esta continuaba cun formidable desenvolvemento, pois asumía as novidades máis permeables da innovación, aquelas que eran do agrado dun público cada vez máis estratificado. Por outro lado, os horrores da Gran Guerra abríron o camiño cara á frivolidade e o desexo irrefreable de pasalo ben. América empezou a importar novos ritmos e bailes que axiña pasaron ós escenarios de Europa. Mentres, o cine buscaba voz. En 1927, *El cantor de jazz* converteuse na primeira película sonora, aínda que Al Jolson, pouco ou nada dado á práctica do novo ritmo, maquillado de negro representaba a imaxe da intolerancia racista.

Atopámonos cun período no que: 1) o progreso industrial chegaba ó teatro mediante avances técnicos que revolucionaban a vella maquinaria escénica; 2) consolidábase a figura do director de escena, como grande innovación do século, con cometidos que superaban os do antigo *regisseur* ou director artístico; 3) a información axilízase de contino, a través da letra impresa, pero tamén do documental filmado, de modo que os creadores se ven influídos polas novidades que procedían de

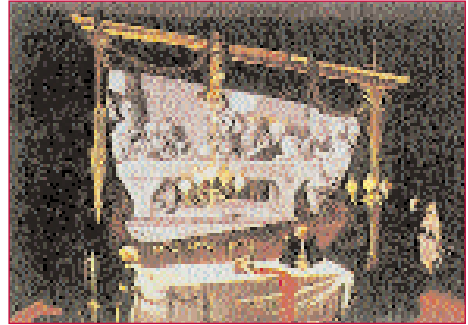
calquera lugar do mundo; 4) o cine ía gañando pouco e pouco a batalla do público, ó rebaixa-los prezos das localidades e populariza-los seus produtos. Todas estas circunstancias enriquecen o campo da escena conforme avanza o século, malia ó terrible cataclismo que supuxo a guerra mundial.

Por uns anos, ser anovador non vai supor ningún desdouro na consideración social do autor, todo o contrario; é respectado e reverenciado, a pesar da súa escasa repercusión comercial. A guerra asistiu ás *pinturas metafísicas* de De Chirico (1915), á exposición *dadá* en Zúric (1916), á primeira edición de *Retrato de un artista adolescente* (1916), de Joyce, e ó que Le Corbusier chamou *Después del cubismo* (1918). Gordon Craig⁷ continuou publicando as súas teorías na revista *La Marioneta* (1918), así como o tratado teórico *El teatro en marcha* (1919). Meyerhold definiría o seu *Octubre teatral* (1920) para publicar, a seguir, *El trabajo del actor* (1922), contestación absoluta ó naturalismo stanislavskiano. Reinhardt e Piscator abrían a porta ó moderno traballo de dirección, con montaxes cheas de imaxinación, nas que a utilización da nova luminotecnia sería elemento esencial. Brecht iniciábase na escritura dramática con *Baal* (1918), texto que lembra a Rimbaud. En 1925 tivo lugar a primeira grande exposición surrealista; entre os artistas figuraban Picasso e Miró. Este novo movemento reclamaba “o funcionamento real do pensamento en

7 Un recente estudio da súa achega encontrámolo en Grande Rosales [1997].



La zapatera prodigiosa, de García Lorca. Dirección: Francisco Enríquez. Decorado: Emmanuele Luzzati. Teatro de la Fenice, Venecia, 1959.



El señor Puntilla y su criado Matti, de Brecht. Dirección: Antón Krilla. Theater der Stadt, Bonn, 1956.

ausencia de todo control exercido pola razón e á marxe de calquera preocupación estética ou moral”. André Breton encabezaba esa tendencia. A mostra cinematográfica máis representativa dela foi *Un perro andaluz* (1928), de Luis Buñuel, mentres que a teatral sería unha obra que non se había representar ata cincuenta anos despois, *El público* (1936), de Federico García Lorca.

A liña realista crebaba por parte do grande innovador das linguaxes teatrais do século XX, Bertolt Brecht⁸. O seu acerto foi uni-la súa capacidade de director escénico, debedor das formas populares do teatro como o cabaré, e unha grande aptitude como poeta. A obra de Brecht, iniciada no simbolismo, atravesa tódolos modelos xenéricos ata conforma-lo concepto de *teatro épico*, que segue a ter como base o realismo pero que achega unha fragmentación inhabitual ata o momento. Para el, a

acción debe ser oscilante (non crecente), cada escena terá sentido de seu (non está en función da seguinte), mentres que a tensión dramática se espacia por toda a obra e non só ó principio ou final do acto. A súa teoría conduce ó rexeitamento das emocións que perturbaban unha toma de conciencia ante os problemas que ofrece o texto. De aí que lle pida á escena un curioso concepto de *extrañamento* ou *distanciamento*. Así se logra presentar “algo extraño ó mundo do cotián, do evidente, do esperado”.

Maior sorpresa levaron os espectadores de 1921 cando un italiano, Luigi Pirandello, estreou *Seis personajes en busca de autor*. O autor, con 53 anos, iniciárase serodiamente na literatura aínda que axiña definira un novo modelo de drama no que a convención teatral (paredes do escenario, tremoia, a propia sala) facía parte do drama. A

⁸ Entre os moitos estudos sobre a obra do dramaturgo alemán recomendamos Dort [1973] e Sánchez [1992].

intelectualidade toda saudouno con interese, a súa influencia foi lenta pero progresivamente importante, porque a súa arte era tan inimitable que houbo que deixar pasar anos para que a súa sombra fora tanxible⁹. Ese carácter innovador curiosamente non chocou con Mussolini, que chegaba ó goberno en 1922, permitía o voto feminino un ano despois e subvencionaba un Teatro das Artes dirixido polo propio Pirandello desde 1925. Era o tempo da primeira redacción de *Mi vida en el arte* (1925), de Stanislavski, cando un mozo e elegante autor inglés chamado Noël Coward estreaba *La fiebre del heno* (1925), e o cine, aquela inicial arte de barraca de feira, producía dúas películas fundamentais que lle habían abrir enormes posibilidades na súa consideración como arte. Unha, *La quimera del oro*, dirixida e interpretada por Charles Chaplin, cómico inglés chegado anos atrás a Hollywood desde Londres, e outra, *El acorazado Potemkin*, mostra do realismo socialista soviético, asinada por Eisenstein. Poucos anos despois, Gropius deseñaba o edificio da Bauhaus¹⁰ (1926), en Dessau, Brecht lograba o seu primeiro grande éxito en Berlín, *La ópera de los dos centavos* (1928), con música de Kurt Weill, Ravel estreaba o seu *Bolero* en París e Gershwin, *Un americano en París* (1928), en Broadway. En España, Falla presentara en Sevilla *El retablo de Maese Pedro* (1923), Pilar Millán Astray triunfaba con *La tonta del bote* (1925), Dalí facía os decorados para

Mariana Pineda (1927), de García Lorca, e os irmáns Machado conseguían un grande éxito con *Las adelfas* (1928).

Os movementos culturais de entre guerras mantiveron o conflito desas dúas ramas irreconciliables que eran o teatro comercial e o de vangarda. Dúas ramas que se identifican de xeito admirable no exemplo de Federico García Lorca, aínda que optase claramente pola primeira cando trataba de comunicarse cun público maioritario. No terreo do novo realismo destacaba un dramaturgo norteamericano, o primeiro que se pode considerar como tal na súa historia, chamado Eugene O'Neill; o seu sangue irlandés explica determinados débitos a autores como Synge ou Yeats. Este autor conseguía inaugurar unha descoñecida tradición escénica, na que un certo realismo psicolóxico aglutinaba formas naturalistas, simbolistas e expresionistas. Conforma unha dramaturxia vigorosa, coma o novo país do que xorde, cheo



Moon of Caribbees, Eugene O'Neill. Dirección: James Light. Provincetown Playhouse.

⁹ Ver a propósito, *Pirandello y su teatro*, de Monner [1947].

¹⁰ Schlemmer e outros [1975] fan un conciso estudio e descrición do teatro da Bauhaus.

de aventureiros, mariños, mulleres desarraigadas, non exento de referencias clásicas, como amosa a súa admiración por Esquilo na descomunal *A Electra le sienta bien el luto* (1931). Con *Largo viaje hacia la noche*, estreada en 1956, tres anos despois da súa morte, propuxo a creación dun teatro testemuñal, catártico respecto ós seus demoños familiares, do que non serán alleos Arthur Miller (sobre todo o de *Después de la caída*, 1964), e case todo de Tennessee Williams. A dramaturxia americana chegara con forza á escena universal. Creadores como Elmer Rice, Clifford Odets ou Thornton Wilder proporcionaban novos matices a un especial naturalismo americano. O último non esquece a sombra de Pirandello no seu memorable *Nuestra ciudad* (1938).

Non obstante, por momentos pareceron aumenta-las alternativas ó modelo de comedia comercial. Ó teatro de verso, que seguía cultivando Claudel (*El libro de Cristóbal Colon*, 1930), uníriase o do inglés Eliot (*Asesinato en la catedral*, 1935), que resucitaba o drama litúrxico co seu correspondente coro, e o propio García Lorca, coa citada *Mariana Pineda*. Tamén o verso era utilizado por Brecht en moitas das súas obras, aínda que de maneira parcial. Mentres, Antonin Artaud, desde o seu Teatro Alfred Jarry, fundado en 1926, poñía en práctica outra forma de ritualismo escénico a través do concepto de *teatro da crueldade*. En 1931 viu o teatro Balín en París e creu cegamente nos

poderes máxicos do teatro, “xogo perpetuo de espellos que van desde unha cor ata un aceno, e desde un berro a un movemento”. En 1935 estreou sen éxito *Los Cenci*, adaptación de Shelley e Stendhal, probablemente polas esixencias da primeira actriz e asemade productora. Ó tempo que se dedicaba á interpretación, sobre todo en cine, publica textos teóricos de interese, entre eles *El teatro y su doble*¹¹ (1938).

Estamos nun momento conflictivo no que se alterna a conquista social que supuxo interpretar *Porgy and Bess* (1935), de Gershwin, só con actores negros, a triunfante convencionalidade de *Me and my girl* (1937), en Londres, a supervivencia da *Lulú* de Wedeking, estreada en Zúric con música de Berg (1937), con significativos éxitos na pantalla debidos a James Whale (*Frankenstein*, 1931), o famoso *King-Kong* (1933), o humor absurdo dos irmáns Marx (*Una noche en la ópera*, 1935), ata a chegada da cor co primeiro grande éxito da industria de Hollywood: *Lo que el viento se llevó* (1939).

Eses anos previos ó maior conflito bélico do século viron a morte de grandes renovadores da escena, como un ignorado Valle-Inclán, en 1936, o mesmo ano ca Pirandello, Unamuno e García Lorca, ou Stanislavski, en 1938, despois de deixar ben fonda a semente da súa docencia nos Estados Unidos. Eses anos outorgaron unha nova función á experiencia escénica. En España, e durante a súa guerra civil (1936-

11 Seguimo-la edición de Gallimard, de 1964.

-1939), o teatro convértese en incesante vehículo de propaganda para ámbolos bandos, aínda que o seu talante estético foi a penas considerable.

3. A ARTE DRAMÁTICA DESPOIS DA SEGUNDA GUERRA MUNDIAL

A primeira metade do século XX, aquela que chega á Segunda Guerra Mundial, ve tantas renovacións, tantos regresos á convención teatral, tantos experimentos sobre o mundo da creación en xeral, e da escena en particular, que semella que a arte dramática ía ser quen a ofrecer novos ángulos no tratamento dos problemas do home do século XX. A guerra veu por algo máis ca un choque de ideoloxías: no afán de dominar economicamente o mundo bateron conceptos tan rotundos como o afán expansionista de Alemaña, inaceptable para as potencias aliadas. A pintura *El grito* do noruegués Munch é a máis clara referencia ó desconcerto do home contemporáneo. A primeira bomba atómica fora experimentada en terra xaponesa.

Hollywood empezaba a dicta-la súa lei como ampla e complexa industria, que se servía da guerra para lanzar unha publicidade sobre a afouteza e valía do espírito norteamericano, e tiña como obxectivo ir alén das fronteiras da ficción. En 1940 estréase ese monumento ó antifascismo que foi *El gran dictador*, de Chaplin. Ó ano seguinte, 1941, Orson Welles inaugura a súa carreira con *Ciudadano Kane*, unha

advertencia sobre as grandes fortunas que dominaban o mundo. O teatro seguía pola tradición da comedia burguesa, aínda que trala guerra se tinxa dun tipo de denuncia que alcanza tódolos estamentos da sociedade. Tal circunstancia advírtese no enxeño e humor de Noël Coward, a elegancia de Terence Rattigan ou a obsesión pola defensa da conciencia individual de Priestley. En *Sueño de un día de verano* (1949), este último autor enfrontaba o mundo inxenuo dun primitivo país coa ameaza atómica da posguerra. En Francia, a crítica social materialízase en Giraudoux, para quen “el teatro no es un teorema, sino un espectáculo; no una lección, sino un filtro. Debe entrar menos en nuestra mente que en nuestra imaginación y nuestro sentimiento y por esa razón, a mi juicio, le es indispensable el arte del escritor” (Mignon [1973], páxs. 50-51). Aínda que tiña conseguido xa grandes éxitos antes do 39, como *Intermezzo* (1933) ou *No habrá guerra en Troya* (1935), *La loca de Chaillot* (1945) é a gran denuncia sobre a invisible ameaza da paz cotiá.

Noutra orde estética, pero con similares compoñentes estruturais, Jean-Paul Sartre estreaba, en 1943, o seu primeiro drama, *Las moscas*. Temas como a liberdade do home ou o seu compromiso político, sobrevoaban por riba dun aparente ensaio sobre traxedias clásicas; como fixera Anouilh coa súa *Antígona* (1944), propoñendo o vello mito á luz do París dominado. É o ano de *A puerta cerrada* (1944), na que Sartre manexa a convención escénica

para golpea-lo espectador co peche absoluto de tres personaxes nunha habitación de hotel. O autor, para demostra-la súa oposición á convención reinante trala contenda mundial, rexeitou o Nobel de Literatura concedido en 1964. O teatro tomara un cariz político, que o manterá vivo durante unha posguerra de amañós na que triunfaba o espírito militar. Algúns heroes da guerra rexerán o novo sistema: De Gaulle, en Francia; Tito, en Iugoslavia; Eisenhower, nos Estados Unidos. Na mesma liña de compromiso, Camus ofrecía un teatro de escasa tremoia, diálogos cargados de intencións e sistemático espírito existencialista. *El malentendido* (1945), cumio da súa obra, foi estreada o día seguinte da liberación de París. *Los justos* (1949) ofreceu con maior entidade o tema da desesperación e dunha inxustiza sempre difícil de exercer.

Aínda que semellaba que a guerra deixara ferido un teatro incapaz de reflecti-lo estado en que quedara Europa, vemos nos anteriores exemplos que non foron poucos os que consolidaron sistemas expresivos fundamentais para a historia da representación. Brecht, canso de viaxes e exilios, atopou no Berliner Ensemble, en 1949, o lugar onde repousa-la súa propia teoría estética e ideolóxica. Estas viron a luz en *El pequeño Organon*, publicado un ano antes, auténtica recompilación de tódalas ideas que chegara a experi-

mentar ó longo da súa traxectoria. Logo dalgunhas xiras por importantes cidades europeas, actuando en París en 1954, o autor de *Vida de Galileo* morría en 1956, precisamente durante os ensaios da citada obra. Por esas alturas Europa empezaba a lle dar un recoñecemento que non tivo en vida.

Contra a metade do século chegaba a moda dos festivais internacionais durante os veráns. Edimburgo e Aviñón comezaron as súas actividades en 1947. Un ano antes, unha política de descentralización en Francia dera pé a mostra-lo feito teatral asociado a artistas que popularizasen a arte. É o caso de Gérard Philipe, actor principal de Jean Vilar¹² na aventura da vella cidade dos Papas. Ou de Laurence Olivier, nomeado *sir* pola raíña ese mesmo 1947. Os festivais facíanse en lugares onde, á vez que se daban a coñecer monumentos do país, puideran verse obras dos grandes clásicos. A mensaxe que se transmitía era que as guerras nunca acabarán coa cultura. Mais para que estes festivais se celebrasen era fundamental a contribución do sector público. En Francia, a IV República reorganizou a actividade escénica. Subvencionábanse as *óperas primas* dos novos autores, favorecíase a calidade, creábase unha rede de teatros en provincias, ou, cando non había, modernas *casas de cultura*. En Inglaterra fundábase, en 1940, o Council for the Encouragement of Music an the Arts,

12 As ideas de Vilar reflíctense con precisión en *De la tradición teatral*, 1972. A edición orixinal, *De la tradition théâtrale*, está publicada por Gallimard, en 1955.

que, con pequenas axudas iniciais rompía a norma da primacía do sector privado. En 1946 constitúese o Arts Council of Great Britain. Un ano despois, o Bristol Old Vic combinaba o repertorio habitual con obras clásicas. E en 1963 créase o National Theatre, baixo a dirección de Laurence Olivier. En España, ó que rematou a guerra nacen os teatros nacionais, con modelos que procedían da experiencia alemana. Foron dous, Teatro Español e Teatro María Guerrero, e ambos estaban en Madrid, marcando claramente unha política centralista que, co tempo, intentará mitigarse gracias ós chamados Festivais de España.

As posibilidades de renovación da vella maquinaria teatral multiplicáronse, ó entrar o sector público na produción escénica. Grandes teatros e grandes producións enarboraron a bandeira da espectacularidade, xunto co tópico que outorgaba á escena un importante papel na cultura universal. Pero o perigo do cine, como competidor, era cada vez máis evidente. Os grandes creadores, Welles, Coward, Cocteau, Visconti, Eduardo de Filippo, o propio Laurence Olivier, preferiron as cámaras ós escenarios. O cine absorbía os guións dos mellores dramaturgos do momento (Rice, Rattingan, Miller, Williams...), aínda que é preciso engadir que Hollywood se viu sometido a unha das súas épocas máis negras e dolorosas, a chamada *caza de bruxas*, que iniciou en 1946 o senador McCarthy, levou máis de trescentos profesionais ás listas negras para seren

acusados de simpatizantes do comunismo.

A influencia máis importante para o teatro viría da necesidade de darlle outro sentido á interpretación, debido ás esixencias que a pantalla trouxera. O uso xeneralizado do primeiro plano, o sonoro, a actuación en espazos naturais, desterro de vez os vellos procedementos declamatorios. En 1947 inaugurouse o Actors Studio, en Nova York, como consolidación da idea de dar contido teórico á incesante práctica de busca da verdade. Stanislavski estaba detrás desta escola, fundada por Elia Kazan, Cheryl Crawford e Robert Lewis. Mentres, o cine italiano rompía moldes neste terreo. Ó non ter actores de cine, sácaos de onde pode. O *neorrealismo* de posguerra mostroulles ós intérpretes ademáns, risos e acenos da rúa. *Ladrón de bicicletas*, de Vittorio de Sica, é de 1948. Ó tempo, Europa intentaba saír da vella norma actoral sen o conseguir. A escola clásica aínda se percibía no cine inglés dos corenta, pero moito máis no francés e o español, cheo de afectación. Pouco a pouco irán saíndo do erro. Italia (Rossellini, Lattuada, Visconti, Zampa, o citado De Sica) foi espello dos novos realizadores hispanos (Bardem, Berlanga, Nieves Conde), e Francia preferiu imitar Hollywood co policial negro e as aventuras de espadachíns. Algúns anos despois, a *Nouvelle Vague*, mesmo sen agocha-la súa admiración polo cine americano, volveu a cara á Europa, cargando de intelectualidade as súas películas. *Le*

Beau Serge (1958), de Claude Chabrol, e *A Bout de Soufle* (1959), de Jean Louis Godard, foron os títulos iniciais máis significativos. Desde 1953, un novo personaxe viña asomándose ás pantallas, *Monsieur Hulot*, a pintoresca creación de Jacques Tati.

