

The background of the cover is a dense field of metallic, spherical objects of varying sizes. Each sphere is embossed with a chemical symbol for a metal, such as Cd, Ag, Al, Mn, Mg, Co, As, and Pb. The spheres are arranged in a way that creates a sense of depth and texture, with some appearing larger and more prominent than others. The overall color palette is a range of metallic greys and browns.

**ELS METALLS  
COM A ELEMENTS DE  
CONTAMINACIÓ DEL MEDI  
UN RISC PER A LA SALUT HUMANA**

Jacint Corbella i Corbella

INSTITUT D'ESTUDIS CATALANS  
SECCIÓ DE CIÈNCIES BIOLÒGIQUES  
BARCELONA, 2000



ELS METALLS COM A ELEMENTS  
DE CONTAMINACIÓ DEL MEDI

UN RISC PER A LA SALUT HUMANA



INSTITUT D'ESTUDIS CATALANS  
SECCIÓ DE CIÈNCIES BIOLÒGIQUES

ELS METALLS COM A ELEMENTS  
DE CONTAMINACIÓ DEL MEDI

UN RISC PER A LA SALUT HUMANA

Discurs de recepció de  
JACINT CORBELLA I CORBELLA  
com a membre numerari de  
la Secció de Ciències Biològiques,  
llegit el 14 de febrer de 2000

BARCELONA  
2000

Biblioteca de Catalunya. Dades CIP

**Corbella i Corbella, Jacint**

Els metalls com a elements de contaminació del medi : un risc per a la salut humana

Referències bibliogràfiques

ISBN 84-7283-488-3

I. Institut d'Estudis Catalans. Secció de Ciències Biològiques

II. Títol

1. Metalls — Aspectes ambientals 2. Metalls — Toxicologia

546.3:615.9(042)

©Jacint Corbella i Corbella

© 2000, Institut d'Estudis Catalans, per a aquesta edició

Carrer del Carme, 47, 08001 Barcelona

Primera edició: febrer de 2000

Tiratge: 500 exemplars

Compost per Víctor Igual, SL

Carrer de Còrsega, 237, baixos. 08036 Barcelona

Imprès a Altés, SL

Carrer de Cobalt, 160. 08907 L'Hospitalet de Llobregat

ISBN: 84-7283-488-3

Dipòsit Legal: B. 6936-2000

Són rigorosament prohibides, sense l'autorització escrita dels titulars del *copyright*, la reproducció total o parcial d'aquesta obra per qualsevol procediment i suport, incloent-hi la reprografia i el tractament informàtic, la distribució d'exemplars mitjançant lloguer o préstec comercial, la inclusió total o parcial en bases de dades i la consulta a través de xarxa telemàtica o de la Internet. Les infraccions d'aquests drets estan sotmeses a les sancions establertes per les lleis.

## **Els metalls com a elements de contaminació del medi: un risc per a la salut humana**

En primer lloc, he d'agrair als membres de la Secció de Ciències Biològiques la seva proposta i als del Ple, la seva acceptació definitiva perquè formi part de l'Institut. Moltes gràcies. També ara és el moment de formalitzar el meu compromís de complir amb els deures que comporta ésser membre d'aquesta institució.

Els metalls han estat elements d'extraordinària importància en l'evolució de la humanitat. S'empren habitualment des de fa poc més de cinc mil anys. La seva àmplia introducció va servir per a determinar fins i tot una època de la història: l'edat dels metalls. Després, l'ús ha estat molt extens. Avui són elements imprescindibles de la nostra civilització. Com a conseqüència d'aquest fet, s'han produït alguns mals per a la salut humana. Molts ja poden considerar-se clàssics, però també hi ha aspectes recents que cal conèixer.

La intenció d'aquest treball és recordar el perill del pas, en quantitats molt petites, d'alguns metalls tòxics al medi ambient i el risc que pot haver-hi en l'aire que respirem, l'aigua que bevem o els aliments que ingerim.