En 1951, cando se producía a presenza do grupo de pintura tachista (Mathieu, Pollock...), Dalí pronuncia en Madrid a súa conferencia *Picasso y yo*. Acababa de pintar *Dalí a la edad de seis años, cuando creía que era una niña, levantando la piel del agua para ver un perro dormido a la sombra del mar* (1950). Algúns anos antes alcanzárase o expressionismo abstracto na arte. En 1954, Xenakis compoñía *Metasteis* con ordenador. Nos Estados Unidos iniciábase o *pop art*, coas composicións de Andy Warhol e as grandes viñetas de Roy Lichtenstein. A música moderna empezaba a calar de maneira decisiva na xuventude, creando mitos ós que seguir coas súas modas e hábitos sociais. En 1954, un mozo de Tupelo, Missisipi, chamado Elvis Prestley, gravaba o seu primeiro disco. Ó cantante chamáronlle o rei do *rock and roll*. Ese ano, Mattise morría ós 84 anos. En 1961, un Bob Dylan novo entusiasmaba o público de Nova York co seu estilo *folk*. Mentres, ese mesmo ano, os chamados *novos realistas* plásticos (Tinguely, Klein, Christo...) expoñían as súas obras. Dous anos despois, Chagall pintará a cúpula da Ópera de París.

O único referente escénico, certo e claro, seguía a se-lo realismo, coa tintura social e política antes citada. A pos-

guerra non daba ofrecido novas vías estéticas. París entoaba o seu canto do cisne como capital do teatro durante séculos. Coma se quixera vingarse contra esa situación, ofrecía unha escena despoxada dos seus elementos constituintes básicos, aqueles que o definiron como arte desde Aristóteles. Eugène Ionesco primeiro, Samuel Beckett despois, inventaron o teatro menos teatro de tódolos tempos: o *antiteatro*. *La cantante calva* (1949) descubriu unha obra na que a acción xa non era núcleo esencial da estrutura escénica, nin o personaxe, o habitual ente definidor de contidos humanos. *Esperando a Godot* (1953) supuxo para o teatro o que *Ullises*, de Joyce, para a narrativa, non sendo casual que o seu autor, Samuel Beckett, fora antigo secretario do novelista. As estreas destas obras resultaron especialmente conflictivas. O que ofrecían estaba nos antípodas de canto durante máis de vinte e catro anos se viña entendendo como teatro. Sen embargo, estes peculiares dramas eran intelixentes combinacións de palabras que, en efecto, ó non servir para nada —como tampouco serviran para evitar catástrofes como a guerra— supoñían o máis rotundo exemplo da incomunicación contemporánea. Anos despois, Martin Esslin [1972] definiu este teatro como do *absurdo*. A pesar dos seus elementos constitutivos realistas, a dificultade da súa descodificación relegouno a posicións vangardistas, é dicir, só para iniciados. O español Fernando Arrabal animou este movemento coa formación do *grupo pánico*, en 1962.

Tampouco non acadou notoriedade entre o público.

4. O TEATRO DESDE 1968¹³

A partir de 1968 o teatro tomou conciencia dunha crise que, en certo sentido, cuestionaba o concepto de convención. Todo procedía da propia crise que atravesaba a sociedade, reflectida de xeito directo na manifestación do 7 de maio dese ano, na que trinta mil estudantes se enfrontaron á policía de París. A revolta empezara por unha protesta xeneralizada contra a guerra do Vietnam, signo evidente dun abuso do poder militar non acorde cos tempos. Similar exercicio demostrou o exército soviético que, ese mesmo ano, invadía Praga. O pacifismo encarnado no movemento *hippy* foi a inmediata resposta. A militancia política estaba á orde do día. Por iso o Arco de Triunfo asistiu, aquel emblemático mes de maio, ó canto multitudinario da *Internacional*. Algúns anos antes, o San Francisco Mime Troupe inventara o chamado *teatro da guerrilla*, proposta na que a política era elemento central, pois trataban temas como a guerra, a ecoloxía, o servicio militar ou a liberación da muller.

En 1968, Inglaterra poñía fin a un longo período de censura, máis ou menos tolerante. Un grupo de rock, The Beatles, adiantaba desde Liverpool

o inconformismo da época. En 1963 gravaran *Please Please Me*. Nos anos seguintes espertaron un extraordinario furor. En 1969, *Hair* leva ós escenarios de Londres o primeiro nu total. En *¡Oh, Calcuta!* (1969), o nu esténdese a todos os intérpretes. Latinoamérica comeza a espertar no teatro, que será un dos seus principais aliados para combater políticas dictatoriais. Os festivais de Manizales, Caracas e Bogotá marcan a necesidade de contactar con Europa e os movementos máis radicais. Pero tamén algunhas daquelas dramaturxias deron exemplos tan representativos como as tentativas de creación colectiva proposta polo colombiano Enrique Buenaventura, ou o espectáculo brasileiro *Macunaima* (1978), dirixido por Antunes Filho, por unha compañía que desde entón levará o nome daquel grande éxito, contemplado en festivais de todo o mundo.

A arte debatíase entre a protesta e o inconformismo. Os grandes intérpretes non chegaban a vivi-lo seu éxito. As drogas impedían en moitas ocasións. Jimi Hendrix morre ós 27 anos, o mesmo ano en que os Beatles se disolvían, 1970. Algúns máis tarde, o rei Prestley falecía en Memphis ós 42 anos, tamén por sobredose. A música dos setenta evolucionaba cara ó *heavy metal*, e a súa alternativa, o *glam rock*, que anuncia un cambio cara a certo neorromanticismo nos oitenta. A tecnoloxía chegaba en todo o seu esplendor ós

¹³ Para obter datos para este epígrafe foron fundamentais os primeiros *Cuadernos de Teatro* da Universidade de Málaga, así como o seguimento da revista *El Público*, do Centro Nacional de Documentación Teatral do Ministerio de Cultura.

escenarios, aínda que fora para concertos. A comedia imitaríao no seu momento, aínda que para iso tivera que cambia-lo nome ó xénero. Esa superación técnica empezaba a verse con normalidade nas pantallas. A ciencia-ficción había se-lo medio idóneo. Con *La guerra de las galaxias* (1977), de George Lucas, conseguiuase un grande éxito de público. Como tamén ocorreu con *Alien* (1979), de Ridley Scott, e *E. T.* (1983), de Steven Spielberg. Ó tempo, as novas técnicas de gravación abrían-lles o camiño ás mellores orquestras para experimenta-lo son dixital, un dos maiores logros do século. En 1979, a Orquestra Filharmónica de Viena efectúa unha gravación co novo procedemento.

Ó cine saíralle un competidor forte, a televisión, que en principio non era máis ca unha cómoda alternativa na información de imaxes. Fora experimentada en 1929, cando a BBC empezou a emitir programas diarios. Despois da Segunda Guerra Mundial, os fogares americanos enchéronse destes aparellos que, na súa popularidade, facilitaron a chegada de vellos filmes e outros realizados para ese medio. En 1950 había sete millóns e medio de televisores nos Estados Unidos. En Europa popularizouse ó longo dos sesenta, e os seus espectadores empezaron a roubar-lle tempo ás artes da representación. Moi pronto, determinadas series retiñan familias enteiros diante do televisor. A competencia era un feito.

A moda do teatro do absurdo prolongárase durante uns poucos anos,



La conferencia de los pájaros. Dirección: Peter Brook, 1979. Festival de Aviñón, 1979.

nos sesenta, xusto os que a escena necesitou para tentar saír da súa crise de identidade. Crise que, por primeira vez na historia, procedía do propio público, que cuestionaba que o teatro seguira estancado nas súas vellas convencións. O espectador dos sesenta empezaba a darlle as costas. O teatro morría. Kantor, pintor e director polaco iniciado na práctica do *happening*, chegou a definir un teatro que chamaba *da morte*. O seu primeiro manifesto é de 1959, pero as súas producións máis significativas foron *La clase muerta* (1957) e *Wielopole, Wielopole* (1980), que se viron nos escenarios de todo o mundo. Barrault, Strehler, Ronconi, Brook, os grandes creadores de finais de século, resucitan formas e textos do pasado. Outro polaco, Jerzy Grotowski péchase en 1959 nun laboratorio para facer representacións para corenta persoas. Pensa que pode haber teatro sen vestuario, sen decorado, sen luces e ata sen texto. Como nunca pode ser é sen actores e público. O actor xustifica a idea fundamental da súa proposta: esíxelle

que testemuñe, que comunique a súa vida interior. A súa teoría resúmese no seu artigo *Hacia un teatro pobre* (1965). Un grupo de Nova York, o Living Theatre, iniciado en 1948, chegou a converterse nun suceso na Europa dos sesenta. Representaron a vida do home, do seu pasado e mais do presente, con rituais constituídos por movementos e sons dos corpos. Bread an Puppet alternaba os seus espectáculos en escenarios coa rúa, sorprendendo con actores que son bonecos e recrutando espectadores inhabituais. O feito supoñía unha gran ruptura contra o teatro literario, xa que os seus personaxes propiciaban a escena antinarrativa. O Open Theatre, fundado tamén en Nova York, en 1963, propoñía novas formas expresivas que se opoñían ás motivacións psicolóxicas de Stanislavski, *The serpent* (1968) foi un “ritual —sonidos, gestos, danza y mimo— que relaciona el Génesis con los horrores del mundo actual” (Miralles [1974], páx. 99).

O público empezara a aceptar movementos marxinais, elevados ás veces á categoría de comerciais. Un creador de orixe universitaria, Bob Wilson, asombrou no Festival de Nancy cun extraordinario espectáculo visual, *La mirada del sordo* (1971), que rompía con toda medida temporal das acostumadas, abundando no teatro de imaxes. O exemplo cundiu e o visual empezou a tomar corpo nos escenarios das décadas seguintes. Lindsay Kemp extraía simbolicamente toda a maxia de *Flowers* (1978), de Genet. Nese

desenvolvemento do espectacular, os escenarios resultaban pequenos, polo que houbo que pasar ás rúas como espacios novos. En España a moda catapultouna Comediantes, con habituais presencias en festivais internacionais, e, anos despois, en 1983, La Fura dels Baus, que apostaron por abertas transgresións a todo o que ata daquela era considerado como linguaxe teatral. Para isto, como a inmensa maioría de grupos e compañías da fin de século, o apoio nas novas tecnoloxías resulta fundamental. O teatro incorporara o microprocesador, tanto no avance da iluminación coma no son. As posibilidades son totais para os novos creadores.

Na liña do alternativo fundaméntase o chamado *teatro contemporáneo*, que non é senón unha actualización do teatro experimental, en tanto que faculta un espacio para a investigación e a imaxinación. Leva o concepto de minimalismo á escena, con producións nas que todo xira derredor dunha especie de obxectos que teñen sempre función escénica concreta. A palabra serve só para subliñar movementos, acenos, ruídos, ademáns que completan as evolucións dos actores. En 1991, e en Amsterdam, ten lugar o *Touch time*: xornadas de teatro experimental a cargo do grupo Mickery. Pero as posibilidades desta nova tendencia son moi amplas: desde o teatro-danza (Pina Bausch) ata as formas de anti-teatro (as chamadas *performance*: Karen Finley, Laurie Anderson), pasando polo teatro xestual (no que o mellor exemplo sería

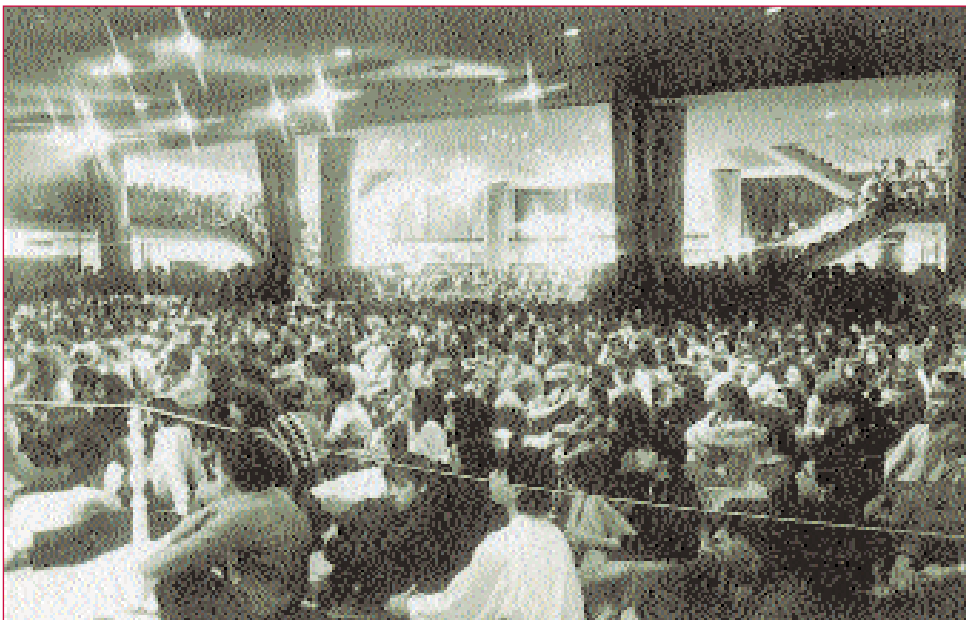


Dimonis, Comedians, 1989. Teatro de rua.

La Fura dels Baus), teatro físico (Vim Vandekeybus, Corsetti), teatro rítmico ou teatro complexo. A arte escénica navega hoxe con imaxes nas que combina as artes visuais contemporáneas (pintura-instalación), música, ruídos, ritmos e comunicacións non verbais. Para José Antonio Sánchez [1994], “la aceptación de la multiplicidad, como la asunción de la complejidad, no implica la proclamación fácil del *todo vale*. Al contrario, exige estar mucho más atento al gesto, a la disposición, al compromiso que subyace a la creación” (páxs. 18-19).

En tanto, o mundo débátese nunha cada vez máis evidente separa-

ción da riqueza, sen que as artes dean conta de tan dolorosa realidade. En 1984 a televisión mundial mostrou imaxes desoladoras da fame en Etiopía. Anos despois virían novas similares de Sudán. A estas alturas do século, non hai cine nin teatro que dea expresado con maior verismo tan terrible situación. Só a solidariedade de cantantes e grupos de música consegue paliar-lo mal. *Do they know it's Christmas* recadou en 1984, gracias a Bob Geldof e corenta músicos que traballaron de balde, máis de mil millóns de pesetas. E o exemplo continuou. A caída do muro de Berlín, en 1989, e o comezo da debacle do sistema comunista, foron noticias capaces de competir nesta fin de século. A



Público congregado nunha sala contemporánea. Teatro San Martín, Bos Aires, 1988.

guerra fría puxera o seu punto final. O grupo británico Pink Floyd celebrou en 1990 cun concerto gratuito en Berlín co significativo título de *The Wall*. Por outra parte, a caída do muro suxire unha nova arquitectura, na que o Museo Guggenheim, en Bilbao, deseñado por Frank Gehry, e inaugurado en 1997, aparece como a obra máis representativa das últimas décadas.

Coma se dun pesadelo se tratase, o teatro remata o século cunha busca incesante do tempo perdido, unha busca da palabra. Claro está que non volverá ser, ou usarse, como se fixo a principios de século, nin sequera no seu ecuador, cando se debatía entre o absurdo e o compromiso social. A pala-

bra finisecular está cargada de efectos ou, por mellor dicir, a palabra completa o efecto. A finais dos oitenta, este protagonismo pódese resumir en tres diferentes exemplos de escrituras que manteñen en común o coidado pola palabra. Tres autores de tres dramaturxias con amplo radio de difusión: Francia, Alemaña e os Estados Unidos. Bernard-Marie Koltés (1948-1989) con *En la soledad de los campos de algodón* (1986), dirixida e interpretada por Patrice Chéreau, presenta un “repertorio de signos tácitos, sobrentendido y diálogos de doble sentido entre proveedor y cliente” (*El Público*, febreiro 1991. *Memoria de una década*, pág. 43). Anteriormente, outra produción do

mesmo autor, *Combate de negro y de perros* (1983), impactara en toda Europa. A palabra de Koltés “se convierte en vehículo privilegiado de la acción y el dibujo de los personajes es de rotunda consistencia”, segundo Pérez Coterillo [1989]. Heiner Müller (1929-1995), discípulo directo de Brecht, que estrea e dirixe desde os anos cincuenta, chega ós oitenta como “el dramaturgo de mayor poder verbal, y el más riguroso y exigente tanto en lo político como en lo teórico, del espacio germanohablante”, segundo Genia Schulz. Grande innovador das modernas formas da traxedia, para el a palabra é “precario y poderoso condensador de energía histórica” (Jorge Riechman [1999], pág. 46). As súas obras máis recoñecidas son *Hamletmaschine* (1977), *Quartett* (1981) e *Muerte de Germanía en Berlín* (comezada en 1956 pero reescrita en sucesivas versións). David Mamet (n. 1947) comeza no teatro, pasa en seguida a escribir guións de películas e mesmo as dirixe. A mestizaxe entre cine e escenario produce unha peculiar escritura a base de reiteracións, xogos de situación e rupturas temporais. A súa axilidade verbal contrasta coa súa tendencia á quietude, coma en Chejov, un dos seus recoñecidos mestres. *American Buffalo* (1977), *Edmond* (1983), *Glengarry glen ross*¹⁴ (1984) e *Oleanna* (1994) son algunhas das obras máis representativas do autor norteamericano.

O século remata coa represión xenófoba da antiga Iugoslavia, a reaparición dos nacionalismos, as migracións dos países pobres cara ós ricos e a consolidación do imperio dos ordenadores. A arte instalouse en cómodos sofás, escasamente comprometidos co seu contorno. A globalización tende á comprensión das linguaxes, polo que os máis aptos para a inmediata comunicación (música, expresión corporal, danza) gañan a batalla da oferta. O que conduce a un tipo de xeneralización que tende á corrección formal. Ó final do século, desestímase as propostas políticas por anticuadas. Os artistas parecen axeitarse ás circunstancias. Ó teatro, como arte máis vella, só lle queda o camiño de resistir coas súas propias armas: a palabra e a súa capacidade de suxestión. Para a convencionalidade ten xa un medio que serve en por si: a televisión.

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

- AA. VV., *The Cambridge Guide of World Theatre* (ed. Martin Banham), 1988.
- Artaud, A., *Le théâtre et son double*, Gallimard, 1964.
- Bentley, E., *The Theory of the Modern Stage*, Penguin, 1976.
- Corvin, M., *El teatro nuevo*, Barcelona, Mini-Tau, 1973.

¹⁴ Esta obra, xunto con *Casa de juegos*, foi editada por Cátedra, Letras Universales, Madrid, 2000, cunha ben informada introducción de Catalina Buezo.

- Dort, B., *Lectura de Brecht*, Barcelona, Seix Barral, 1973.
- _____, *Tendencias del teatro actual*, Madrid, Ed. Fundamentos, 1975.
- Esslin, M., *The Theatre of the Absurd*, Anchor Books, 1961.
- Grande Rosales, M. A., *La noche esteticista de Edward Gordon Craig. Poética y práctica teatral*, Universidad de Alcalá, 1997.
- Lukacs G., e outros, *Polémica sobre el realismo*, Barcelona, ed. Buenos Aires, 1982.
- Meyerhold, *Textos teóricos* (ed. J. A. Hormigón), Madrid, Alberto Corazón ed., vol I s/d e vol II, 1972.
- Mignon, P. L., *Historia del teatro contemporáneo*, Madrid, Guadarrama, 1973.
- Miralles, A., *Nuevos rumbos del teatro*, Barcelona, B. Salvat de Grandes Temas, 1974.
- Monner Sans, J. M., *Pirandello y su teatro*, Bos Aires, Losada, 2ª ed., 1959.
- Oliva, C., e F. Torres Monreal, *Historia básica del arte escénico*, Madrid, Cátedra, 1ª ed., 1990.
- Pérez Coterillo, M., intr. a *Combate de negros y perros*, de Koltès, teatro 3, El Público, Madrid, 1989.
- Revista *El Público*, Centro Nacional de Documentación Teatral, Madrid.
- Riechmann, J., intr. a *Teatro Escogido 1 de Heiner Müller*, Madrid, Primer Acto, 1990.
- Salvat, R., *El teatro de los años 70*, Barcelona, Ed. Península, 1974.
- Sánchez, J. A., *Dramaturgias de la complejidad: sobre la génesis de la nueva escritura escénica*, Cuadernos de Teatro 3, Universidad de Málaga, 1994.
- _____, *Brecht y el expresionismo*, Universidad de Castilla/La Mancha, 1992.
- Schlemmer, O., e outros, *Il teatro del Bauhaus*, Turín, Giulio Einaudi, 1975.
- Serreau, G., *Histoire du "nouveau théâtre"*, Ed. Gallimard, 1966.
- Stanislavski, C., *La construcción del personaje*, Madrid, Alianza Ed., 1975.
- Szondi, P., *Teoría del drama moderno. Tentativa sobre lo trágico*, Barcelona, Ensayos/Destino, 1978.
- Toporkov, V. O., *Stanislavsky dirige*, Bos Aires, Fabril Ed., 1961.
- Vilar, J., *De la tradición teatral*, Bos Aires, La Pléyade, 1972.
- Zola, É., *El Naturalismo*, Barcelona, Ed. Península, 1972.



CONTRIBUCIÓNS CINEMATográfICAS A UN SÉCULO QUE REMATA

Ángel Luis Hueso Montón*
Universidade de Santiago
de Compostela

Con relativa frecuencia a centuria que rematou ten sido definida como o 'século da imaxe'; esta expresión, utilizada adoito coloquialmente, pode levarnos a unha concepción equivocada se a aplicamos dunha maneira radical e pensamos que o século XX foi o único no que as representacións icónicas acadaron unha alta notoriedade. Pola contra, se relativizamos esta afirmación, pódenos servir como punto de partida para comprendérmo-la importancia que tiveron as imaxes animadas (e en concreto as cinematográficas) ó longo dos últimos cen anos.

É un feito incuestionable que o cine ocupa un lugar significativo no conxunto da sociedade contemporánea; sen chegar ós límites da cinefilia, que no seu radicalismo roza o absurdo, ninguén pode negar que a presenza das imaxes nas nosas vidas e o consumo que facemos delas reviste unha singularidade moi especial.

Sendo isto certo, non podemos parar nunha mera constatación senón que é preciso reflexionarmos sobre a

súa importancia concreta e sobre aqueles aspectos que fixeron que ó longo dos anos fora consolidándose como unha das formas de espectáculo máis difundidas deste século, á vez que unha manifestación chea de facetas merecentes de estudio. De acordo con isto analizaremos en primeiro lugar algunhas das contribucións coas que este medio colaborou na consolidación dunha nova mentalidade para detérmolos posteriormente naqueles vínculos especialmente relevantes entre a imaxe animada e o contexto social no que xorde.

CONTRIBUCIÓNS A UNHA NOVA VISIÓN DO MUNDO

O primeiro que destaca cando nos aproximamos á análise do mundo cinematográfico é o seu profundo carácter espectacular. Desde o seu nacemento, o cine sempre estivo claramente vinculado ó mundo do espectáculo, así que é esta a súa faceta máis popular e a que

* Catedrático de Historia do Cine.

lle permite establecer un nexa máis forte e permanente coa xente.

Neste mesmo concepto de *espectáculo* atopamos xa algúns trazos singulares. A universalidade que o preside, e que se foi reafirmando ó longo de todo o século, plásmase sobre todo en dous aspectos: o xeográfico e o social. Se no primeiro encontramos unha dispersión ó longo e ó ancho do globo, de forma que non hai zona del onde o cine non se atope presente en maior ou menor grao, a mención social fainos constatar un achegamento a tódolos ámbitos humanos, sen distinción de razas, crenzas ou educación. Pode ser significativo lembrar en relación con estes aspectos cómo durante moitas décadas a cinematografía de maior produción mundial foi a hindú, que cos seus diferentes tipos de películas quixo chegar á gran diversidade de grupos sociais que coexisten no seu conxunto.

Desta maneira podemos recoñecer que, ó longo de todas estas décadas, o cine consolidouse como un dos espectáculos con acceso a un maior número de persoas, aínda que non podemos esquecer que pola súa propia dinámica interna e a dos medios audiovisuais no seu conxunto, nos últimos anos se produciron unha serie de cambios radicais nas fórmulas de exhibición que viñan desenvolvéndose desde o principio de século. De aí que no momento actual o maior contacto coa

imaxe cinematográfica e os seus espectadores se produza, non nas pantallas, senón a través dos medios electrónicos (fundamentalmente televisión e vídeo en tódalas súas modalidades).

Tendo isto en conta podemos facer nosas as consideracións de Walter Benjamin sobre a evolución artística, cando falaba do nivel masivo dos espectadores e afirmaba que “la cantidad se ha convertido en calidad”¹; esta reflexión parécenos moi pertinente ó contempla-la evolución do propio cine e recoñecer que a busca masiva de público indiscriminado se converteu nunha das máximas aspiracións deste medio. Non podemos esquecer que desde formulacións moi distintas da socioloxía da arte se incidiu neste carácter masivo do cine, de tal forma que se resalta o feito de que o cine adquiere ben axiña o trazo distintivo de ser unha arte para un público de masas, culminando así un proceso que se ía precipitando desde finais do século XIX e que continuaría de xeito crecente en todo século XX.

Sen embargo, dentro do que supón ese feito radical, xorden unha serie de matices que non se poden desdeñar: se é indubidable que o espectador é considerado dunha forma xenérica e indiscriminada, temos de recoñecer asemade a súa profunda singularidade, a súa unicidade ante as imaxes que percibe e valora desde o seu individualismo (lembrémo-la coñecida frase

1 Walter Benjamin, “La obra de arte en su época de reproductibilidad técnica”, en *Discursos interrumpidos I*, Madrid, Taurus, 1975, páx. 52.

segundo a cal “cada espectador ve a súa película”).

Porque non podemos esquecer que un dos trazos profundos que posúe o cine é o formidable poder se suxestión que absorbe por completo a persoa que se sitúa perante as imaxes; o home abandona as súas actividades, preocupacións ou pensamentos para verter toda a súa sensibilidade e ilusión nun mundo que coa súa seducción o arrastra fóra dos ámbitos do cotián.

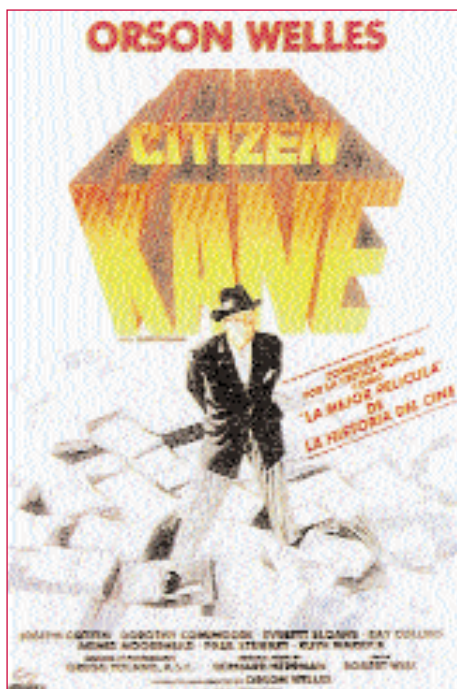
É esta dialéctica entre o carácter comunitario do espectáculo e a profunda individualidade do espectador, unha das primeiras contribucións do cinematógrafo á estrutura social do século XX, tendo en conta que conforme avanzou este período ámbolos trazos foron adquirindo unha maior complexidade, de xeito que se, por unha parte, se intenta conseguir un público cada vez máis numeroso e fiel ós dictados da imaxe, por outra búscanse as preferencias de cada espectador que desta forma se chega a considerar como último e singular destinatario de cada filme.

Pero este mundo do cine posúe, en paralelo a este matiz espectacular, outra serie de trazos que incidiron de xeito radical na visión que o home do século XX desenvolveu tanto de si mesmo coma do contorno no que se desenvolve.

Nada desdeñable é o carácter de *manifestación artística propia e representativa desta época* que foi medrando ó longo de todo este tempo; porque

unha das súas peculiaridades é a especial fusión que se dá entre técnica e estética, aspectos que sempre foron unidos no mundo da arte, pero que alcanzan un nivel especial cando nos referimos ó cine.

Os continuos avances que se produciron durante todo o século tiveron, en primeiro lugar, unha repercusión na propia linguaxe do medio, pero de forma case inmediata foron utilizados desde unha perspectiva máis rica e complexa, aquela que leva a lograr un sentido da beleza. A frase dun teórico



Ciudadano Kane (1940, Orson Welles). Unha das obras máis importantes desta manifestación artística chamada cine.

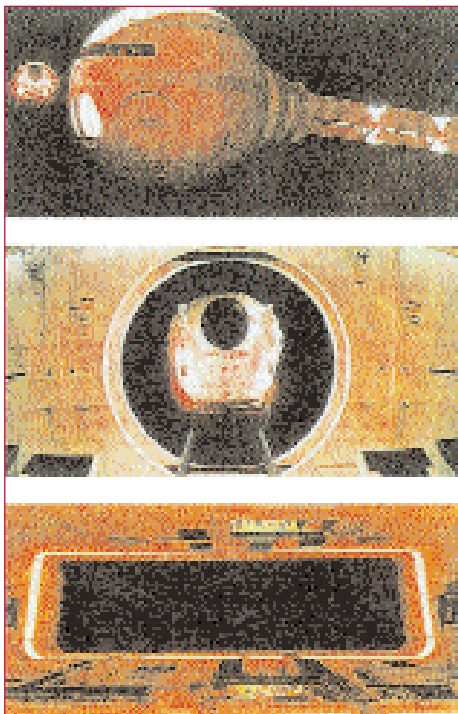
como Francastel cando dicía “Pienso en el cine. La técnica pura ha hecho posible reproducir el movimiento. Pero esta gran conquista se habría agotado pronto sin el apoyo de la fantasía, o más exactamente del arte, que ha venido a ofrecerle programas a realizar”², ponos de manifesto que o home se atopa ante unhas imaxes cheas de complexidade e que lle ofrecen múltiples posibilidades expresivas.

Esta situación do cine nun punto equidistante entre as artes plásticas e as funcionais é a que dotou dunha especial singularidade para o home contemporáneo que non vía nel unha expresión de elite e arredada do mundo cotián, senón que, pola contra, respondía a moitas das súas inquiredanzas e era testemuño da súa propia realidade, na que coexisten, coma no cine, as débedas mutuas entre a mera industrialización e o profundo carácter artístico³.

Porque non debemos esquecer en ningún momento (e isto adquire especial singularidade nun tempo de clara aceleración tecnolóxica como o que vivimos no final do milenio), que no cine os avances técnicos adquiren un relevo tan singular que se converten no motor dunha depuración estética e narrativa que é percibida polo espectador dunha maneira sinxela e inmediata; pénsese por exemplo o que supuxeron logros tan singulares como o son

ou a cor que, ademais de condicionantes técnicos e industriais, abriron camiños de riqueza estética dunha maneira progresiva.

Pero esta arte dotada de tanta complexidade tamén contribuíu á creación dun *novο concepto da imaxe*. Se xa desde as súas orixes o cine estaba condicionado polo desexo de transmitir a sensación de movemento e así o



Tres fotografías de 2001: *Una Odisea en el espacio* (1968, Stanley Kubrick). O ritmo crecente do movemento e a inmersión nos espazos infinitos.

² Pierre Francastel, *La realidad figurativa I. El marco imaginario de la expresión figurativa*, Barcelona, Paidós, 1988, páxs. 73-74.

³ Jean Mitry, *Estética y psicología del cine I. Las estructuras*, Madrid, Siglo XXI, 1978, pág. 25.

logrou, aínda que dun xeito elemental debido ós condicionantes técnicos do momento, ó longo da súa existencia foi ofrecéndolles ós espectadores un mundo cargado de dinamismo, dun ritmo crecente no que os elementos básicos desa imaxe animada (o tempo e mailo espacio) adquirirían un novo sentido.

Será precisamente a *nova concepción do tempo e o espacio* xurdida da imaxe cinematográfica a que adquirirá unha especial repercusión na configuración do home contemporáneo, aquel que se foi consolidando ó longo da centuria e que encara o inicio dun novo milenio cunhas inquietudes practicamente ilimitadas.

Ó longo desta época o cine manipulou os elementos espacio-temporais cunha liberdade total, de forma que os espectadores foron asimilando uns códigos e unhas posibilidades expresivas moi amplas; a linealidade narrativa rompeu de múltiples maneiras e os avances que se foron alcanzando consolidáronse de xeito irrenunciable de cara ó futuro. Pero, ademais, non podemos pasar por alto o feito de que sucesivas xeracións foron asimilando estes novos conceptos desde a súa infancia, de forma que viñeron a ser consubstanciais coa súa maneira de entende-lo mundo.

Isto pode constatare, igualmente, ó contempla-las interrelacións do mundo cinematográfico con outras formas expresivas coetáneas, pois as achegas que procedían da imaxe animada vímolos presentes non só en manifesta-

cións fortemente narrativas como as literarias, senón noutras moitas (musicais, cómic, televisión, etc.) propias deste longo ciclo.

Pero non se trata unicamente de que o espacio e o tempo adquiren unhas posibilidades manipuladoras excepcionais, senón que ó tempo que os estamos dotando dun novo sentido, estámolo facendo cunha imaxe que está nun *presente continuo* para o espectador.

Cremos que é esta unha das claves ontolóxicas máis importantes de cara ó home contemporáneo, pois non se trata só de que poidamos ofrecer tempos moi diferentes (pasado, futuro, oníricos, futuribles, etc.) e espazos arredados dos reais (desde os claramente fantásticos ata a distorsión daqueles que son facilmente recoñecibles), e que o espectador os perciba como tales, senón que ademais o impacto sobre o receptor é maior pois lógrase a través dunhas imaxes que se presentan con total proximidade.

É indubidable que, coma en tódolos procesos narrativos, tamén no cine hai que recorrer a determinados códigos que permitan ter conciencia de que nos encontramos ante unha transición espacio-temporal (se na literatura era o uso dos tempos verbais, no noso caso serán a imaxe detida, o *flo* ou outros diversos recursos); pero isto non é obstáculo para que de maneira ineludible o espectador se encontre ante unhas imaxes que se lle ofrecen en presente e

que como tales adquiren o sentido da proximidade e do cotián.

As consecuencias que poden derivar desta nova visión espacial e temporal sobre o home contemporáneo son moi amplas e diversas; en primeiro lugar, e como conclusión máis inmediata, o espectador percibe un cambio nas estruturas que presidiron durante séculos o ritmo temporal e a sensación espacial da humanidade. Se tradicionalmente o home se vía condicionado polas súas propias limitacións físicas, mercé á imaxe en movemento pode abranger un mundo moito máis amplo ca aquel que o rodea (prodúcese unha auténtica redución espacial e xeográfica a niveis que non son controlables) e ademais manipulalo con total liberdade e posibilidades ilimitadas.

No campo temporal, a superación das restricións propias do ser humano conduce a un cúmulo de novas opcións que gardan unha estreita relación coas que se producen no espectáculo cinematográfico, de forma que podemos pasar dunha sensación de aceleración máxima (algo profundamente arraigado a nivel vital no home dos nosos días) á dilatación ou á comprensión dos acontecementos de acordo cos nosos sentimentos ou estados anímicos.

Pero esta sensación de *presente continuo* na que se sitúa o espectador contemporáneo ten outra serie de consecuencias que de xeito imperceptible, pero inexorable, foron condicionando a propia concepción que do mundo ten o

home actual. Así, podemos destacar que a nova visión da realidade que se ofrece como totalmente próxima, converte o espectador en copartícipe das vivencias doutros seres e en coprotagonista dos acontecementos que, desta maneira, adquiren unha nova perspectiva tanto no nivel individual como colectivo. Esta situación reviste unha dimensión ilimitada ó adquirir carta de natureza noutros medios audiovisuais que desta forma facilitaron unha interconexión cada vez maior entre os homes e unha presenza 'case real' do individuo en calquera tipo de acontecemento.

De maneira similar, esta proximidade do contorno que rodea o home facilitou unha visión distinta da propia realidade e de diversos factores (opinións, crenzas) que están presentes nos acontecementos. O home atópase de continuo perante unhas imaxes que lle amosan formas de vida, personaxes que se relacionan entre si, sucesos que inciden nas vivencias; e todo isto estruturado dunha forma narrativa, o que desenvolveu unha visión especial dos acontecementos: o home contemporáneo é profundamente narrativo, busca unha fórmula sucesiva dos feitos, preocúpase por atopalos nexos (sobre todo pola relación causa-efecto) ante os sucesos, aplica ás súas actividades e ó xeito de presentalas unha sucesión encadeada, e todo isto para someter a un control o máis férreo posible o que ten diante dos seus ollos.

Tampouco non podemos esquecerlo feito de que esta narratividade que

envolve tódolos aspectos da vida ten como un dos soportes máis importantes a 'repetición' das imaxes⁴, que polas súas propias características poden ser reiteradas ata a súa destrución física. Esta posibilidade, que en principio puidera semellar intranscendente, adquire unha importancia significativa, pois afixo os espectadores a consideraren as imaxes cun alto grao de subsistencia (isto poderíamos constatalo na persistencia de determinados filmes por riba do paso dos anos) que se difundiu en ámbitos moi diversos da realidade social.

Todo isto lévanos a reafirmar dunha forma radical a repercusión das imaxes cinematográficas tanto sobre o home, considerado individualmente, como sobre a sociedade no seu conxunto. Porque é moi interesante recordar agora, no cambio de século, as palabras que escribiu Luigi Chiarini e mediados da centuria:

La primera mitad de este siglo quedará ciertamente caracterizada, entre otras cosas, por el nacimiento y afirmación de este nuevo medio de comunicación, cuyo alcance trasciende los límites de la expresión artística e incluso del espectáculo. Sea cual fuere su suerte futura... no hay duda de que el espíritu del cine, que ha instaurado una nueva civilización visual, seguirá sobreviviendo a través de los cambios de formas que aporten las permanentes revoluciones técnicas.⁵

É indubidable que aquelas afirmacións, profundamente vinculadas ó impacto que producira determinado

tipo de películas nos anos centrais do século, adquiren especial significación no momento presente, xa que botan luz sobre as transformacións das últimas décadas e permiten constata-la gran repercusión das imaxes animadas no conxunto da sociedade.

O CINE, TESTEMUÑO DA SOCIEDADE

Se nos parágrafos anteriores considerámo-las achegas do cine á creación dunha nova concepción do mundo, isto debe conducirnos en paralelo a considerar que esas mesmas imaxes se producen nunhas condicións moi precisas, inseridas nunha realidade social concreta que é, pola súa vez, a súa impulsora máis clara.

A afirmación de que as imaxes cinematográficas se producen en íntima conexión co mundo social determinado necesita certas matizacións sobre o sentido en que se realiza; de ningunha maneira pensamos que exista unha relación causa-efecto entre a sociedade e o mundo do cine, de xeito que o extremismo do vínculo nos leve a pensar que determinadas circunstancias orixinen sempre o mesmo tipo de películas.

Pola contra, estimamos que esta relación é moi rica e plural, vai alén dun determinismo estrito e posúe unha gran variedade de posibilidades; desta concepción é de onde deriva o

4 Román Gubern, *Mensajes icónicos en la cultura de masas*, Barcelona, Lumen, 1974, pág. 17.

5 Luigi Chiarini, *El cine, quinto poder*, Madrid, Taurus, 1964, pág. 15.



Lo que el viento se llevó (1939, Víctor Fleming). Ás veces os testemuños sociais transcenden os límites cronolóxicos dunha etapa.

noso convencemento de que o cine é un 'testemuño' da sociedade, pero cunha diversidade de matices que fai que non poidamos velo dunha forma simplista, senón con niveis de implicación moi diferentes e sempre interesantes para poder coñecer mellor o noso século. Ademais, considerámo-lo carácter testemuñal nun dobre nivel cronolóxico: un inmediato, en canto os filmes aparecen próximos ós acontecementos, coetáneos con aquilo que sucede; pero, á vez, hai un testemuño a medio prazo en canto que a sociedade volve sobre eses sucesos e os reinterpreta de acordo coa visión dese momento preciso. Esta

dobre perspectiva parécenos moi interesante pois demostra que a preocupación por determinados temas do noso século non é só ocasional senón que pode transcende-los límites cronolóxicos dunha etapa.