Que tot això sigui en quantitats molt petites (disminució de la dosi) vol dir que en principi és un risc reduït, però no cal menystenir-lo perquè es tracta d'una exposició constant (temps d'exposició més llarg) que afecta tota la població (nombre de persones exposades més alt). També cal considerar que sovint convivim amb els contaminants amb una informació mínima o nul·la, i amb una capacitat d'acció directa molt reduïda (no podem pas deixar de respirar), cosa que limita les nostres possibilitats de defensa.



Aquest treball no vol ser cap aportació alarmista, sinó que tan sols vol indicar un perill que ja existeix i tot fa pensar que té una tendència a incrementar-se.

## Antecedents

En principi, el risc dels metalls per a la salut estava bàsicament en el procés d'obtenció a les mines i en el de transformació, és a dir, en la *metallúrgia*. Perillaven, doncs, els qui hi treballaven. Molt més tard, s'ha considerat una *patologia professional*, estudiada des del segle XVIII, però no regulada fins al XX. Ara és un capítol fonamental d'una especialitat: la medicina del treball. Avui els més importants en aquest camp són el plom, el mercuri i el crom, encara que la llista és bastant més llarga.<sup>1</sup>

Un segon punt ha estat el risc pel seu ús en la medicina. Fou clàssic el perill d'alguns d'ells emprats com a *medicament*. El cas més conegut fou el del mercuri, recomanat per al tractament de la sífilis, del segle XVI al començament del XX en què fou substituït per l'arsènic. La salivació n'era un efecte gairebé constant i esperat, i la tremolor n'era una complicació freqüent, entre altres aspectes. Així mateix, l'or, emprat en alguns tipus de tuberculosi, era causa d'una patologia important. I encara n'hi ha bastants més.

També s'han utilitzat amb intenció *homicida*. El més conegut és l'arsènic i les històries sobre aquest metall són molt nombroses. Podem exemplificar-les amb els emmetzinaments de l'antiga Roma, des de Locusta, en temps de Neró, fins al Renaixement; o amb els grans processos francesos, des de la marquesa de Brinvilliers, al segle XVII, fins a Marie Besnard, a meitat del XX. Encara avui se l'incrimina amb aquesta finalitat de manera esporàdica.

Igualment, s'han emprat en intents de *suïcidi*, com el mateix arsènic. I era ben conegut el sublimat (biclorur de mercuri), que lesiona el ronyó. Abans de la introducció de l'hemodiàlisi, era un verí prou eficaç i segur. Ara està gairebé en desús.

Altres riscos es troben en la *utilització domèstica*. Com les al·lèrgies a molts metalls. També poden ser d'origen professional. Recordem la hiper-

1. Els textos sobre patologia per metalls, dins de les malalties professionals, són molt abundants i estan a l'abast. Entre els més coneguts, potser cal recordar: Alice HAMILTON, *Industrial poisons in the United States*, Nova York, Mc Millan, 1925, que ha esdevingut un clàssic. Hi ha edicions recents: R. D. HARBISON (dir.): *Hamilton & Hardy's Industrial Toxicology*, St. Louis *et al.*, Mosby, 1998, 5a ed. La personalitat d'Alice Hamilton (1869-1970) és molt interessant, fou professora a Harvard i fou una de les capdavanteres dels estudis de patologia tòxica industrial al seu país.

V. t. Donald HUNTER, *Enfermedades profesionales*, Barcelona, JIMS, 1985, trad. de la 6a ed. anglesa.

V. t. Robert R. LAUWERYS, *Toxicologie industrielle et intoxications professionnelles*, París *et al.*, Masson, 1999, 4a ed.



sensibilitat al níquel de les sivelles, o per contacte amb níquelats. Fins i tot, encara que rarament, per contacte amb monedes.

Dins d'aquest ús domèstic, era conegut —i el tema no s'aclarí fins al segle XVIII, principalment pel treball de George Baker— que els metalls d'alguns *recipients* podien ser causa de patologies. Era el cas dels estris de cuina que desprenien plom, o el cas d'algunes begudes, del vi i de la cervesa. Es van descriure formes clíniques que afectaven molta gent. Un efecte important foren els còlics, sovint anomenats per la seva ubicació geogràfica: de Devonshire, Poitou o Madrid.<sup>2</sup>

El capítol és, doncs, ben llarg, amb tradició històrica, i bastant conegut. Avui aquests riscos descrits se centren principalment en l'àmbit laboral. En els països on hi ha un nivell sanitari prou decent, amb una protecció correcta de la salut dels treballadors, aquest és un tema bastant controlat. De tota manera, cal recordar que aquesta situació de protecció més o menys correcta afecta només una cinquena part de la població de tot el món. L'altre 80 % segueix amb una protecció mínima o nul·la. Per tant, es tracta d'un progrés molt parcial, cosa que vol dir que encara queda molta tasca sanitària per fer.

Ara voldria analitzar breument una *situació nova* en la qual els metalls no són a la mina, no són a la fàbrica, no formen part de medicacions clàssiques, amb riscos que ja són coneguts, sinó que ens trobem davant d'un fet nou. A més a més, ara els tenim a tot arreu, ens entren a l'organisme, s'acumulen al nostre cos —sovint ni tan sols ho sabem—, i sempre amb la sensació de no poder-hi fer res o ben poca cosa. Es tracta dels metalls com a elements de *contaminació del medi*.

El tema, sanitariament, és prou important. És un risc per a la totalitat de la població del món. Ningú no en queda lliure, ni els mateixos que contaminen i se'n beneficien. Els efectes, a la llarga, o no tant a la llarga, són perillosos. Curiosament, no és en els textos més científics on es troben les veus d'alarma per aquest risc. Els treballs científics hi són, la patologia experimental és abundant, però el ressò ha passat a un altre camp, el de l'opinió pública, que ja comença a estar bastant informada. Sovint trobem dades importants a la mateixa premsa diària no especialitzada, principalment en aquella que té cura dels aspectes científics. Fins i tot, els acudits sobre la contaminació hi són freqüents.

La finalitat d'aquest treball és remarcar aquest aspecte relativament nou: la importància d'alguns metalls com a contaminants del medi i el risc que això comporta per a la salut de la població. Cal que els biòlegs, els professionals de

2. Una visió més detallada d'aquests aspectes es pot trobar a: J. CORBELLA, *Historia de la toxicología*, Barcelona, Sem. Pere Mata, Universitat de Barcelona, 1998.

la salut, però principalment les autoritats sanitàries i industrials tinguin un coneixement —que ja el deuen tenir— i una consciència real —que no semblen tenir— del risc i del que cal fer.

Sovint hi ha, també, una certa sensació d'impotència, ja que s'hi pot fer ben poca cosa, perquè la contaminació és un dels preus del progrés i del desenvolupament econòmic. I cal que se sàpiga que encara hi ha coses per fer i que, de ben segur, s'han de prendre mesures si no volem comprometre el futur a mig termini. Aquesta sensació que el perill no és immediat, sinó a la llarga, és un dels factors més negatius en la lluita contra els contaminants, com és el cas de la presència de carcinògens en el medi.

### La toxicologia metaindustrial

S'ha parlat de la contaminació del medi; avui ja és un problema real de salut pública. Caldria analitzar-ne, com a mínim, alguns aspectes: a qui afecta; els medis que es contaminen; la inevitabilitat del risc. I entre aquests punts alguns comentaris. L'estudi de la patologia tòxica derivada del treball configura el capítol de la toxicologia industrial. Quan el risc va més enllà de la mateixa indústria i dels treballadors, i passa a l'aire o a les aigües i afecta tota la població, parlem de toxicologia metaindustrial.

Els tòxics, en aquest cas els metalls, passen al medi ambient com a conseqüència, en bona part, de la seva manufacturació. Altres vegades el risc és per una utilització més directa, com el plom a la benzina. El perill ja no és a la mateixa indústria, on afecta el treballador que és objecte de la protecció de la medicina del treball, sinó que va més enllà d'aquesta indústria, afecta tot el medi.