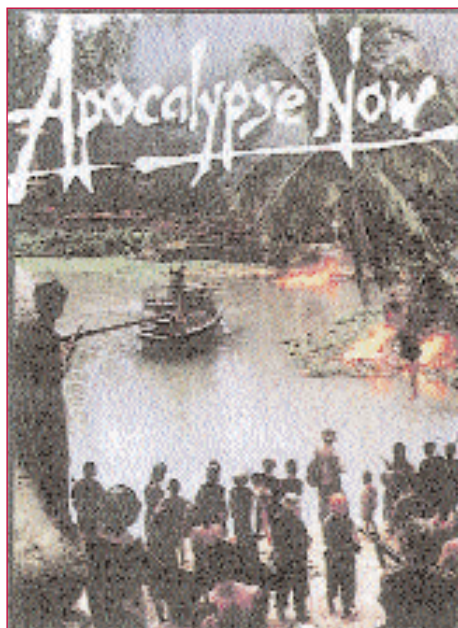
Tendo estas circunstancias en conta poderíamos facer unha enumeración moi ampla de filmes e situacións sociais, que iría moito máis alá dos límites deste traballo; pola contra, coidamos que abundará con seleccionar algúns grandes momentos ou aspectos do século XX, á vez que facemos mención de películas que testemuñan a singularidade destas situacións.

En primeiro lugar podemos empezar por uns acontecementos tan recoñecibles como son os *conflictos armados*. É indubidable que o século que rematou foi testemuña dunha serie de enfrontamentos armados dunha crueza e efectos sociais verdadeiramente impresionantes; non é anecdótico o feito de que por primeira vez se fale de 'guerras mundiais' pola súa repercusión que supera os ámbitos nacionais, pero a isto súmase o feito de que conflitos que se poderían considerar limitados na súa localización xeográfica (guerras de Corea ou Vietnam) tiveron unha transcendencia mundial de acordo co reduccionismo espacial que comentabamos máis arriba.

Son moi numerosas as películas nas que ficaron testemuñadas estas conflagracións pero, á vez, non podemos esquecer que foron obras que deixaron constancia de maneiras ben distintas da crueza da guerra, o seu influxo sobre as persoas (tanto militares coma civís), a violencia que chega a facerse consubstancial cun xeito de vela vida e de actuar, ou mesmo os sentimentos positivos que poden xurdir no medio de circunstancias totalmente adversas.

É significativo que desde películas producidas sobre a Primeira Guerra Mundial se consagrasen unha serie de modelos que logo foron seguidos reiteradamente, como sucedía en *El gran desfile* (The Big Parade, 1925, King Vidor), *La gran ilusión* (La grande illusion, 1937, Jean Renoir) ou *Senderos de gloria* (Paths of Glory, 1957, Stanley

Kubrick); a partir destas pautas foron moitas as obras (tanto documentais como de ficción) verbo da Guerra Civil española, a Segunda Guerra Mundial, a de Corea, as guerras de descolonización (digna de lembranza é unha obra como *La batalla de Argel*, La battaglia di Algeri, 1966, Gillo Pontecorvo, na que se define a guerra urbana e contraterrorista), o conflito de Vietnam, dunha transcendencia social que ficou reflectida en filmes como *Apocalypse Now*, 1979, Francis F. Coppola, chegando ata as loitas máis próximas á nosa actualidade como a desintegración da antiga Iugoslavia nos anos noventa (*Underground*, 1995, Emir Kusturica, auténtico



Apocalypse Now (1979, Francis Ford Coppola) reflecte a transcendencia do conflito de Vietnam.

políptico sobre a evolución histórica desa terra).

Pero, en paralelo, non podemos esquece-la diversidade de *réximes políticos* que tiveron o seu arraigo ó longo do século XX e configuraron unha variedade de opcións que debuxaron un crebacabezas de consecuencias xigantescas e por veces impredecibles. É indubidable que non todos tiveron a mesma expresión cinematográfica nin un tratamento de intensidade cuantitativa e cualitativamente semellante; pero a través dun abano de películas moi diversas entre si, podemos chegar a intuír-la forza deses movementos durante este longo período.

De acordo cos criterios apuntados anteriormente, neste caso é moi interesante diferencia-las obras coetáneas daqueloutras que xorden con posterioridade, xa que dese xeito se evidencia o vínculo favorable a determinadas ideoloxías ou a crítica que unicamente pode xurdir ó cambia-las circunstancias históricas.

Non nos pode sorprendere que os réximes totalitarios marcaran o mundo da imaxe animada co seu férreo control en tódolos niveis; de aí derivaron multitude de obras no mundo do nazismo alemán, do fascismo italiano, do franquismo español máis ríxido, da autarquía ou do comunismo soviético; este último, pola súa dilatada traxectoria, ofrece unha diversidade que denota o paso por épocas de exaltación revolucionaria (*Octubre*, Oktjabr, 1927, Sergei

M. Eisenstein), de consagración do 'realismo socialista' (*Chapaiev el guerrillero rojo*, Chapaiev, 1934, Sergei e Giorgi Vassiliev), a crítica ó stalinismo (*La confesión*, L'aveu, 1979, Costa Gavras) ou o desexo dos anos cincuenta (*Cuando pasan las cigüeñas*, Latjat Zhuravli, 1958, Mihail Kalatozov).

Nas últimas décadas puidemos seguir constatado cómo o cine se facía testemuña dos acontecementos políticos e das ideoloxías subxacentes neles, con exemplos tan claros como a crítica interna ó propio desenvolvemento do comunismo que atopabamos nunha obra tan significativa como *El hombre de hierro* (Czlowiek z zelaza, 1981, Andrzej Wajda), testemuño do principio da fin co auxe do sindicato Solidariedade, ou as numerosas obras que reflectiron as consecuencias da caída do muro de Berlín e as transformacións acaecidas tanto na propia Alemaña coma na desaparecida Unión Soviética.

No mundo americano atopamos contrastes que evidencian a diversidade de fórmulas políticas que se foron producindo naquel continente ó longo do século. Desde a defensa dos grandes principios do mundo democrático estadounidense que fixo Frank Capra en diversas películas dos anos trinta (*El deseo de vivir*, Mr. Deeds goes to Town, 1936 ou *Caballero sin espada*, Mr. Smith goes to Washington, 1939, por exemplo) cargadas de bos sentimentos e dunha simplicidade próxima á inxenuidade, ata as obras que defenderon o mundo revolucionario cubano sobre todo nos anos sesenta e setenta (bos



El acorazado Potemkin (1925, Sergei M. Eisenstein). Narración sublime dun movemento revolucionario na Rusia zarista de principios do século XX.

exemplos serían *Lucía*, 1968, Humberto Solás, ou *Memorias del subdesarrollo*, 1968, Tomás Gutiérrez Alea), sen esquece-los testemuños críticos das ditaduras do Cono Sur, sobre todo a orixinada polo golpe de Augusto Pinochet (*La batalla de Chile*, 1975-1978, Patricio Guzmán) ou as fortes repercusións sobre tódalas capas da sociedade da ditadura militar na Arxentina (*Los chicos de la guerra*, 1984, Bebe Kamin ou *La historia oficial*, 1985, Luis Puenzo).

Pero se cadra un dos trazos máis ricos e representativos do século XX foran as numerosas e profundas *crises*

sociais que se viviron con grande crueza e con fortes repercusións sobre grupos moi amplos da sociedade. A enumeración de todas elas convertería este traballo nunha lista sen fin, por iso mencionaremos só algunhas das máis significativas.

Sempre se resaltou a singularidade dos anos vinte como un período no que se empezan a concretar algunhas das claves da nova sociedade deste século (masificación progresiva, cambios nas estruturas familiares tradicionais, crecente protagonismo laboral da muller, estruturas económicas moi



Charles Chaplin é recoñecido por tódalas xeracións posteriores de cineastas como un dos máis grandes actores e directores.

febles e ligadas en todo o mundo, etc.) e podemos encontrar múltiples filmes que, en distintos países, ofrecen testemuño de todo isto. Desde as comedias dirixidas por Cecil B. De Mille que exemplifican os novos códigos matrimoniais, ata as diversas obras con tendencias distintas (expresionismo, *kammerspiel*, nova obxectividade) ofrécenno-las complexas situacións dunha sociedade convulsa como a alemana da República de Weimar.

Tampouco non podemos esquecer achegas individuais que reflexionaban sobre o sentido desta década, como son os casos de *El gran Gatsby* (The Great Gatsby, 1973, Jack Clayton) sobre a magnífica novela de Scott Fitzgerald, *Y el mundo marcha* (The Crowd, 1928, King Vidor) co contraste entre as ilusións da mocidade e a dureza da realidade cotiá, ou *Scarface, El terror del hampa* (Scarface, Shame of the Nation, 1932, Howard Hawks), magnífico testemuño da criminalidade xurdida a raíz da implantación da Lei seca.

Pero non debemos perder de vista que moitas destas situacións se ofrecen cun maior radicalismo na década dos trinta, recollendo as consecuencias da gran crise de 1929. Se unha obra como *Las uvas de la ira* (The Grapes of Wrath, 1940, John Ford) chegou a converterse no paradigma das películas sobre a crise económica no mundo rural, podemos afirmar que *Tiempos modernos* (Modern Times, 1936, Charles Chaplin) é un dos mellores exemplos desa mesma crise no medio urbano e do impacto que produciu naquela

sociedade o mecanismo levado ás súas derradeiras consecuencias.

Todas estas claves alcanzan unha expresión maior nos anos inmediatos á fin da Segunda Guerra Mundial. O exemplo do neorrealismo italiano pasou por riba do tempo e permanece aínda hoxe como un dos modelos de cine social máis representativos do século que rematou; películas como *Ladrón de bicicletas* (Ladri di biciclette, 1948, Vittorio de Sica), *Germania, anno zero* (1947, Roberto Rossellini) ou *Arroz amargo* (Riso amaro, 1948, Giuseppe de Santis) seguen estudiándose como modelos dunhas imaxes que con gran sinxeleza, pero cunha forza e un impacto indubidables, ofrecen unha visión inmediata da sociedade italiana da época.

Con esquemas semellantes en xeral, aínda que a través dunha gran diversidade de fórmulas, ofrécese a profunda transformación que viven os anos cincuenta no mundo occidental; a aparición de novas xeracións que desde a súa xuventude buscan camiños diferentes será un dos problemas máis vivos do momento, o cal se plasmará en múltiples exemplos na cinematografía con personaxes como James Dean e Marlon Brando ou grupos de diversa repercusión como os reflectidos no *free cinema* británico ou na *nouvelle vague* francesa.

Podemos, por outra banda, lembrar-la importancia que tiveron ó longo do século (e seguen tendo hoxe) circunstancias sociais doadamente

recoñecibles como son as emigracións de todo tipo. Existen no cine magníficos testemuños desta diversidade de movementos, tales como a procura de América como a terra de promisión (*América, América*, 1963, Elia Kazan; *El Padrino II*, *The God Father*, part II, 1974, Francis F. Coppola) ou o traslado á cidade co que isto supón de ruptura dos esquemas sociais rurais (*Surcos*, 1951, José Antonio Nieves Conde; *Rocco y sus hermanos*, *Rocco e i suoi fratelli*, 1960, Luchino Visconti).

Nas últimas décadas adquiriron especial relevancia os grandes desprazamentos que desde os países máis deprimidos economicamente se producen cara ós máis desenvolvidos, contando con bos testemuños icónicos como son *Lamérica*, 1994, de Gianni Amelio, sobre a crise do pobo albanés; *Las cartas de Alou*, 1990, de Montxo Armendáriz, na que recolle a presenza da poboación africana en España; *My Family*, 1995, de Gregory Nava, sobre os problemas de integración dos chicanos nos Estados Unidos, e moitas outras similares en cinematografías especialmente sensibilizadas con este tema como a francesa ou a alemana.

Nesta mesma liña de testemuños sociais é interesante resaltar cómo o cine mantivo unha relación peculiar co mundo médico durante todo o século. As películas foron vehículos nos que se plasmaba a preocupación por determinado tipo de doenzas, entre as que destacaron a principios de século o alcoholismo e as enfermidades venéreas; así, difundíronse filmes entre grupos

sociais moi concretos (os soldados, por exemplo) nos que se expoñían os perigos deste tipo de males.

Máis adiante atopámonos con tendencias singulares, como é a preocupación pola psiquiatría e a súa difusión popular nas décadas dos corenta e cincuenta, que deixaron testemuños cinematográficos memorables, como *Recuerda* (*Spellbound*, 1945, Alfred Hitchcock) ou anos máis tarde *Alguien voló sobre el nido del cuco* (*One flew over the cuckoo's nest*, 1975, Milos Forman) na que estaba presente outro tema interesante como é a preocupación polas institucións hospitalarias. Nos últimos anos dedicouse unha atención crecente á inquietude pola difusión da sida entre amplos grupos de poboación e as posturas do resto dos cidadáns ante este problema (filmes como *Philadelphia*, 1993, de Jonathan Demme ou *Los amigos de Peter*, *Peter's Friends*, 1992, de Kenneth Branagh, serían exemplos disto).

O carácter testemuñal no cine vai alén dos acontecementos concretos para plasmarse tamén en relación coas *grandes ideas do pensamento* que moven a sociedade; é indubidable que isto se acha dun xeito subxacente nun gran número de filmes (moitos dos que citamos anteriormente serven de modelo) pero tamén se nos presenta dunha forma explícita noutras moitas películas.

Os enfoques de forte carga relixiosa tiveron cabida nas imaxes cinematográficas, de forma que principios fun-

damentais do cristianismo como a confianza na providencia (*Francesco giullare di Dio*, 1959, Roberto Rossellini), a comunión dos santos (*Los ángeles del pecado*, *Les anges du peché*, 1943, Robert Bresson), a vida alén da morte (*Jesús de Montreal*, *Jesús de Montréal*, 1989, Denny Arcand), a comprensión da dor do outro (*Gritos y susurros*, *Viskningar och rop*, 1972, Ingmar Bergman) ou a forza da fe por riba da realidade cotiá (a sempre recordable *La palabra*, *Ordet*, 1955, Carl Th. Dreyer) ofrécense ó home do noso tempo con gran proximidade.

Xunta estas hai outras ideas contemporáneas que as películas plasmaron: un mundo persoal cargado de dificultades como é o que responde ós principios do existencialismo que levou ás súas imaxes Micheangelo Antonioni (*Las amigas*, *Le amiche*, 1955 ou *Desierto rojo*, *Deserto rosso*, 1964, por citar só algún dos seus filmes), a fraternidade por riba das diferencias de raza, idade ou cultura (*Dersu Uzala*, 1974, Akira Kurosawa), a loita de clases como motor da historia (*Novecento*, 1976, Bernardo Bertolucci), o hedonismo e en concreto o pracer da comida (*La gran comilona*, *La grande bouffe*, 1973, Marco Ferreri), a xenofobia e o racismo (*Adiós muchachos*, *Au revoir, les enfants*, 1987, Louis Malle), o uso das drogas e o consumismo total dalgúns mozos de hoxe (*Historias del Kronen*, 1994, Montxo Armendáriz ou *La carnaza*, *L'appât*, 1994, de Bertrand Tavernier) e moitas outras obras que nos deixaron exemplos sempre memora-

bles de cómo o home se sente impulsado por unha serie de principios.

Como culminación destas reflexións sobre o carácter testemuñal do cine, e a pesar do desexo de non sermos exhaustivos, debemos mencionala profunda relación, en tódolos niveis, que se constata entre as imaxes animadas e *o mundo cultural*. Os nexos que se estableceron ó longo destes cen anos entre tódalas facetas da literatura (teatro, novela, conto, poesía) e o cine reborda calquera tipo de enumeración e é algo doadamente perceptible para un espectador cun mínimo de sensibilidade; non podemos considerar soamente a mera adaptación, senón que debemos lembrar que os vínculos que se crearon entrámbalas expresións narrativas acadaron unha pluralidade de matices que abrangue todo tipo de campos.

Xunto a isto está a tantas veces estudiada relación entre as imaxes e os movementos vangardistas, que encontraron nelas unha forma de innegable forza e que respondía ás súas formulacións de ruptura e renovación estética. Se o expresionismo vai intimamente unido a *El gabinete del doctor Caligari* (*Das Kabinett des Dr. Caligari*, 1911, Robert Wiene), qué dicir das obras buñuelianas *Un chien andalou* (1929) e *L'âge d'or* (1930) e do testemuño que representan das claves máis singulares e atractivas do surrealismo, xunto do reflexo que quedou nas imaxes de movementos como o futurismo ou a abstracción.



Buñuel, fotografado por Man Ray no ano 1929. Buñuel é por excelencia o director do surrealismo.

Pero neste matiz testemuñal que estamos a resaltar agora, hai un aspecto que nos interesa destacar: o feito de que o cine se converteu no vehículo a través do cal puidemos coñecer, malia o paso do tempo, con toda a súa forza e con esa proximidade que comentabamos anteriormente, a artistas que doutro xeito só nos serían accesibles por información escrita. Casos significativos (e que se citaron en reiteradas ocasións) son os de grandes actrices do teatro como Sarah Bernhardt ou Francesca Bertini, ou actores como Laurence Olivier, sen esquecer películas dunha alta singularidade como *El mis-*

terio Picasso (Le mystère Picasso, 1956, Henri-Georges Clouzot) ou *El sol del membrillo* (1991, Víctor Erice) nos que vemos traballando dous pintores españois tan importantes como Picasso e Antonio López.

DIRECTORES E PELÍCULAS PARA UN SÉCULO

Queremos remata-las nosas consideracións sobre a singularidade do cine dentro do contexto do século XX facendo unha reflexión que pode parecer moi simple pero que, ó noso xeito de ver, adquire unha especial importancia; trátase da valoración das contribucións individuais.

Das páxinas anteriores cremos que se deduce a forte pegada que as imaxes cinematográficas deixaron sobre sectores moi amplos da sociedade contemporánea; unha persoa poderá ser máis ou menos consumidora desas imaxes, pero é incuestionable que consideradas socialmente marcaron, e seguen facéndoo, de forma significativa algúns momentos da nosa existencia.

Pero a isto únese a contribución que representan algúns cineastas e determinadas obras do acervo cultural deste século; o mesmo que sucede con outras manifestacións humanas, por moi diferentes que sexan as súas características, sabemos que o cine colaborou á configuración do conxunto do que se considera como a bagaxe desta era, ese núcleo de coñecementos e trazos que calquera persoa

minimamente culta debe recoñecer como propios do contexto no que vive.

Ó longo de todas estas décadas foron numerosas as contribucións, pero manténdonos dentro do principio de moderación enumerativa que aplicamos ata aquí, podemos destacar algún cineasta que, malia a ter desenvolvido o seu traballo principalmente na primeira metade do século, foi recoñecido polas xeracións posteriores; é o caso de Charles Chaplin, un home que marcou dun modo profundo moi diferentes grupos humanos e demostrou a riqueza e 'seriedade' que pode te-lo mundo da comidade.

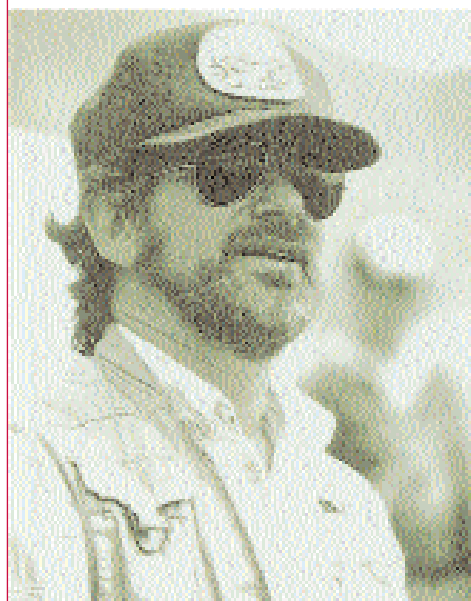
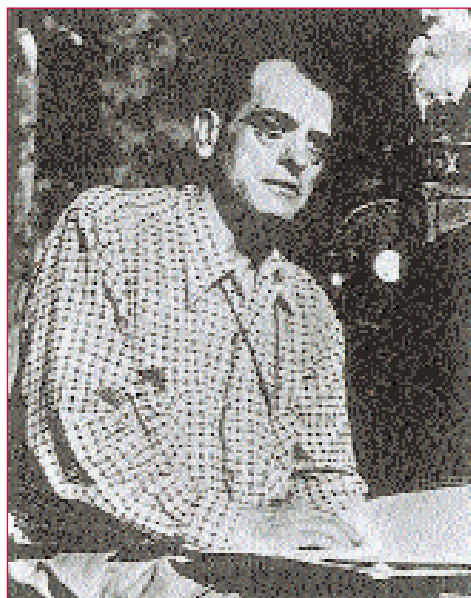
Tampouco podemos esquecer directores que responderon co seu cine a unha serie de códigos moi estruturados, de xeito que os facían doadamente recoñecibles para o público; personalidades como John Ford ou Alfred Hitchcock (vinculados de maneira radical ó *western* e ó suspense, respectivamente) superaron os límites do cine comercial e realizaron reflexións de gran profundidade sobre o home en situacións moi concretas.