Arribem, doncs, a la població afectada, que és la *totalitat de la població* del món, de totes les edats i de tots els punts geogràfics. A més a més, no totes les persones estan en les mateixes condicions, ni d'exposició ni de resistència. Aquest és un fet que cal tenir en compte. Hi ha persones amb més risc, més làbils davant de certs agressius químics. Cal valorar-ne, doncs, l'*estat previ*.

Un primer avís es donà ben clarament cap a meitat de segle, quan es comprovà que l'increment de la contaminació de l'aire en les grans ciutats industrials s'acompanyava d'un augment de la morbiditat per bronquitis i pneumònies i de la mortalitat, que afectava més els qui ja tenien dificultats respiratòries prèvies. També hi ha altres grups concrets, principalment dones embarassades, que poden tenir un risc més alt, en el cas dels elements amb acció teratògena.

Els medis que es contaminen són tres: l'aire que respirem, l'aigua que bevem i els aliments que ingerim. En tots ells, alguns metalls són elements importants de risc. Com a indicadors d'urgència més clars, podem dir que respirem plom, mengem mercuri i bevem alumini. Però n'hi ha bastants més.

Els estudis experimentals en el camp de la patologia per metalls són molt nombrosos. Es fan milers de treballs cada any, en condicions de gran rigor metodològic, tècnic i estadístic, però també emprant dosis i vies que no són les habituals, les que afecten normalment la població que es contamina. Aquests estudis han permès conèixer amb prou detall el perill de moltes substàncies que, en un moment determinat, s'utilitzen a la indústria i passen al medi.<sup>3</sup> En una valoració global el risc teòric és molt més gran que el risc real, però això no ens ha de fer oblidar la possibilitat d'episodis concrets per alguna o altra substància, entre centenars de possibles.

Un altre fet que cal tenir en compte és que ja es comença a considerar la necessitat de conèixer els valors, podríem dir «normals» o «de referència», de molts metalls entre la població del nostre medi. Només així sabrem si en algun moment hi ha un increment perillós d'aquests nivells.<sup>4</sup>

### Alguns episodis coneguts

Tot i que el tema pot semblar llunyà, i creiem que el risc real encara és petit, hi ha massa episodis que afecten moltes persones, i que obliguen a tenir en compte aquest perill. No cal buscar massa: n'hi ha prou amb una lectura, encara que no sigui gaire atenta, de la premsa d'arreu del món, i recordar el fets, no deixar-los en l'oblit. Sovint els episodis són per productes industrials, que no són purs sinó una barreja de substàncies. Això fa que les atribucions concretes de patologia no siguin tan clares com en el cas dels estudis experimentals, en els quals les variables estan més controlades. Però això no vol dir que a la realitat no hi siguin. Cal considerar, a més a més, el plus de ressò que comporta una visió ecologista, que sol ser encertada, encara que algunes vegades pot ser excessiva i incrementa l'alarma. No cal abusar-ne perquè amb la realitat ja n'hi ha prou.

3. Actualment hi ha, a més a més, reunions específiques sobre metalls. Entre les més conegudes, les de «Metal Ions in Biology and Medicine» que es reuneixen cada dos anys, des del primer *meeting* a Reims el 1990. De cadascuna d'elles, hi ha llibres d'actes molt voluminosos. L'últim publicat: P. H. COLLERY, P. BRATTER, V. NEGRETTI, L. KHASSANOVAS i J. C. ETIENNE, *Metal Ions. Vol 5<sup>e</sup>*, París-Montrouge, J. Libbey Eurotox, 1998.

V. t. L. W. CHANG (ed.), *Toxicology of metals*, Boca Raton et al., CRC Lewis Pubs, 1996. És un recull de nombrosos treballs principalment sobre els mecanismes d'acció i de caire experimental.

4. C. MINOIA, E. SABBIONI, P. APOSTOLI et al., «Trace elements reference values in tissues from inhabitants of the European Community. I. A study of 46 elements in urine, blood and serum of Italian subjects», *Sci. Total Environ.*, 95 (1990), p. 89-105. És el primer d'una sèrie llarga de treballs en aquesta línia.