Canda eles traballaron cineastas que, cunha forte individualidade, loitaron durante toda a súa vida por transmitir visións persoais de gran riqueza e suxestión; Luis Buñuel, Orson Welles ou Luchino Visconti serían magníficos exemplos de cómo as imaxes cinematográficas adquiren unha gran complexidade e unha interrelación con outros ámbitos culturais (surrealismo,

mundo teatral, e en concreto Shakespeare, o mundo operístico e por extensión o conxunto dos elementos da posta en escena, respectivamente).

E en relación co máis achegado a nós podemos lembrar dous personaxes que, mesmo sendo moi discutidos e discutibles, sen embargo posúen unha serie de trazos de valor: Woody Allen e Steven Spielberg representan dous modelos radicalmente distintos de entende-lo cine, pero o impacto que as súas películas (sobre todo consideradas como un conxunto homoxéneo) produciron sobre as últimas xeracións do século son un bo testemuño da importancia do cine nestes anos.

Ó lado dos cineastas pódense citar algúns filmes que ó longo do século XX destacaron como cimas inalcanzables ou puntos de referencia para toda persoa que se achega á suxestión da imaxe: *El acorazado Potemkin* (Bronenozet Potiomkin, 1925, Segei M. Eisenstein), *Lo que el viento se llevó* (Gone with the Wind, 1939, Victor Fleming), *Ciudadano Kane* (Citizen Kane, 1940, Orson Welles), 2001: *Una odisea del espacio* (2001: A Space Odyssey, 1968, Stanley Kubrick), *Muerte en Venecia* (Morte a Venezia, 1971, Luchino Visconti) e *Apocalypse Now* (1979, Francis F. Coppola) forman un conxunto de obras que, dentro da súa pluralidade, demostra as posibilidades do cine para conseguir crear un mundo propio e transmitilo cun alto nivel de seducción ós espectadores.



Buñuel, Hitchcock, Spielberg e Woody Allen. Catro directores significativos para un século.

BIBLIOGRAFÍA

- Allen, R., e D. Gomery, *Teoría y práctica de la Historia del Cine*, Barcelona, Paidós, 1995.
- Andrew, J. D., *Las principales teorías cinematográficas*, Madrid, Rialp, 1992.
- Bazin, A., *¿Qué es el cine?*, Madrid, Rialp, 1966.
- Bordwell, D., J. Staiger, e K. Thompson, *El cine clásico de Hollywood: estilo cinematográfico y modo de producción hasta 1960*, Barcelona, Paidós, 1997.
- Burch, N., *El tragaluz del infinito. Contribución a la genealogía del lenguaje cinematográfico*, Madrid, Cátedra, 1987.
- Casetti, F., *Teorías del cine. 1945-1990*, Madrid, Cátedra, 1994.
- Ferro, M., *Historia contemporánea y cine*, Barcelona, Cátedra, 1994.
- Gomery, D., *Hollywood: el sistema de estudios*, Madrid, Verdoux, 1991.
- Gubern, R., *Mensajes icónicos en la cultura de masas*, Barcelona, Lumen, 1974.
- _____, *La mirada opulenta. Exploración de la iconosfera contemporánea*, Barcelona, Gustavo Gili, 1987.
- Hueso, A. L., *El cine y el siglo XX*, Barcelona, Ariel, 1998.
- Morin, E., *El cine o el hombre imaginario*, Barcelona, Seix Barral, 1972.
- Rosenstone, R. A., *El pasado en imágenes. El desafío del cine a nuestra idea de la historia*, Barcelona, Ariel, 1997.
- Sadoul, G., *Histoire Générale du Cinéma*, París, Denoël, 1946-1975.
- Scott, J. F., *El cine, un arte compartido*, Pamplona, EUNSA, 1979.
- Sorlin, P., *Sociología del cine: la apertura para la historia del mañana*, México, FCE, 1985.
- VV. AA., *Historia General del Cine*, Madrid, Cátedra, 1995-1998, 12 vols.
- Wyver, J., *La imagen en movimiento. Aproximación a una historia de los medios audiovisuales*, Valencia, FilMOTECA de la Generalitat Valenciana, 1992.



UNHA REFLEXIÓN SOBRE A MÚSICA DO SÉCULO XX

*Roberto Relova Quinteiro**
Conservatorio Superior de Música
Vigo

INTRODUCCIÓN

O século XX comeza de forma case espectacular en case todo o que se refire ó mundo das artes. A música vese implicada nun torrente de acontecementos que van marca-las diferentes sensibilidades dos compositores e do público en xeral, e por suposto a eterna busca dunha comunicación entre obra de arte, creador e receptor. O público asistirá asombrado a cambios de actitudes, de linguaxes, de conceptos que aínda hoxe rompen os esquemas do oínte do ano 2000. Esta idea relaciónase perfectamente con outra: os consumidores de música 'clásica' (prefiro a denominación de culta) do noso século oíron case con exclusividade a produción do XIX e como moito, dos inicios do XX. É moi rechamante que compositores como Alban Berg, Arnold Schoenberg, etc., se consideren autores 'contemporáneos', con todo o que leva consigo de pexorativo.

Outra idea fundamental para reflexionar sobre a nosa época pasada

é, sen dúbida ningunha, que as músicas que tiveron un impacto social sobre a poboación son as denominadas populares: jazz, pop, rock, etc. Os esforzos feitos polos dirixentes culturais e compositores para achegárense ó gran público son, en diferentes casos e momentos, desmesurados e case falidos, xa que o erro é de base e inamovible: separa-lo concepto de cultura do de educación. Nesta dirección e coa implantación na última década da reforma educativa no Estado español (LOXSE), a música entra por primeira vez no sistema educativo, e non queda á marxe como historicamente viña sucedendo, e materias como Jazz ou Flamenco aparecen dentro das ensinanzas do novo Grao Superior nos conservatorios superiores de música. E xa no plano da auténtica necesidade formativa do alumnado, a nova lei articula o seu obxectivo arredor da orquestra e propón un 'freo' ós conservatorios, que se converteran en centros de ensino musical case dirixido ó piano, a guitarra e en moi menor medida á corda, tan necesaria nas nosas orquestras.

* Catedrático de Estética e Historia da Música.

Non ocorría así en Europa, onde se desenvolveu verbo da música unha tradición histórica envexable e que actualmente vive dese pasado que marcou definitivamente a dinámica das ensinanzas musicais e a súa respectiva cultura. Países como Francia, Alemaña, Italia ou Inglaterra consideraron a música como un elemento técnico dentro da educación e non estético como ocorreu en España. Por iso, en gran parte destes estados a música céntrase na educación do neno e separa a formación de futuros músicos dos non profesionais que só desexan achegarse á música como unha forma máis de vivi-lo ocio.

En España, ata a entrada da LOXSE, calquera persoa podía estudar música sen tela como un obxecto claro do seu futuro, ou simplemente por entretemento; o curioso é que só os conservatorios recibían toda esta po-boación de estudantes, co cal o fracaso foi estrepitoso. Aínda hoxe, a práctica instrumental está separada das ensinanzas universitarias; é comprensible que a Universidade, logo de observa-lo lamentable estado dos conservatorios nos anos setenta e oitenta, non desexase integrar nos seus mapas de titulacións este tipo de ensinanzas. Só o Estado e as cuestións políticas, creio, deben considerarse responsables desta situación de atraso na educación e cultura musical na sociedade española, pois países cunha escasa tradición —Noruega por exemplo—, en pouquísimo tempo están a unha altura realmente envexable. Ata 1972 a educación

musical en Noruega estivera en mans de conservatorios privados nas grandes cidades, sen intervención estatal e sen ningún tipo de bolsas ou axudas ós estudantes de música. Os grandes talentos estaban destinados a marchar ó estranxeiro para formarse. Os propietarios do conservatorio de música de Oslo doaron os edificios, incluídos tódolos instrumentos e equipamento, ó Estado noruegués. Iniciouse así un enorme labor para crear un plan de estudos, e o Estado preocupouse de adquirir conservatorios privados rexionais. Estes centros están ou ben dentro do sistema de escolas universitarias rexionais, ou ben forman parte da Universidade; os estudos máis avanzados realízanse na Escola Superior de Oslo, que ofrece unha licenciatura. Hoxe en día, co aproveitamento dos recursos que ofrecía o propio pobo e mais con vontade política, conseguiu ser un dos países máis importantes do mundo en cuestións musicais, tanto que a Orquestra da Radio Nacional de Noruega se converteu nunha das mellores dentro do actual panorama interpretativo.

É un exemplo que invita á reflexión. E non só é Noruega: Portugal, desde a incorporación á Comunidade Europea, coñeceu un crecente desenvolvemento da educación musical e posiblemente estea nun nivel superior ó do noso Estado. Portugal preocupouse de desenvolve-la música en tódolos ámbitos e mesmo se arriscou coa posta en funcionamento dos centros integrados, nos cales unha persoa nova pode

realiza-los seus estudos obrigatorios e compaxinalos á vez cos de música no mesmo centro, co cal, o ensino ten uns rendementos excepcionais e chega a ser de notable calidade.

As perspectivas en España son realmente boas, sempre que se potencien as escolas de música, os centros integrados e se desenvolva por parte das administracións educativas unha especial sensibilidade cara a este tipo de ensinanza. Os conservatorios de grao medio e superiores loitan pola profesionalización dos músicos, nunhas condicións, ás veces, lamentables.

Orquestras, coros, discos, intérpretes, publicidade, concertos, bandas sonoras, crítica, etc., serían temas merecentes dun tratamento pormenorizado, pero resulta aquí imposible reflexionar sobre todo isto.

1. ¿CANDO COMEZA O NOSO SÉCULO MUSICAL?

O ano 1600 é a data máis cómoda para iniciar o estudo do principio do Barroco musical europeo. Arredor desta data comezan a aparecer síntomas importantes dun novo cambio na estruturación da linguaxe musical, pois tanto antes coma despois de 1600 se consolida lentamente o que van ser as novas formas musicais, teatrais, etc. O ano 1900 é unha data con moitas posibilidades. É evidente que hai que marcar un territorio espacial e cronolóxico, pero resulta difícil. O paso é gradual, e a herdanza do XIX, espectacu-

lar, por iso se moveu aparentemente con certa lentitude. É importante sinalar que a nova música se basea en supostos técnicos e estéticos moi diferentes.

Creo que é fundamental nos cambios, e como punto de partida, o que marca Arnold Schoenberg (1874-1951) contra 1907, cando decide romper co sistema tonal tradicional. Tamén podería ser considerada como a figura clave para pecha-lo ciclo creativo da música do século XIX, aínda que eu, e desde o punto de vista estético, o compartiría con Richard Strauss (1864-1949) ou polo menos con certa parte da súa obra que se desenvolve na primeira década do século XX. Os grandes compositores que van ter unha influencia determinante nos acontecementos do novo século nacen no anterior: C. Debussy (1862-1918), M. Ravel (1875-1937), B. Bartok (1881-1945), I. Stravinsky (1882-1971), A. Webern (1883-1945) e A. Berg (1885-1935).

2. DO XIX Ó XX: A TRANSICIÓN

Xa case desde os inicios do establecemento do sistema tonal, moitos compositores tiñan dúbidas sobre a súa validez; cuestionábase, aínda que parecía existir un relativo acordo para que as cousas seguisen un camiño fácil para o oído humano. Pero a gran construción tonal non se derrubaba. É certo e moi importante que existían desexos de cambios relacionados coa tonalidade e a estética da composición, e

posiblemente son estes desexos os que nos unen directamente coa ligadura establecida entre o século XIX e o XX, e por suposto coa súa clara vinculación creativa.

Non é só a tonalidade separada. Son os novos ritmos, a creación dun espazo novo e dun novo son para un novo desprazamento no tempo; e mesmo se desenvolve unha nova capacidade auditiva do ser humano, á vez que se complica a alma do home.



Retrato de Richard Strauss no Wagnermuseum de Bayreuth.

Resulta imposible separala herdanza do XIX dos novos acontecementos. Á fin e ó cabo, compositores como Bach, Mozart, Beethoven, Schubert coinciden nunha busca, que de forma desesperada continúa en Wagner coas súas construcións musicais e estéticas.

Gustav Mahler (1860-1911), para moitos o elo derradeiro da gran cadea sinfónica dunha serie de autores austro-alemáns, mestura na súa conflictiva personalidade un amor polo pasado e unha constante renovación pola expresión. Director exemplar e compositor que enche as súas obras dun lirismo excepcional, de feito na súa produción sinfónica introduce a experiencia vocal de forma extraordinaria. A súa sona como director de orquestra de Richard Strauss (1864-1951) —o mesmo ca Mahler— pasou a entrar plenamente no mundo do mito da interpretación musical. Gran coñecedor dos recursos orquestrais, é desde o meu punto de vista un dos creadores máis impactantes dos primeiros anos do século XX e un verdadeiro nostáxico da tradición europea. Con *Salomé* (1905) e *Electra* (1908), óperas dun só acto, Strauss desenvolve unha forza indescritible na orquestra: as bases tonais sofren unha tensión que as arrastra ó bordo da ruptura, así como a intensidade da evolución musical que complica cos argumentos das propias óperas. A música de Strauss en *Salomé* e *Electra* trata de representa-las obsesión das súas personaxes femininas. E aquí entramos de cheo nun dos aspectos máis interesante: a presenza e importancia da muller

en obras dunha singular transcendencia para o devir dos acontecementos musicais. Desde a *Isolda e Brunilda* de Richard Wagner ata a *Lulú* de Alban Berg, a atención dos compositores e libretistas céntrase na poderosa forza creativa e poliédrica que ten a alma feminina. É evidente que a traxedia grega e as teorías de Freud teñen moito que ver con isto e cunha sociedade que acepta na arte a determinación do ser humano.

Strauss e o seu libretista Hugo von Hofmannsthal non son alleos ó pasado proposto por Wagner. A importancia vocal, musical e dramática que a muller ten (escenas finais de *Tristán e Isolda* e *O ocaso dos deuses*) marcan unha serie de condicionantes que á hora da representación nos estremecen.

Salomé obsesiónase de xeito enfermizo polo desexo sexual de posuí-lo amor de Juan. Unha expresionista escena final co monólogo de Salomé diante da cabeza de Juan (a obra baséase na do propio Oscar Wilde) susténtase cunha música na que a tonalidade, aínda controlada, se arreda a límites extremos. A sucesión progresiva dos acordes (igual que en *Electra*) condúcese cara ós momentos coloristas, sen que sexa unha preocupación o discurso lóxico e definitorio da propia tonalidade.

As disonancias e o cromatismo extremo non facilitan a claridade das bases harmónicas triádicas. *Electra*, o mito do desexo da vinganza, artículase baixo estas compulsivas obsesións e

sanguentos momentos que nos envolven nun estado de violencia psicolóxica, case imposible de soste: a orquestra ruxe coma un animal, o mesmo que *Electra*, que non atopa repouso en ningún momento: o seu sufrimento lévaa a desfalecer.

O nivel de saturación cromática e fluctuación tonal destas dúas óperas abre —¿ou pecha?— un camiño no que se ten que decidir se se continúa ou non nel, pois é imposible seguir sen romper algunhas das bases do sistema tonal, xa debilitado abondo. Strauss decide non seguir e moitos criticaron esta actitude por considerala un claro retroceso. Público e crítica non souberon valorar na súa xusta medida o que estaba a ocorrer coas emocións que suscitaba na escena, acostumados a un repertorio lírico e con personaxes moito máis humanos (*Traviata*, de Verdi, *Norma*, de Bellini, etc.); atopáronse ante unha nova dimensión da alma. Os perfís psicolóxicos de Salomé e *Electra* marcan non só a nova sensibilidade do público, tamén dos futuros personaxes. Se comparamos unha personaxe de Puccini, Mimí (*La Bohème*), antes da chegada das heroínas straussianas, con outra do mesmo autor, posterior, *Turandot*, observaremos que converte a soprano dramática nunha nova enferma mental obsesionada con vingala morte da súa avoa. *Turandot* permanece aparentemente fría coma o xeo ante os crimes que ela mesma desencadea. Aínda que é certo que xa con *Tosca*, Puccini perfilaba un tipo de personaxe conflictivo desde o seu máis profundo interior.

Pero a innovación straussiana ficaba agochada baixo as aparencias dos monstros femininos. Algo semellante lle ocorreu a Stravinsky: a súa música case pasa inadvertida en *A consagración da primavera* pola espectacularidade do ballet mais pola provocadora coreografía de Nijinsky. Debussy (1862-1918) favorece, polo seu mundo musical (medieval e outras culturas), unha sonoridade sen precedentes, xa non só no plano da orquestra como tal, tamén noutros instrumentos, como é o caso do piano, á vez que hai unha evocación poética dos sentimentos, entre as impresións e as atmosferas. Debussy dá creado un novo concepto de melodía, que se basea no que el mesmo denominou arabescas: curvas naturais, melodía libre, son algunhas das definicións posibles para unha música que se conduce desde o 'exterior'.

Dentro desa transición é posible non mencionar a Busoni, Reger, Satie ou Scriabin.

3. A MÚSICA ATONAL E O CAMIÑO CARA Ó SISTEMA DODECAFÓNICO

Schoenberg (1871-1951) probablemente é unha figura que continúa por un camiño de necesaria lóxica; o seu impacto na creación musical do XX é de máxima importancia. Establecer en qué punto o compositor se despoxa do concepto tradicional da tonalidade é un pouco arriscado, xa que nalgúns obras encontramos fronteiras ou límites difíciles de determinar. Entre 1907-

-1908 ocorren feitos que marcan o proceso atonal. Os tons non harmónicos levarán o oínte a non detecta-lo contexto triádico existente, xa que se perde o seu movemento cara á resolución tonal. Hai logo unha emancipación da disonancia: os conxuntos harmónicos disonantes son series libres, así, estes acordes xa non se relacionan cos fundamentos triádicos consonantes máis sinxelos.

Outro aspecto importantísimo dentro da proposta de Schoenberg é que xa non existe unha referencia funcional que se sosteña para o resto dos tons: créase un novo e libre espazo. Logo dun proceso creativo, de reflexión e experimentación, Schoenberg chega a un período no que desenvolve propostas tan interesantes como *Erwartung* (*A espera*), un monodrama de vinte minutos para soprano e orquestra, atonal e atemático. A historia céntrase nunha muller que agarda encontrarse nun bosque co seu amante. No transcurso da obra, a protagonista parece tolear ó non se reunir con el, por fin topa o seu cadáver. A música dinámizase desde unha formulación libre de ideas?, e cun carácter mutante. Non sabemos qué vai ocorrer, o noso oído está en continua tensión.

Entre Schoenberg e o pintor W. Kandinsky estableceuse unha relación na que observamos un interesante paralelismo das súas obras e ideas.

Webern (1883-1945) é outra das personalidades clave no proceso da música atonal. O compositor, herdeiro

dunha tradición, igual ca Schoenberg, abandónaa despois dun proceso de reflexión e experimentación. Sempre se fala na súa obra da tendencia á brevidade, a concisión e a transparencia musical. Obras importantes son as *Seis pezas para orquestra*, Op. 6, *Cinco lieder*, Op. 3, etc.

En canto a Alban Berg (1885-1935), a súa obra, tanto instrumental coma vocal, marca, posiblemente, 'un' dos finais de dúas tradicións: a moderna e a tardo romántica. Para esta reflexión do XX interesa incidir nas súas óperas *Wozzeck* e *Lulú*. Xa comentaba máis arriba a importancia que tiña a presenza da muller na ópera de finais do século XIX e inicios do XX. Ademais, creo que son dúas obras que resultan verdadeiramente apaixonantes dentro da produción do noso tempo. O rigor, a percepción formal e o equilibrio de Alban Berg na súa música son impecables.

A orquestra en *Wozzeck* é empregada en poucas ocasións na súa totalidade. Berg ten moi presentes as ensinanzas do mestre Schoenberg e o seu selo camerístico, por exemplo do *Pierrot lunaire* ou a sinfonía de cámara Op. 9. En *Wozzeck* atopamos unha escritura orquestral fragmentada e con refinamento tímbrico espectacular; recorre a elementos moi concretos e mesmo non dubida en introducir instrumentos pouco tradicionais na orquestra como son o piano desafinado, a guitarra, o acordeón e a celesta. En *Lulú* chegamos a unha nova consideración do amor: fuxir do inferno do amor, busca-la libe-

ración do amor. Lulú é unha personaxe que nos envolve na súa desesperación e no concepto do demo do amor e do anxo da morte. A fatalidade e maila morte son a esencia desta ópera que marca todo un fito no XX. Dunha riqueza orquestral e un desenvolvemento de máximo equilibrio, Berg introdúcenos no seu mundo sonoro que vén marcado pola propia realidade expresionista e a tradición do seu mestre, pero que non renuncia á función dos elementos técnico-creativos e estéticos da súa concepción. Lulú é a grande e última personaxe feminina musical do noso século, con ela péchase un ciclo musical e estético que, coido, aínda non produciu tódalas súas consecuencias. Berg entrará no século XXI como un dos máis grandes 'clásicos'. De feito, as representacións de *Lulú*, o seu concerto para violín e orquestra ou a súa obra para piano son cada vez máis interpretados.

Arredor destes tres compositores, Schoenberg, Webern e Berg, desenvólvese o expresionismo como un camiño de lóxica evolución desde as bases e presupostos da música de finais do século pasado. Dalgunha forma, foi decisiva a amizade que Arnold Schoenberg mantivo cos pintores expresionistas alemáns, especialmente cos compoñentes do grupo Der Blaue Reiter (O xinete azul). En 1911, expóñense traballos deste grupo en Múnic e o propio Schoenberg incluíu os seus cadros. Músicos e pintores interrelacionáronse nunha busca da expresión na que achan solucións verdadeiramente

transcendentais. As obras deste período manifestan unha tendencia a reduci-lo son á súa esencia máis pura. A música atonal abrirá as portas á abstracción, que a conducirá cara á codificación dodecafónica da linguaxe musical.

4. OS OUTROS CAMIÑOS

A obra de Stravinsky (1882-1971) escapa a un ríxido esquema de encaдрamento; a súa produción pasa polo século recollendo tódalas posibilidades que a el lle interesan. Desde logo que a división da súa obra en períodos resulta moi cómoda, pero pouco crible a estas alturas. *A consagración da primavera* (1913) pasa a ser un exemplo desa espectacular relación que viviron as artes nos primeiros anos do XX. *A consagración* é unha obra que se basea na acentuación e en breves fragmentos melódicos e simples que evocan as cancións folclóricas, e que chegan a producir unidades máis extensas e complicadas. O trazo rítmico nesta obra é unha cuestión altamente significativa, pasaxes nas cales se muda case arreo de medida. Debe recordarse aquí a última parte de obra, a "Danza do sacrificio", onde se suceden de forma extrema os ditos cambios. O son desa partitura, unha das máis célebres do noso século, radica no tratamento que ten a orquestra: un xigantesco instrumento de percusión. O concepto e a propia definición que lle dá Stravinsky ó seu traballo dentro da tonalidade, áchase no sentido da centralidade tonal e no

principio básico da atracción polar, sustentado por un conxunto referencial de notas que serven como centro do material que o forman e que xiran arredor deles, incluso o crean. Diatonismo, cromatismo, son cuestións tamén de máxima importancia que nos axudan a coñecer-la formulación creativa e estética deste xenio do XX.

Compositores como Bartok, Rachmaninov, os futuristas, Janacek, Kodaly, Sibelius, Nielsen ou Ravel, axudan a compoñer-lo marco creativo e xeográfico da produción musical do século XX. É difícil en poucas liñas realizar unha reflexión sobre a súa importancia.

Moitos destes autores ós que nos referimos mostran ó longo da súa vida diferentes transformacións lóxicas como ocorre co dodecafonismo (por exemplo, Schoenberg, Berg) ou posturas máis radicais ou conservadoras. Neste sentido, sería necesario volver considera-las novas actitudes que se toman dentro de obras xa comentadas (*Lulú*, *Wozzeck*).

5. ESPAÑA

En España, a produción musical céntrase en gran medida na zarzuelística. Cumpriría un profundo estudio xa que actualmente, gracias ó desenvolvemento musicolóxico dos últimos vinte anos, pódense ter criterios e elementos novos para desenvolver unha nova observación dos acontecementos que marcan a fin de século.



Manuel de Falla, de Vázquez Díaz; Teatro Real de Madrid.

Sen dúbida os tres músicos máis importantes desta época son Isaac Albéniz (1860-1909), Enrique Granados (1867-1916) e Manuel de Falla (1876-1946). Este último é considerado como o máis importante da primeira metade do XX e nada alleo á máis pura tradición da riqueza folclórica do seu país e das tendencias que vivía a música europea a comezos do século. Obras como *Noches en los Jardines de España* (1915) ou as *Siete canciones populares españolas para voz y piano* (1915), demostran unha destreza compositiva na que se unen tradición, modernidade e orixinalidade. O seu coñecemento da músi-

ca antiga española e o seu xeito de integralo nas súas obras (*Concierto para clave*, 1926) é asombroso. A súa obra *Atlántida*, unha gran cantata escénica —rematada polo seu alumno Ernesto Halffter baseándose no material que deixou o propio Falla— demostra o gran sentido dramático e lírico que tiña o seu autor.

Joaquín Turina (1882-1949) sucede, *a priori*, en importancia a Falla, pero hai que destacar compositores como Roberto Gerhard (1896-1970) que ofrece un traballo de enorme interese para a cultura europea: o seu mundo sinfónico, operístico e obras como *La peste*, poñen de manifesto un dos creadores máis importantes que España ofreceu nesta segunda xeración.

Xa no plano de máxima actualidade destacan compositores como Joaquín Rodrigo, Luis de Pablo, Carmelo Bernaola, Cristobal Halffter, Tomás Marco, Xavier Montsalvatge, Antón García Abril..., que se ven altamente implicados co seu mundo: os dereitos humanos, o pacifismo, etc., e a medida que discorre o tempo desde a chegada da democracia a España, diferentes obsesións que se enmarcan dentro dunha tradición culta.

6. A CREACIÓN CONTEMPORÁNEA EN GALICIA

Coido que é moi importante resalta-los actuais creadores galegos, xa que son un exemplo do dinamismo que leva vivindo Galicia desde 1980. É ben certo que compositores como Rogelio

Groba ou Juan Trillo tiveron unha relevante importancia nos diferentes campos da música galega. Pero considero moi apaixonante poder mencionar autores galegos que demostran o enorme interese que teñen pola comunicación e a creación nesta fin de século.

Enrique Macías (Vigo, 1958-1995), autor autodidacta, consegue situarse con éxito na vangarda europea. O seu catálogo esténdese por unha estética complexa que abrangue obras electroacústicas, conxuntos instrumentais, instrumentos sós e orquestra. *Clamores y alegorías* (1995), obra póstuma, foi encargada para ser estreada no Festival Internacional de Canarias o 24 de xaneiro de 1996.

Manel Rodeiro, un dos máis novos expoñentes, tende a creacións camerísticas e conxuntos instrumentais onde tamén desenvolve unha técnica autodidacta, de grande emoción intimista, recorre á expresión máis fermosa na procura da beleza. O seu labor céntrase outrosí no eido da investigación e da educación. Como responsable do Departamento de Música no Centro de Arte Contemporánea Galega (CEGAC) en Santiago de Compostela, desenvolveu unha intensa actividade sen precedentes en Galicia, que se caracterizou pola difusión da música contemporánea a través de interesantísimos seminarios, *master class*, concertos e as Xornadas de Música Contemporánea que situaron Santiago nun nivel europeo no traballo de divulga-

ción e investigación da música do noso tempo.

Manuel Balboa (A Coruña, 1958) é un músico considerado como artesán dentro do seu propio tempo; creador de óperas, música sinfónica, instrumental, bandas sonoras..., obtivo o recoñecemento do público. Músico culto, admirador da tradición wagneriana e straussiana, foxe de etiquetas e sofre as influencias dos músicos máis importantes do XX. Así como outros mozos que triunfan ante o público de concerto: Xavier de Paz, Juan Vara, Juan Durán. Interesantes propostas son as que desenvolven Antón Pulido (1971), Paulino Pereiro (1957), Xavier Arias Bal (1964), Xesús González (1965), Canco López (1964) ou Eligio Vila.

Un capítulo á parte merece, como homenaxe póstuma, o desaparecido prematuramente Xan Viaño (1960-1991). Desde 1985 e 1986 participa nos campos internacionais de Villafranca del Bierzo, onde procura novos vehículos de expresión. Coñece a Cristóbal Halffter, Bernaola e Tomás Marco, que lle encarga máis adiante unha composición para estrear nos festivais de música de Alacante. Os diferentes premios e recoñecementos que obtén e as súas viaxes, case sempre productoras dun efecto máxico (Bayreuth, Granada, Cuenca, etc.), situaban a Xan nun lugar de privilexio e respecto. Nas súas obras hai un inquietante mundo de intimidades e atmosferas, introdúcense diferentes campos experimentais da man de Vaggione e de D. Teruggi. As súas últi-

mas composicións caracterízanse polo expresionismo e a admiración pola obra de A. Schoenberg: *Nubes blancas* é densa, dramática, cun tema utilizado na súa obra para piano *Visións serias* (editada pola Universidade de Santiago). Por fin encontraba o camiño. No manuscrito de *Nubes blancas* continúa a segunda parte que titula *Nubes grises*; a súa escritura é de cor vermella, as grafías están nalgún momento moi debilitadas, semellan case dun neno que desesperadamente quere expresarse antes dun inesperado final.

Galicia vive, non só no eido da creación, un aparente ascenso: tres orquestras de importancia, festivais de música, conservatorios estatais, sociedades filharmónicas, etc., que prometen novos tempos para o acontecer musical.

7. INGLATERRA E A MÚSICA ANGLOAMERICANA

Walton, Britten e Tippett abren un renacemento musical no seu país que conecta con compositores anteriores como por exemplo G. Holst.

É Benjamin Britten (1913-1976) unha das personalidades máis poderosas deste século e que domina xunto con Tippett a escena musical inglesa nos anos posteriores á Segunda Guerra Mundial. Britten é un grande amante e coñecedor da tradición e a historia do seu país, que plasma nas súas obras dunha forma realmente asombrosa, como

ocorre en *Gloriana*, *Soño dunha noite de verán*, etc. Da súa produción creativa destaca *Peter Grimes*, ópera complexa que segue aparentemente unha tradición conservadorista. O personaxe, gracias a un tratamento musical innovador, consegue emocionalo público malia a ser un sádico. Moitos historiadores ven nesta ópera claras influencias de Alban Berg pola atmosfera que se crea arredor dela e o pesimismo que nos inspira a trama. En 1961, compón o seu famoso *Réquiem de guerra*.

Dentro dos Estados Unidos de América, destacan Copland e a presenza do francés Varés.

Villa-Lobos representa a xeración de músicos de América Latina, que consegue fama internacional baseando a súa música nos elementos nacionais. Este músico brasileiro defínese como autodidacta e defensor da cultura popular, e combina a aprendizaxe da música tradicional brasileira cos elementos máis innovadores que chegan de Europa, por iso o converten nun músico con certo carácter ecléctico. Entre 1930 e 1945 compón as *Bachianas brasileiras* onde mestura o carácter popular da música brasileira con aspectos estilísticos da obra de Bach. Chávez e Ginastera forman xunto con Villa-Lobos o conxunto de autores máis importante e destacado e conseguiron que a súa música se escoite en Europa.



Messiaen entre os seus alumnos de París.

8. A CREACION MUSICAL DESPOIS DA SEGUNDA GUERRA MUNDIAL (A MÚSICA SERIAL)

Posiblemente nos atopemos nunha etapa de nova creatividade. Os acontecementos políticos e sociais que se viviron no século marcan de vez unha estraña ruptura, crítica, con todo o anterior, sen poder desligarse das cuestións máis candentes que Schoenberg, Webern e Debussy desenvolve-ran. Francia, dentro do serialismo, ocupa un lugar de relevo na dinámica

das posicións na segunda metade do XX.

Oliver Messiaen, figura clave do noso pasado máis inmediato, é considerado como un profesional dun rigor extraordinario na súa obra. A súa tendencia asenta en trata-las características individuais do son musical: timbre, dinámica, melodía e ritmo, potenciándoas e desenvolvéndoas. É fundamental a súa idea do cambio no concepto —inusual— do ritmo, que nos conduce a unha música sen medida. En 1935 utiliza a súa particular visión en *A Natividade do Señor*, onde desenvolve un grupo de sucesións rítmicas moi complexas. Outra achega de Messiaen é o que se denomina o ritmo non retrógrado, é dicir, un ritmo no que as sucesións de duracións permanecerán iguais se se len desde o principio ou se se comeza polo final. O autor encontra unha fonte destacada na música hindú e as súas características rítmicas e unha admiración profunda polos sons da natureza. A todo isto engadirémo-lo seu interese polo canto gregoriano. Pero, sen dúbida, un traballo de investigación como base creativa é o que leva a cabo co estudio dos cantos dos paxaros, que transforma dotándoos dun material musical (*O despertar dos paxaros*, 1953). Obras como *O cuarteto para a fin dos tempos* (1940) e a sinfonía *Turangalila* (1948) pasan a se converter nos piares dunha nova estética creativa e indispensables na historia do século XX.

Pierre Boulez (1925) busca na súa música poder expresa-lo seu contido

poético e sensual por medio dunha rigorosa organización dos elementos sonoros. A súa sorprendente obra, *O martelo sen dono* (1954) desenvólvese a partir do determinismo matemático. Xa en obras como *Polifonía X* (1951) ou *Estructuras* (1952), Boulez aplicou o concepto de serie xeneralizada.

En Alemaña, a figura máis destacada do serialismo é Stockhausen (1928), en América, Milton Babbitt (1916); o propio Stravinsky amosa un grande interese pola evolución da música serial, que intenta plasmar nalgúns momentos das súas obras.

9. AS NOVAS PAISAXES SONORAS

A partir de 1948 iníciase unha das grandes revolucións do século. Despois de trescentos anos dunha lóxica continuidade nos instrumentos musicais, unha nova perspectiva na utilización das fontes sonoras cambia a produción musical revolucionando o modo no que o compositor desenvolve e experimenta a súa propia concepción. O músico abandona a súa mesa de traballo e o seu piano para se instalar nun novo espazo: primeiro, o estudio radiofónico e, máis tarde, segundo a evolución, o estudio electroacústico. Observaremos cómo de forma gradual os instrumentos tradicionais sofren un intento de renovación á vez que se introduce a electricidade para xerar son, desde os futuristas italianos, ondas martenot, a ondolina, que inciden na posible asociación dos instru-

mentos e a nova xénese de sons. Importante é o desenvolvemento tecnolóxico que se asocia á reprodución sonora e a acumulación de material electrónico e mecánico de reprodución e xeración de son nas emisoras de radio, onde se podían experimentar novos procedementos por parte de persoas sumamente arriscadas no futuro da creación.

Establécense dúas liñas mestras: a concreta, representada por Pierre Schaeffer e Pierre Henry, en París, na Radio Francesa, a partir de 1948; e a electrónica, que ten como principais representantes a Herbert Eimert e Karlheinz Stockhausen na Radio de Colonia a partir de 1950.

Schaeffer concibiu o son como unha fonte abstracta de creación; un ruído ou unha fonte instrumental podían servir en tanto que obxecto de comunicación utilizando a particularidade de separar o son da súa orixe. A proposta de Stockhausen baseábase principalmente na cuestión instrumental, buscando unha extensión do mundo instrumental a novos procedementos de produción sonora. As dúas correntes compartían a ausencia do instrumentista como xerador sonoro e a dependencia dunha tecnoloxía que co tempo e as necesidades melloraba substancialmente.

Diferentes países demostrarán un crecente interese polos acontecementos desenvolvidos en Alemaña e Francia que, pola súa vez, actuaban como puntos de especial reunión de persoas

interesadas en experimenta-las novas correntes, e que ven nacer obras xa clásicas dentro do repertorio do século XX, como o *Gesang der Jünglinge* de Stockhausen ou o *Voile d'Orphée* de Henry. Os avances e a difusión desta música emprenden, ademais, un camiño cara á investigación musical, por iso Schaeffer creará o Groupe de Recherche en Musique Concrète en 1955 e o Groupe de Recherches Musicales en 1958, nos que se traballa a integración de actividades relacionadas como a creación contemporánea, a investigación tecnolóxica e o pensamento músico-teórico.

A principios dos anos setenta comeza a seguinte xeración que se implica directamente co desenvolvemento dos ordenadores e a aparición dos convertedores dixital analóxicos, que permiten a descrición dos sons numericamente, co cal se afonda aínda máis no proceso sonoro e no control dos sons e as súas posibles combinacións. O ordenador dos oitenta facilitou aínda máis o labor do compositor, que tiña tamén ó seu alcance os sintetizadores dixitais, que permitían o principio da modulación de frecuencia e a simulación de sons acústicos instrumentais. O uso do *sampling*, procedemento de gravación de pequenas mostras sonoras de sons acústicos reais en memorias rápidas que poden ser lidas e traspostas a partir dun teclado, terá unha difusión importantísima neste proceso. A chegada do MIDI (código común de comunicación entre os distintos fabricantes de sintetizadores, *samplers* e

outros aparellos) permite unha libre comunicación de informacións entre distintos sistemas e garante unha descrición común da información. Os anos noventa continúan cun aumento da capacidade das técnicas dos sistemas e do tratamento do son e da modificación do son en tempo real. Xa desde os comezos dos medios electroacústicos se desenvolveron dúas tendencias: primeiro a que utiliza os medios tecnolóxicos, en vista da expansión do mundo instrumental, xa como xeración de novos sons que mesturarán con outros producidos por instrumentos tradicionais, ou ben como elemento que interactúa co accionar dos instrumentistas, analizando e reaccionando en función dos que estes executan; e segundo, a escola que utiliza a tecnoloxía coa finalidade de traballa-lo son co fin de realizar músicas nas cales a construción sonora constitúe o elemento motor, organizado segundo unha concepción morfolóxica do son na cal as características estruturais e espectrais son máis importantes cós parámetros clásicos de altura e duración.

Contra 1972 aparece un novo termo relacionado coa música electroacústica, música *acusmática*, que permite agrupar aquelas músicas que voluntariamente fan abstracción do intérprete. Nesta situación asistimos a un cambio total de situación auditiva: o concerto perde o intérprete como elemento motor e o auditor atópase somerxido dentro do fenómeno sonoro percibindo imaxes complexas de sons articulados conformadores do fenómeno musical

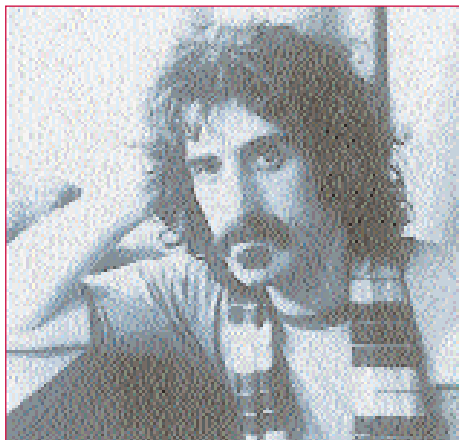
(Daniel Teruggi: *Poética electrónica*). Edgar Varèse (1885-1965) vai influír directamente en todo o proceso creativo a partir de 1945, vinculado ó mundo da música concreta e electroacústica. John Cage, músico californiano, é obxecto dun crecente recoñecemento como creador e como pensador do feito musical do noso tempo. Nas súas obras, a indeterminación é moi significativa e quizais a liberdade do compositor se ve reducida. Existen composicións nas que se observan as superposicións sonoras que se realizan durante a manifestación da obra. É importante sinala-la influencia da filosofía budista na súa vida e creación musical. Outras das grandes obsesións son as intervencións nos instrumentos tradicionais (piano preparado) ou o silencio dentro da música. O seu cuestionamento do material sonoro clásico debía conducilo a desbotar igualmente os aspectos discursivos da herdanza musical. Existen propostas, por exemplo, varios instrumentos poden ter que toca-la súa parte sen se preocupar un do doutro, mentres que certas accións, non medidas, confiren a esta parte unha variabilidade considerable. Esta maneira de facer demostra un optimismo moi estendido, unha confianza case cega nas virtualidades significativas do real.