V. t. M. TORRA, M. RODAMILANS, J. CORBELLA, R. FERRER i R. MAZZARA, «Blood chromium determination in assessing values in an unexposed Mediterranean population», *Biol. Trace Elem. Res.*, 70 (1999), p. 183-189.

## Arsènic

Avui potser el cas més proper, en espai i temps, i més conegut sigui el dels residus a partir de material procedent de mines, que va afectar la conca baixa del Guadalquivir, principalment el curs del riu Guadiamar i el vedat de Doñana. Fou a la primavera de 1998 i, en part, ja era previsible que passaria perquè hi havia hagut algun avís. No se'n féu prou cas i aparegué el problema. L'afectació fou més per a altres elements del medi —plantes i animals, amb danys ben clars—, que no pas estrictament per a les persones.<sup>5</sup>

Hi havia molts elements, però d'alguns se n'ha parlat més, com de l'arsènic o del cadmi. El risc per a les aus sembla que era prou clar. Per als humans potser no tant, en aquest cas, però el control de la comercialització d'espècies de crustacis afectats, sobretot al cap d'un temps, no va resultar prou segur. En tot cas, com a indicatiu de preocupació ciutadana, queda un acudit publicat en un diari de gran difusió: Un cambrer, que porta una safata de marisc, demana: «Li serveixo uns llagostins a l'arsènic?».

El mateix arsènic ha estat causant d'altres episodis continuats, en què aigües de consum han estat contaminades per materials procedents d'explotacions mineres. Són vergonyes que no es publiquen, però que, de tant en tant, obtenen difusió internacional, com en els casos de Bangla Desh o d'alguns països hispanoamericans.<sup>6</sup> Els nivells d'arsènic detectats en la població estaven molt per sobre del que es podia admetre. I les patologies, càncer inclòs, també ho estaven.<sup>7</sup>

## Mercuri

El mercuri és un dels grans contaminants de les aigües. La patologia mercurial clàssica era prou coneguda i dramàtica, ja fos d'origen industrial o medicinal. Fa poc que s'ha publicat un text inèdit, guardat des del segle XVIII, al

5. D. J. PAIN, A. SÁNCHEZ i A. A. MEHARG, «The Doñana ecological disaster: contamination of a world heritage estuarine marsh ecosystem with acidified pyrite mine waste», *Sci. Total Environ.*, 222 (1998), p. 45-54.

6. J. M. BORGONO, P. VINCENT, H. VENTURINO i A. INFANTE, «Arsenic in the drinking water in the city of Antofagasta: epidemiological and clinical study before and after the installation of the treatment plant», *Environ. Health Persp.*, 19 (1977), p. 103-105.

V. t. J. M. BORGONO, H. VENTURINO i P. VICENT, *Estudio clínico epidemiológico del hidroarsenicismo en la II región*, *Rev. Med. Chile*, 108 (1980), p. 1039-1048.

V. t. H. NAKADAIRA, M. YAMAMOTO i K. KATOH, «Arsenic levels in soil of a town polluted 35 years ago (Nakajo, Japan)», *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 55 (1995), p. 350-357.

7. C. HOPENHAYN-RICH, M. L. BIGGS i H. SMITH, «Lung and kidney cancer mortality associated with arsenic in drinking water in Cordoba, Argentina», *Int. J. Epidemiol.*, 27 (1998), p. 561-569.

qual un metge de Mataró, Josep Parés, que treballà molts anys a Almadén, hi posà un títol ben demostratiu: *Catástrofe morboso*. Cal dir que després de llegit el text el títol no té pas res d'exagerat.<sup>8</sup>

L'any 1956 es va descriure una forma nova de patologia, deguda a la presència d'un derivat orgànic. El mercuri era present a la carn dels peixos de la badia de Minamata, al Japó, contaminats per l'arribada del metall procedent de la indústria. Es va formar metilmercuri, que fou responsable d'un gran episodi amb una repercussió de primer ordre. Fins i tot es va descriure una malaltia nova, abans no coneguda, produïda pels organomercurials. Afectà milers de persones i causà centenars de morts. Era la malaltia de Minamata. El brot es va repetir a Niigata el 1965, i més tard a Taiwan. El risc fou conegut i es controlà. Podia semblar aigua passada.<sup>9</sup>

Però ja en la dècada dels noranta, en un lloc ben llunyà, en el riu Tapajós, un curs fluvial a la conca alta de l'Amazones, succeí el mateix. Aquesta vegada es tractava de *garimpeiros* cercant or. El separaven pel mètode de l'amalgamació. El mercuri sobrant el tiraven al riu. N'hi hagué tant que va produir una contaminació dels peixos. Els treballadors i la seva família, amb una alimentació molt monomorfa, van ingerir quantitats suficients de mercuri per a produir un altre brot de la malaltia. Els mitjans de comunicació, la premsa i també la televisió, han fet reportatges sobre el tema i ara sabem que no és pas una cosa resolta sinó un risc encara ben actual. La patologia neurològica, en forma de dificultats de coordinació motora, de disminució del camp visual i també amb casos de mort, és prou important per a fer cas del risc del mercuri orgànic com a contaminant del medi.<sup>10</sup>

També a causa del mercuri, en aquest cas fenilmercuri emprat com a plaguicida, es coneixen episodis de contaminació de cereals que, en comptes de servir per a la sembra, han servit per a fer pa. Hi hagué episodis amb centenars d'afectats, principalment en països de l'Orient Mitjà.<sup>11</sup>

Un fet que cal recordar és el risc del mateix mercuri, a partir de la utilit-

8. Alfredo MENÉNDEZ NAVARRO, *Catástrofe morboso de las minas mercuriales de la villa de Almadén del Azogue (1778) de José Parés y Franqués*, Cuenca, Universidad de Castilla-La Mancha, 1998.

9. S. B. ELHASSANI, «The many faces of methylmercury poisoning», *J. Toxicol. Clin. Toxicol.*, 19 (1982-1983), p. 875-906.

V. t. M. HARADA, «Minamata disease: Methylmercury poisoning in Japan caused by environmental pollution», *Crit. Rev. Toxicol.*, 25 (1995), p. 1-24.

10. P. GRANDJEAN, R. F. WHITE, A. R. NIELSEN, D. CLEARY i E. C. DE OLIVEIRA SANTOS, «Methylmercury neurotoxicity in Amazonian children downstream from gold mining», *Environ. Health Perspec.*, 107 (1999), p. 587-591.

V. t. O. MALM, «Gold mining as a source of mercury exposure in the Brazilian Amazon», *Environ. Res.*, 77 (1998), p. 73-78.

11. F. BAKIR, S. F. DAMLUR, L. AMIN-ZAKI *et al.*, «Methylmercury poisoning in Irak. An interuniversity report», *Science*, 181 (1973), p. 230-241.

zació en amalgames en peces dentàries, en el tractament de les càries. S'ha emprat amb una intenció terapèutica, però s'ha vist que no solament els qui hi treballen (odontòlegs, protèsics) tenen nivells més alts d'eliminació de mercuri, sinó que això també pot afectar els mateixos portadors de l'amalgama. L'ensurt, a començament dels noranta, fou gran entre els odontòlegs americans per por de les reclamacions.<sup>12</sup> D'altra banda, és força interessant conèixer els nivells de mercuri dipositat als organismes de la nostra població.<sup>13</sup>

### *Cadmi*

El cadmi fou causa d'un episodi, alarmant en el seu moment, originat per contaminació de les aigües. El primer brot important també es produí al Japó i afectà moltes persones, principalment dones de mitjana edat. És caracteritzat per l'aparició de dolors osteoarticulars i rebé el nom de malaltia d'Itai-Itai. Una altra vegada apareixia una malaltia nova. També data de la segona meitat del segle xx, per tant es coneix des de fa poc. Per ara, sembla que no hi ha hagut altres episodis greus. Els nostres rius també són portadors de cadmi.<sup>14</sup>

Un altre origen de risc, en el cas del cadmi, és l'entrada per via respiratòria a partir del fum de les cigarretes. Les quantitats absorbides en aquest cas no són menyspreables.<sup>15</sup>

Però cal recordar que el cadmi és un metall de comportament curiós: és un contaminant del medi, però tots en tenim a l'organisme. S'acumula principalment al ronyó.<sup>16</sup> Per tant, ja hi ha un avís sobre aquest metall, i no cal esperar grans ni nous episodis, amb traducció clínica immediata, perquè la impregnació subclínica ja és evident. La por dels pigments a base de cadmi en les bateries de cuina va tenir fa uns anys una certa importància.