Luigi Nono é posiblemente un dos compositores máis emblemáticos da segunda metade do século XX; italiano nado en 1924 e morto en 1990, inicia unha etapa de afondamento persoal nas técnicas serialistas. Compón *Il*

canto sopeso, a obra máis importante do seu catálogo dos anos cincuenta. Interesado na música electroacústica, comeza a frecuenta-lo estudio de fonoloxía da RAI para manter ó cabo unha relación co estudio de música electrónica da Fundación Heinrich Ströbel de Friburgo.

Iannis Xenakis é un claro expoñente da relación entre música, ciencia e arquitectura. Matemático e arquitecto, colaborou con Le Corbusier e interessouse por encaixar tipos de cálculos matemáticos a deseños visuais para os seus proxectos arquitectónicos. As súas teorías e experiencias relaciónanse directamente coa teoría da probabilidade que reflicte en obras como *Duel* (1959) e *Stratégie* (1962), nas que se establece unha especie de competición entre dous grupos instrumentais.

A fin de século caracterízase por unha crecente admiración e posibles combinacións entre os achados dos grandes compositores. Innovación, reacción, crise da modernidade, etc., son algunhas das posturas que indican a fin e o comezo dun espazo cronolóxico difícil de limitar e mesmo de comprender. A experiencia aconsella realizar unha construción positiva do momento que actualmente vivimos, a creación contemporánea é menos contemporánea ca na época de Bach ou Mozart, e isto abre o debate sobre o afastamento dos nosos compositores actuais (un exceso de intelectualidade neles) do público que foxe de escoitar música actual, e que, é ben certo, está cheo de prexuízos á hora de se enfrontar



Os Beatles e Frank Zappa, dúas importantes tendencias da música rock.

tar cunha audición de Boulez ou de Luis de Pablo.

Unha das posturas creativas máis interesantes que viviu o século XX é a xeración de compositores que se enmarcan na chamada música espectral (Murail, Grisey) e que é definida por Anne Sedes da seguinte forma:

La aportación espectral revelaría más bien una síntesis de los conocimientos todavía sumarios en los años setenta, relativos a los datos acústicos y su vinculación con la música, alimentados por otra parte por la experiencia del estudio electroacústico y por la informática balbuciente. Esta síntesis será después aplicada a la escritura y al instrumentarium del momento, gracias a una aproximación más fina al dato sonoro, haciéndose eco de las vías previamente esbozadas, entre otros por Varese, Ligeti, Xenakis o Stockhausen ("Generaciones espectrales... porvenires...", *Revista de Música Doce Notas*, 1997).

10. REFLEXIÓN E FINAL

O jazz, o rock, o pop e as manifestacións musicais denominadas populares son sen dúbida as que tiveron o impacto social de primeira orde na dinámica dos acontecementos culturais do século XX. O que moitos amantes da música clásica descoñecen é que bastantes autores dos que falamos se relacionaron con estas formas de expresión, desde a tradición máis culta no ámbito do popular, ata a visión particular do jazz dalgúns destes compositores que o incorporaron ás súas obras.

En 1967, o compositor Luciano Berio escribía nun artigo a súa admiración polas tendencias progresistas dos grupos rockeiros como os Beatles. Pero a música contemporánea tamén influíu en autores ou figuras do rock tan importantes como Frank Zappa; o pro-

pio Boulez dirixiu e gravou obras deste músico moderno, e non só iso, os avances da música electroacústica deixáronse sentir na proxección da de consumo habitual. Son moitas as tendencias que se imbricaron co son dunha sinfónica; o rock sinfónico, a música minimalista, a propia banda sonora, etc. Pero tamén é certo que cada vez existe unha maior demanda dos instrumentos tradicionais da orquestra, por exemplo na música folk, o violín, o piano, a frauta son case sempre invitados de honra nos concertos dos grupos folk e de música étnica. O século XX péchase coa desesperada busca da autenticidade.

Se realmente hai que falar dunha revolución no que se refire ó consumo de música, esta é a que se levou a cabo desde os anos setenta, coa nova perspectiva da investigación musicolóxica: o descubrimento das sonoridades de etapas anteriores. Xa antes da década dos setenta, existía a preocupación por interpreta-la música barroca: Monteverdi, Haendel, Bach, Mozart, desde unha perspectiva historicista, é dicir, coas formulacións interpretativas dela e instrumentos conservados ou copias destes. Buscábase a sonoridade do XVII e do XVIII coa maior fidelidade posible. Esta postura chocaba coas vellas escolas de instrumentistas, directores de orquestra e do público que non estaba afeito a escoitar estas músicas con diferentes afinacións e con instrumentos orixinais, e incluso a cantantes que rescataban do pasado técnicas antigas para o canto e novas voces, como a do contratenor. Britten sabía moito

diso. Os anos oitenta foron de asentamento e xa contra a fin dos noventa é impensable non contar con estas orquestras ou solistas nas programacións dos grandes auditorios, que romperon cos esquemas dos máis conservadores. Pódese falar, pois, dunha nova sensibilidade auditiva que se afianzará de forma espectacular no século XXI.

Dentro do marco deste número especial da REVISTA GALEGA DO ENSINO, o século XX é obxecto dun balance. Preferín a reflexión ante máis de cen anos de intensa creatividade, que os converten nun dos períodos máis arripiantes da época moderna en Occidente. Instaleime no que considere, nun primeiro momento, os detonantes dunha etapa e despois nos que consolidan, e posiblemente deseñan, os diferentes camiños desde finais dos setenta ata os primeiros anos do século XXI.

Son anos de axitación e dispersión creativa. Un compositor da nosa época, non só ten problemas estéticos e comunicativos, senón que se enfronta a unha sociedade de agresivo consumo, onde triunfa a música de escasa calidade e, o que é máis perigoso, a unha verdadeira crise de público da que calquera dirixente cultural europeo é consciente. A música 'cult' encamiñouse cara ó doado e falso brillo cultural daqueles que a utilizan como un éxito de prestixio social. Por iso, entre outras cousas, a ópera triunfa como espectáculo, ou se fundan orquestras que non teñen un claro futuro nin

definido obxecto. As xerencias de orquestras en toda Europa e América programan cada vez máis concertos didácticos para escolares ou os chamados en familia, para ir preparando un público que encha os seus auditorios e escoite no futuro as súas orquestras. É aquí precisamente onde entra de cheo a articulación da música dentro da educación, desde os inicios ata a formación do adulto. Se é certo que hai crise, dubido que sexa de creación, pero si de comunicación co receptor. A responsabilidade está na propia educación da nosa sociedade.

BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

- Adorno, T., *Introduction à la sociologie de la musique*, Xenebra, Contre-champs Éditions, 1994.
- Arias, J., e outros, *Máis alá. Panorama da música galega*. X Xornadas de Música Contemporánea, V Centenario da Universidade de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela, Servicio de Publicación da Universidade, 1995.
- Carreira, X. M., e M. Balboa, *150 anos de música galega*, Santiago de Compostela, Xunta de Galicia, Gabinete Técnico de Presidencia, Servicio de Publicacións, 1979.
- Lanza, A., *El Siglo XX. Tercera parte*, en *Historia de la Música*, Madrid, Ediciones Turner, Col. Turner Música, vol. 12, 1986.
- López, J., *La música de la modernidad*, Barcelona, Anthropos, 1984.
- , *La música de la posmodernidad*, Barcelona, Anthropos, 1988.
- Salvetti, G., *El siglo XX. Primera parte*, en *Historia de la Música*, Madrid, Ediciones Turner, Col. Turner Música, vol. 10, 1984.
- VV. AA., “La música en nuestros días”, *Revista de Occidente*, núm. 151, Madrid, 1993.
- VV. AA., *Poética Electrónica*, Santiago de Compostela, Servicio de Publicacións do Centro Galego de Arte Contemporánea, 1995.
- VV. AA., “La encrucijada del soporte en la creación musical”, *Revista Doce Notas*, Preliminares núm. 2, Madrid, 1998.
- VV. AA., *O centro integrado de música*, Santiago de Compostela, Consello da Cultura Galega, 1999.





Premios Nobel

PREMIOS NOBEL DE LITERATURA

Ano	Laureados	Motivos
1901	René François Armand, pseudónimo: Sully Prudhomme	“en especial recoñecemento da súa obra poética, que dá testemuño dun elevado idealismo, de perfección artística e dunha rara combinación das calidades do corazón e mais do intelecto”
1902	Christian Matthias Theodor Mommsen	“o máis grande mestre vivo da arte da literatura histórica, con especial referencia á súa monumental obra <i>Unha historia de Roma</i> ”
1903	Bjørnstjerne Martinus Bjørnson	“como tributo á súa poesía nobre, magnífica e versátil, que sempre se distinguiu tanto pola frescura da súa inspiración como pola rara pureza do seu espírito”
1904	Frédéric Mistral	“en recoñecemento da fresca orixinalidade e inspiración auténtica da súa produción poética, que reflicte fidedignamente o escenario natural e o espírito nativo do seu pobo, e, a maiores, o seu importante traballo en filoloxía provenzal”
	José Echegaray y Eizaguirre	“en recoñecemento das numerosas e brillantes obras que, dun xeito persoal e orixinal, recuperaron as grandes tradicións do drama español”
1905	Henryk Sienkiewicz	“polos seus destacados méritos como escritor épico”
1906	Giosuè Carducci	“non só en consideración da súa profunda erudición e da súa investigación crítica, senón, e sobre todo, como tributo á enerxía creativa, a frescura do estilo e a forza lírica que caracterizan as súas obras mestras poéticas”
1907	Rudyard Kipling	“en consideración ó poder de observación, a orixinalidade da imaxinación, a virilidade das ideas e o notable talento para a narración que caracterizan as creacións deste autor mundialmente famoso”
1908	Rudolf Christoph Eucken	“en recoñecemento da súa sincera busca da verdade, o seu penetrante poder de reflexión, a súa amplitude de miras e a calor e a forza de representación cos que, nas súas numerosas obras, reivindicou e desenvolveu unha filosofía idealista da vida”
1909	Selma Ottilia Lovisa Lagerlöf	“en agradecemento do elevado idealismo, a vívida imaxinación e a percepción espiritual que caracterizan as súas obras”
1910	Paul Johann Ludwig Heyse	“como tributo á consumada arte impregnada de idealismo, que demostrou durante a súa longa carreira producti-

		va como poeta lírico, dramaturgo, novelista e escritor de narracións curtas de renome mundial"
1911	Maurice (Mooris) Polidore Marie Bernhard Maeterlinck	"en agradecemento das súas polifacéticas actividades literarias, e especialmente das súas obras dramáticas, que se distinguen pola rica imaxinación e a fantasía poética que revelan, ás veces á guisa de conto de fadas, unha profunda inspiración, mentres, dun xeito misterioso, apelan ós sentimentos propios do lector e estimulan a súa imaxinación"
1912	Gerhart Johann Robert Hauptmann	"sobre todo en recoñecemento da súa produción fructífera, variada e sobresaliente no eido da arte dramática"
1913	Rabindranath Tagore	"polo seu verso profundamente sensible, fresco e fermoso, co que, cunha arte consumada, converteu o seu pensamento poético, expresado nas súas propias palabras en inglés, nunha parte da literatura occidental"
1915	Romain Rolland	"como tributo ó alto idealismo da súa produción literaria e á simpatía e o amor pola verdade cos que describiu diferentes tipos de seres humanos"
1916	Carl Gustaf Verner von Heidenstam	"en recoñecemento da súa significación como destacado representante dunha nova era da nosa literatura"
1917	Karl Adolph Gjellerup	"pola súa poesía variada e rica, que se inspira en altos ideais"
	Henrik Pontoppidan	"polas súas descrições auténticas da vida actual en Dinamarca"
1919	Carl Friedrich Georg Spitteler	"en especial agradecemento da súa épica, <i>Primavera olímpica</i> "
1920	Knut Pedersen Hamsun	"pola súa obra monumental <i>Froitos da terra</i> "
1921	Jacques Anatole Thibault, pseudónimo: Anatole France	"en recoñecemento da súa brillante obra literaria, que se caracteriza pola nobreza do seu estilo, unha profunda simpatía humana, elegancia e un auténtico temperamento galo"
1922	Jacinto Benavente	"polo xeito feliz co que lle deu continuación ás ilustres tradicións do drama español"
1923	William Butler Yeats	"pola súa poesía sempre inspirada, que, cunha forma altamente artística, expresa o espírito de toda unha nación"
1924	Wladyslaw Stanislaw Reymont	"pola súa gran épica nacional <i>Os labregos</i> "
1925	George Bernard Shaw	"pola súa obra marcada tanto polo idealismo como pola humanidade; a súa sátira estimulante caracterízase a miúdo por unha fermosura singularmente poética"

1926	Grazia Madesani (nada Deledda), pseudónimo: Grazia Deledda	“polas súas obras inspiradas nos ideais, que, con claridade plástica, retratan a vida na súa illa de orixe, e que, con profundidade e simpatía, tratan dos problemas humanos en xeral”
1927	Henri Bergson	“en recoñecemento das súas ideas ricas e vivificantes e da brillante arte coa que foron presentadas”
1928	Sigrid Undset	“principalmente polas súas poderosas descrições da vida no Norte durante a Idade Media”
1929	Thomas Mann	“principalmente pola súa gran novela <i>Os Buddenbrook</i> , que foi gañando constantemente en recoñecemento como unha das obras clásicas da literatura contemporánea”
1930	Sinclair Lewis	“polo seu xeito vigoroso e gráfico de describir e a súa habilidade para crear, con agudeza e humor, novos caracteres”
1931	Erik Axel Karlfeldt	“A poesía de Erik Axel Karlfeldt”
1932	John Galsworthy	“pola súa distinguida arte narrativa que acada a súa forma máis elevada en <i>A saga dos Forsythe</i> ”
1933	Ivan Alekseeievich Bunin	“pola arte estricta coa que lles deu continuidade ás tradicións clásicas rusas en prosa”
1934	Luigi Pirandello	“pola súa audaz e enxeñosa revitalización da arte dramática e escénica”
1936	Eugene Gladstone O'Neill	“polo poder, a honestidade e as profundas emocións das súas obras dramáticas, que encarnan un concepto orixinal da traxedia”
1937	Roger Martin du Gard	“polo poder artístico e a autenticidade cos que representou, no seu ciclo novelístico <i>Os Thiebauld</i> , os conflitos humanos e mais algúns aspectos fundamentais da vida contemporánea”
1938	Pearl Walsh (nada Sydenstricker), pseudónimo: Pearl Buck	“polas súas descrições ricas e autenticamente épicas da vida labrega na China e polas súas obras mestras biográficas”
1939	Frans Eemil Sillanpää	“pola súa profunda comprensión do mundo labrego do seu país e a arte exquisita coa que retratou o seu modo de vida e a súa relación coa natureza”
1944	Johannes Vilhelm Jensen	“pola rara forza e a fertilidade da súa imaxinación poética, coa que se combina unha curiosidade intelectual de amplas miras e un estilo audaz e refrescantemente creativo”

1945	Lucila Godoy y Alcayaga, pseudónimo: Gabriela Mistral	“pola súa poesía lírica que, inspirada en poderosas emocións, converteu o seu nome nun símbolo das aspiracións ideais de todo o mundo latinoamericano”
1946	Hermann Hesse	“polos seus escritos inspirados, que, mentres crecen en audacia e penetración, exemplifican os clásicos ideais humanitarios e as altas calidades estilísticas”
1947	André Paul Guillaume Gide	“polos seus escritos extensos e artisticamente significativos, nos que as condicións e os problemas humanos se presentaron cun amor valente pola verdade e unha aguda penetración psicolóxica”
1948	Thomas Stearns Eliot	“polas súas contribucións sobresaíntes e pioneiras á poesía actual”
1949	William Faulkner	“pola súa contribución poderosa e artisticamente única á moderna novela americana”
1950	Earl Bertrand Arthur William Russell	“en recoñecemento da súa variada e significativa obra, na que defende os ideais humanitarios e a liberdade de pensamento”
1951	Pär Fabian Lagerkvist	“polo vigor artístico e a auténtica independencia de pensamento cos que, na súa poesía, procura atopar respostas ás eternas cuestións ás que se enfronta a humanidade”
1952	François Mauriac	“pola profundidade espiritual e a intensidade artística coas que, nas súas novelas, penetrou no drama da vida humana”
1953	Winston Leonard Spencer Churchill	“pola súa mestría na descrición histórica e biográfica e mais pola brillante oratoria coa que defendeu os elevados valores humanos”
1954	Ernest Miller Hemingway	“pola súa mestría na arte narrativa, recentemente demostrada en <i>O vello e o mar</i> , e pola súa influencia no estilo contemporáneo”
1955	Halldór Kiljan Laxness	“pola súa vívida forza épica, que renovou a grande arte narrativa de Islandia”
1956	Juan Ramón Jiménez	“pola súa poesía lírica, que, na lingua española, constitúe un exemplo de alta espiritualidade e pureza artística”
1957	Albert Camus	“pola súa importante produción literaria, que, cunha clarividente sinceridade, ilumina os problemas da conciencia humana nos nosos tempos”
1958	Boris Leonidovich Pasternak	“pola súa importante obra de poesía lírica contemporánea e no eido da gran tradición épica rusa”

1959	Salvatore Quasimodo	“pola súa poesía lírica, que, cunha fogosidade clásica, expresa a trágica experiencia da vida nos nosos propios tempos”
1960	Alexis Léger, pseudónimo: Saint-John Perse	“polo voo elevado e a imaxinería evocadora da súa poesía, que, dun xeito visionario, reflicte as condicións do noso tempo”
1961	Ivo Andric	“pola forza épica coa que recolleu temas e representou destinos humanos collidos da historia do seu país”
1962	John Steinbeck	“pola súa obra realista e imaxinativa, que combina un humor cordial e unha aguda percepción social”
1963	Giorgos Seferiadis, pseudónimo: Giorgo Seferis	“pola súa eminente obra lírica, inspirada nun profundo sentimento cara ó mundo da cultura helena”
1964	Jean-Paul Sartre	“pola súa obra, que, rica en ideas e chea de espírito de liberdade e de busca da verdade, tivo unha influencia de longo alcance sobre a nosa época”
1965	Michail Aleksandrovich Sholokhov	“pola forza artística e a integridade coas que, na súa épica do <i>Don</i> , lle deu expresión a unha fase histórica na vida do pobo ruso”
1966	Shmuel Yosef Agnon	“pola súa arte narrativa profundamente característica, con motivos da vida do pobo xudeu”
	Nelly Sachs	“pola súa sobresaínte obra lírica e dramática, que interpreta o destino de Israel cunha forza conmovedora”
1967	Miguel Ángel Asturias	“pola súa vívida obra literaria, profundamente enraizada nos trazos característicos e as tradicións nacionais dos pobos indios de América Latina”
1968	Yasunari Kawabata	“pola súa mestría narrativa, que, cunha gran sensibilidade, expresa a esencia da mente xaponesa”
1969	Samuel Beckett	“pola súa obra, que —con novas formas para a novela e o drama— adquire a súa grandeza nas privacións do home moderno”
1970	Aleksandr Isaevich Solzhenitsyn	“pola forza ética coa que continuou as indispensables tradicións da literatura rusa”
1971	Pablo Neruda	“por unha poesía que, coa acción dunha forza elemental, recrea o destino e os soños dun continente”
1972	Heinrich Böll	“pola súa obra, que, a través da súa combinación dunha ampla perspectiva do seu tempo e dunha capacidade sensible para a caracterización, contribuíu a renova-la literatura alemá”

1973	Patrick White	“por unha arte narrativa épica e psicolóxica, que introduciu un novo continente na literatura”
1974	Eyvind Johnson	“por unha arte narrativa, clarividente verbo dos países e dos tempos, ó servizo da liberdade”
	Harry Martinson	“por unha obra que atrapa unha pinga de xeadas e reflicte o cosmos”
1975	Eugenio Montale	“pola súa característica poesía, que, cunha gran sensibilidade artística, interpretou os valores humanos baixo o signo dunha idea sobre a vida sen ilusións”
1976	Saul Bellow	“pola comprensión humana e a sutil análise da cultura contemporánea que aparecen combinadas na súa obra”
1977	Vicente Aleixandre	“por unha obra de creación poética que ilumina a condición do home no universo e na sociedade actual, e que á vez representa a gran renovación das tradicións da poesía española de entreguerras”
1978	Isaac Bashevis Singer	“pola súa apaixonada arte narrativa, que, coas raíces nunha tradición cultural polaca e xudía, revive as condicións humanas universais”
1979	Odysseus Alepoudhelis, pseudónimo: Odysseus Elytis	“pola súa poesía, que, contra o pano de fondo da tradición grega, representa con forza sensual e clarividencia intelectual a loita do home moderno pola liberdade e a creatividade”
1980	Czeslaw Milosz	“quen, cunha clarividencia inflexible, expresa a condición exposta do home nun mundo de graves conflitos”
1981	Elias Canetti	“por unha obra marcada por unha ampla visión, a riqueza das ideas e o poder artístico”
1982	Gabriel García Márquez	“polas súas novelas e narracións curtas, nas que o fantástico e o realista se combinan nun mundo de imaxinación ricamente composto que reflicte a vida e os conflitos dun continente”
1983	William Golding	“polas súas novelas, que, coa perspicacia da arte narrativa realista e a diversidade e universalidade do mito, iluminan a condición humana no mundo de hoxe”
1984	Jaroslav Seifert	“pola súa poesía, que, dotada de frescura, sensualidade e rica inventiva, proporciona unha imaxe liberadora do espírito indomable e a versatilidade do home”
1985	Claude Simon	“quen, na súa novela, combina a creatividade do poeta e do pintor cunha profunda conciencia do tempo na descrición da condición humana”

1986	Wole Soyinka	“quen, cunha ampla perspectiva cultural e con manifestacións poéticas, recrea o drama da existencia”
1987	Joseph Brodsky	“por unha literatura universal, imbuída de claridade de pensamento e intensidade poética”
1988	Naguib Mahfouz	“quen, a través de obras ricas en matices —ora perspicazmente artísticas, ora evocadoramente ambiguas—, formou unha arte narrativa árabe de alcance universal”
1989	Camilo José Cela	“por unha prosa rica e intensa, que, cunha compaixón contida, forma unha desafiante visión da vulnerabilidade do home”
1990	Octavio Paz	“por unha literatura apaixonada de amplos horizontes, que se caracteriza por unha intelixencia sensual e unha integridade humanística”
1991	Nadine Gordimer	“quen, a través da súa magnífica obra épica, foi —con palabras de Alfred Nobel— de gran beneficio para a humanidade”
1992	Derek Walcott	“por unha obra poética de gran luminosidade, sostida nunha visión histórica, produto dun compromiso multicultural”
1993	Toni Morrison	“quen, en novelas caracterizadas por unha forza visionaria e un sentido poético, revive un aspecto esencial da realidade americana”
1994	Kenzaburo Oe	“quen, con forza poética, crea un mundo imaxinado no que a vida e o mito se condensan para formaren unha imaxe desconcertante das actuais dificultades humanas”
1995	Seamus Heaney	“por unha obra de beleza lírica e profundidade ética, que exalta os milagres diarios e o pasado vivo”
1996	Wisława Szymborska	“pola poesía que, con irónica precisión, lle permite ó contexto histórico e biolóxico ve-la luz en fragmentos de realidade humana”
1997	Dario Fo	“quen emula os bufóns medievais cando fustriga a autoridade e defende a dignidade dos reprimidos”
1998	José Saramago	“quen, con parábolas sostidas na imaxinación, a compaixón e a ironía, nos posibilita continuamente, unha vez máis, aprehender unha realidade enganosa”
1999	Günter Grass	“quen, coas súas divertidas fábulas negras, retrata a face oculta da historia”

PREMIOS NOBEL DA PAZ

Ano	Laureados
1901	Jean Henri Dunant Frédéric Passy
1902	Élie Ducommun Charles Albert Gobat
1903	William Randal Cremer
1904	Instituto de Dereito Internacional
1905	Bertha Sophie Felicita von Suttner (nada Kinsky von Chinic und Tettau)
1906	Theodore Roosevelt
1907	Ernesto Teodoro Moneta Louis Renault
1908	Klas Pontus Arnoldson Fredrik Bajer
1909	Auguste Marie François Beernaert Paul Henri Benjamin Balluet d'Estournelles de Constant
1910	Axencia Internacional Permanente da Paz
1911	Tobias Michael Carel Asser Alfred Hermann Fried
1912	Elihu Root
1913	Henri La Fontaine
1917	Comité Internacional da Cruz Vermella
1919	Thomas Woodrow Wilson
1920	Léon Victor Auguste Bourgeois
1921	Karl Hjalmar Branting Christian Louis Lange
1922	Fridtjof Nansen
1925	Austen Chamberlain Charles Gates Dawes

1926	Aristide Briand Gustav Stresemann
1927	Ferdinand Buisson Ludwig Quidde
1929	Frank Billings Kellogg
1930	Lars Olof Nathan (Jonathan) Söderblom
1931	Jane Addams Nicholas Murray Butler
1933	Norman Angell (Ralph Lane)
1934	Arthur Henderson
1935	Carl von Ossietzky
1936	Carlos Saavedra Lamas
1937	Edgar Algernon Robert Gascoyne Cecil
1938	Oficina Internacional Nansen para os Refuxiados
1944	Comité Internacional da Cruz Vermella
1945	Cordell Hull
1946	Emily Greene Balch John Raleigh Mott
1947	<i>The Friends Service Council (The Quakers)</i> <i>The American Friends Service Committee (The Quakers)</i>
1949	John Boyd Orr of Brechin
1950	Ralph Bunche
1951	Léon Jouhaux
1952	Albert Schweitzer
1953	George Catlett Marshall
1954	Oficina do Alto Comisionado das Nacións Unidas para os Refuxiados
1957	Lester Bowles Pearson
1958	Georges Henri Pire

1959	Philip J. Noel-Baker
1960	Albert John Lutuli
1961	Dan Hjalmar Agne Carl Hammarskjöld
1962	Linus Carl Pauling
1963	Comité Internacional da Cruz Vermella Liga das Sociedades da Cruz Vermella
1964	Martin Luther King Jr.
1965	Fondo de Emerxencia Internacional das Nacións Unidas para a Infancia (Unicef)
1968	René Cassin
1969	Organización Mundial do Traballo
1970	Norman Bourlaug
1971	Willy Brandt
1973	Henry A. Kissinger Le Duc Tho
1974	Seán Mac Bride Eisaku Sato
1975	Andrei Dmitrievich Sakharov
1976	Betty Williams Mairead Corrigan
1977	Amnistía Internacional
1978	Mohamed Anwar Al-Sadat Manachem Begin
1979	Teresa de Calcuta
1980	Adolfo Pérez Esquivel
1981	Oficina do Alto Comisionado das Nacións Unidas para os Refuxiados
1982	Alva Myrdal Alfonso García Robles
1983	Lech Walesa
1984	Desmond Mpilo Tutu

1985	Físicos do Mundo para a Prevención da Guerra Nuclear
1986	Elie Wiesel
1987	Óscar Arias Sánchez
1988	Forzas internacionais de mantemento da paz das Nacións Unidas
1989	Tenzin Gyatso (o decimocuarto Dalai Lama)
1990	Mikhail Sergueievich Gorbachov
1991	Aung San Suu Kyi
1992	Rigoberta Menchú Tum
1993	Nelson Mandela Frederik Willem de Klerk
1994	Yasser Arafat Shimon Peres Yitzhak Rabin
1995	Joseph Rotblat Conferencias de Pugwash sobre Ciencia e Asuntos Internacionais
1996	Carlos Filipe Ximenes Belo José Ramos-Horta
1997	Campaña Internacional para a Prohibición das Minas Persoais Jody Williams
1998	John Hume David Trimble
1999	Médicos sen Fronteiras





Normas para os autores

NORMAS PARA OS AUTORES

Comité de Redacción

Os profesores interesados en remitir estudos, prácticas, recensións de libros ou noticias para a súa publicación na *Revista Galega do Ensino* (RGE) deberán aterse ás seguintes indicacións, tendo en conta que non se aceptarán os traballos que non as respecten:

1ª) As colaboracións serán inéditas. Consistirán en investigacións teóricas ou prácticas relacionadas co ensino. Deben presentar especial interese para calquera dos tres niveis —primario, secundario, universitario—integrados no contido multidisciplinar da RGE. Preferiranse os traballos dun só firmante e non se aceptarán os asinados por máis de dous. O nome e os apelidos do autor, seguidos do do centro docente ou institución onde traballe, figurarán debaixo do título. As recensións darán noticia de libros de actualidade (enténdese do mesmo ano en que se envían á Revista) e nelas o nome, apelidos e centro do autor poranse ó final. Cando se trate dunha primeira colaboración, indicaranse, en folio á parte nome, centro, enderezo e teléfono. Axuntarase un breve currículo (15 a 20 liñas).

2ª) Os autores presentarán os traballos en disquete, acompañados de copia impresa en letra Courier tamaño 12, paso non compensado. Cada páxina debe ter 2.275 matrices (caracteres + espazos en branco), o que equivale a folios Din A4 de 35 liñas con 65 matrices por liña.

Aplicacións soportadas.

Ficheiros de texto.

Sempre que sexa posible, o ficheiro deberá estar almacenado en formato *Word 97 para Windows*.

Word 97 para Windows soporta ficheiros de:

Word Perfect ata a versión 5.x para MS.DOS e Windows,

Microsoft Publisher 2.0

E ficheiros MS.DOS e ASCII

Word Perfect 5.1 para MS-DOS.

QuarkXPress 3.3 para Power Macintosh

Postscript con formato MAC ou PC.

Follas de cálculo:

O xestor de follas de cálculo utilizado é *Excel 97 para Windows*.

Soporta conversión desde formato.

Lotus 1-2-3,
QuattroPro/DOS,
Microsoft Works,
dBASE,
 versións anteriores de *Excel*.

Bases de datos:

O xestor de base de datos é *Acces 97* 2.5 para *Windows*. Os ficheiros con formato *dBASE* son recoñecidos pola aplicación.

3ª) Os orixinais deberán estar correctamente redactados e puntuados, e escritos, se for posible, en lingua galega. A RGE, que seguirá as normas oficiais do idioma galego, incluso nas opcións preferidas por elas, resérvase a capacidade de facer correccións de estilo, maiormente naqueles puntos que poidan resultar escuros ou ambiguos. Non se usará letra negra (grosa). A cursiva ou as comiñas deberán responder ás convencións internacionais. Toda sigla ha de ser desenvolvida entre parénteses a primeira vez que se cite nun traballo. Exemplo: RAG (Real Academia Galega).

4ª) Así mesmo, a RGE prégalles ós autores o envío de ilustracións de boa calidade, en cor ou en branco e negro (fotografías, fotocopias, mapas, debuxos, gráficos). Para a publicación das recensións é imprescindible a fotocopia da cuberta do libro.

5ª) Os traballos terán a extensión seguinte (cítanse a mínima e a máxima en folios Din A4, entendendo incluídos cadros e esquemas): “Colaboracións Especiais”, 15-25; “Estudios”, 10-25; “Prácticas”, 6-15; “Recensións”, 3-5; “Noticias”, 1-4.

6ª) No caso de estaren divididos en apartados e subapartados, os orixinais han ir acompañados do correspondente índice, organizado con cifras ou letras. Este índice non se publicará.

7ª) O Comité de Redacción decidirá a conveniencia da publicación dos traballos, que serán avaliados por especialistas nas materias de que se trate.

8ª) Os colaboradores da RGE recibirán unha ficha, que cubrirán cos seus datos e o seu perfil académico e profesional.

9ª) A cada autor dun traballo publicado na RGE enviaránselle tres exemplares dela e vinte e cinco separatas.

10ª) Os estudos con notas presentarán estas preferentemente a pé de páxina.

11ª) As referencias bibliográficas que aparezan no corpo do traballo disporanse abreviadamente segundo un dos modos seguintes, máis adiante detallados:

(A. Parrilla, *La integración...*, p. 18)
 — sistema europeo:

(Parrilla, 1992a, 18) — sistema americano:

Debe terse en conta que o sistema europeo prefere a substitución das referencias bibliográficas incrustadas no corpo do traballo por chamadas e notas a pé de páxina, nas que non hai orde alfabética e os nomes dos autores figuran antes dos apelidos; nelas adoitan usarse as referencias bibliográficas cos datos editoriais completos.

O sistema americano permite suprimir-las notas a pé de páxina cando son exclusivamente bibliográficas, polo que resulta indispensable unha bibliografía final na que se detallen tódolos datos.

12ª) A bibliografía consultada como base das colaboracións colocárase ó final delas, ordenada alfabeticamente polos apelidos dos autores, seguidos dos seus nomes, completos ou abreviados coa letra inicial; despois poñerase coma ou dous puntos. Debe entenderse que, feita calquera destas eleccións, non se mesturará coa outra.

Utilizarase sangría francesa, é dicir, sangraranse tódalas liñas, agás a primeira de cada entrada.

Os títulos de libros, revistas e xornais irán en letra cursiva; os de capítulos de libros, de artigos aparecidos en revistas e xornais, ou de traballos en libros colectivos poñeranse entre comiñas, indicando a continuación o xornal, revista ou libro en que se integran.

Escribíranse logo tódolos datos editoriais, sempre pola mesma orde: lugar de edición, editorial, ano (se non se citou antes, segundo o sistema americano) e, se se desexa, colección. No caso das revistas abonda con poñer-lo número e o ano; no de xornais, a data completa.

Indicarase o número da edición do libro, abreviadamente ou voado, só cando non sexa a primeira.

Sinalaranse as páxinas que comprenden o capítulo ou o artigo ós que se fai referencia.

Cando se citen dous ou máis traballos dun autor, ordenaranse cronoloxicamente, pero o apelido e o nome só aparecerán na primeira entrada: nas seguintes substituiranse por un trazo longo ó que seguirá, sen puntuación intermedia, o título que corresponda.

Elixido un sistema (o europeo ou o americano), non se mesturará co outro.

Prégase un uso atento e rigoroso da puntuación, tal como se observa nos exemplos que seguen. Os apartados, que aparecen aquí por razóns de claridade, non se reproducirán na lista de referencias bibliográficas, que debe compoñerse con atención exclusiva á orde alfabética.

Reitérase, así mesmo, que esta orde non se respecta nas notas a pé de páxina, nas que os nomes propios van antepostos ós apelidos. En todo caso, os números xa publicados da RGE poden servir de guía para estas ou outras dúbidas.

SISTEMA EUROPEO

A) LIBROS dun só autor:

Goldstein, A., *Prescription for child mental health and education*, New York, Pergamon, 1978.

Parrilla, A., *La integración escolar y los profesores*, Madrid, Cincel, 2ª ed., 1992 (ou 1992ª).

Tarrío Varela, A., *Literatura galega. Aportacións a unha Historia crítica*, Vigo, Xerais, 1995.

B) LIBROS de varios autores:

Cando os autores son dous ou tres, só se inverte o nome do primeiro. Se son máis de tres adóitase citar só o primeiro, seguido de “e outros”. Se foran moitos e ningún deles figurase como coordinador, editor, director, recompilador, etc., utilizaranse as siglas AA.VV. ou VV. AA. (Varios Autores).

Ares Vázquez, M. Carme, e outros, *Diccionario Xerais da Lingua*, Vigo, Xerais, 1986.

López Casanova, A., e E. Alonso, *El análisis estilístico. Poesía /Novela*. Valencia, Bello, 1975.

Santamaría, Andrés, Augusto Cuartas e Joaquín Mangada, *Diccionario de incorreccións, particularidades y curiosidades del lenguaje*, Madrid, Paraninfo, 1995.

VV. AA., *Comprensión lingüística en estudiantes de Primaria y ESO*, Madrid, Ministerio de Educación y Cultura, 1996.

C) ARTIGOS aparecidos en revistas e xornais:

Laín Entralgo, P., “¿Generación del 98?”, *El País*, 26-XI-1996, pp. 13-14.

Siguán, M., “O ensino bilingüe. Unha perspectiva de conxunto”, *Revista Galega do Ensino*, 1, 1993, pp. 13-30.

Theilgaard, A., “Aggression and the XYZ personality”, *International Journal Law & Psychiatric*, 6, 1983, pp. 413-421.

D) CAPÍTULOS de libros dun só autor:

Moreno Báez, E., “Manierismo y Barroco”, en *Reflexiones sobre el ‘Quijote’*, Madrid, Prensa Española, 1971², pp. 107-125.

E) TRABALLOS en publicacións colectivas (libros de varios autores, dicionarios, enciclopedias, actas, misceláneas...):

Fernández Mosquera, S., “Quevedo y los emblemas: una comunicación difícil”, en S. López Poza (ed.), *Literatura emblemática hispánica. Actas del I Simposio Internacional*, A Coruña, Universidade, 1996, pp. 447-459.

Oliveira, A. Resende de, “Pai Gómez Charinho”, en G. Tavanni e G. Lanciani (eds.), *Diccionario de Literatura Medieval Galega e Portuguesa*, Lisboa, Caminho, 1993, pp. 502-503.

Requejo Osorio, A., “Desarrollo Comunitario y Educación”, en J. M. Quintana (coord.), *Iniciativas sociales en educación informal*, Madrid, Rialp, 1991, pp. 349-360.

SISTEMA AMERICANO

O sistema americano permite unha maior brevidade debido ás referencias bibliográficas intercaladas no corpo do traballo e ó aforro de notas a pé de páxina. Na bibliografía todo se pon igual ca no europeo, con excepción da data, que figura entre parénteses despois do nome do autor. Cando se mencionen varios

libros dun autor publicados no mesmo ano, usaranse letras minúsculas comezan do polo *a*. Daremos só algúns exemplos elixidos entre os dos apartados anteriores:

A)

Parrilla, A. (1992a): *La integración escolar y los profesores*, Madrid, Cincel, 2ª ed.

Tarrío Varela, A. (1995): *Literatura galega. Aportacións a unha Historia crítica*, Vigo, Xerais.

B)

López Casanova, A., e E. Alonso (1975): *El análisis estilístico. Poesía/Novela*, Valencia, Bello.

C)

Siguán, M. (1993): "O ensino bilíngüe. Unha perspectiva de conxunto", *Revista Galega do Ensino*, 1, 13-30.

D)

Moreno Báez, E (1971²): "Manierismo y Barroco", en *Reflexiones sobre el 'Quijote'*, Madrid, Prensa Española, 107-125.

E)

Oliveira, A. Resende de (1993): "Pai Gómez Charinho", en G. Tavanni e G. Lanciani (eds.), *Diccionario de Literatura Medieval Galega e Portuguesa*, Lisboa, Caminho, 502-503.

13ª) Nas RECENSIÓNS deben figurar sempre os mesmos datos e pola mesma orde:

Título: *Letra cursiva minúscula.*

Autor: Nome e apelidos.

Traductor: Cando sexa pertinente.

Editorial: Nome dela, lugar e ano de edición.

Colección: Se a hai e desexa mencionarse.

Núm. pp.: Número de páxinas.

Tamaño: Número de cm de alto por número de cm de largo.

14ª) Os repertorios de NOVIDADES EDITORIAIS respectarán as indicacións bibliográficas descritas.

15ª) Enténdense como NOTICIAS as que informen sobre investigación, educación e ensino. Poderán anunciarse congresos, cursos, certames, bolsas, actos culturais, etc., sempre que sexa coa anticipación conveniente e non resulten desfasadas no momento da aparición da RGE.

Así mesmo, mediante breves resumos, pódense dar NOTICIAS de acontecementos recentes: congresos, cursos, exposicións, estreas teatrais, concertos e actos culturais diversos.

16ª) O Comité de Redacción resérvese a facultade de introduci-las modificacións que estime oportunas na aplicación das normas publicadas. Os orixinais non serán devoltos.