12. FRANCESC MARQUES, *Vigilancia médica de los trabajadores expuestos a mercurio inorgánico* (tesi), Barcelona, Universitat de Barcelona, 1992.

V. t. L. BARREGARD, G. SALLSTEN i B. JARVHOLM, «People with high mercury uptake from their own dental amalgam fillings», *Occup. Environ. Med.*, 52 (1995), p. 124-128.

13. M. SCHUHMACHER, J. BATISTA, J. L. DOMINGO i J. CORBELLA, «Mercury concentrations in autopsy tissues from inhabitants of Tarragona province, Spain», *Trace Elem. Electr.*, 13 (1996), p. 75-79.

14. EMILI HUGUET, *Determinación del cadmio y el plomo en las aguas de consumo* (tesi), Barcelona, Universitat de Barcelona, 1978.

V. t. K. TSUCHIYA (edit.), *Cadmium studies in Japan. A review*, Amsterdam, Elsevier, 1978.

15. M. NANDI, D. SLONE, H. JICK, S. SHAPIRO i G. P. LEWIS, «Cadmium contents of cigarettes», *Lancet*, II (1969), p. 1329-1330.

16. MERCÈ TORRA, *Distribución y acumulación de cadmio en tejidos humanos. Influencia del zinc y las metalotioninas en la toxicocinética del cadmio* (tesi), Barcelona, Universitat de Barcelona, 1993.

V. t. E. EMETERIO, *Toxicidad aguda por cadmio en el corazón aislado de mamífero* (tesi), Barcelona, Universitat de Barcelona, 1986.

## Plom

Arribem al plom. Evidentment, és l'element més conegut com a gran contaminant. Ja s'ha fet esment dels antics episodis de còlics, d'origen alimentari. També com a adulterant del vi, per a prevenir-ne la transformació en vinagre. Després, en el segle XIX, tenim el gran creixement de la patologia d'origen industrial directe. Però ara, junt amb el saturnisme clàssic, que en la majoria de països del món segueix produint-se perquè està poc protegit, tenim el problema de la contaminació.

El plom passa a l'aire, on es troba en quantitats detectables. Entra per via respiratòria i es diposita a l'organisme. Ara tots en tenim en nivells relativament importants. I ho atribuïm, principalment, al plom que encara hi ha a una part de la benzina, cosa que sembla certa. L'addició de plom tetraetil millora tècnicament la benzina, però a costa de passar-ne una part a l'aire i contaminar la totalitat de la població. El coneixement del perill i potser d'altres aspectes han dut a una modificació de la normativa per fer front a aquest risc. Això ha fet que els nivells de plom en sang a la nostra població hagin baixat.<sup>17</sup> El risc és molt més gran en els inhaladors voluntaris de benzina, sigui per addició o en nois joves d'algunes grans ciutats que, per a obtenir algunes monedes, són a les cruïlles traient foc per la boca.<sup>18</sup>

Però no s'ha de pensar que aquest és un problema d'avui. El plom és un metall tou que té un punt de fusió no gaire alt, de poc més de tres-cents graus. Per la seva pròpia metallúrgia, o a causa dels incendis, no és difícil que passi a l'atmosfera. Se sap que molts aqüeductes romans es protegien de la pèrdua d'aigua per filtració amb un revestiment de plom. Sembla que se'n van fer servir grans quantitats, autènticament industrials. En tot cas, aleshores ja passava plom a l'atmosfera. I els vents l'enviaven on fos, acabant per distribuir-lo per l'aire de tot el planeta.

Això, que pot semblar una mica inversemblant, s'ha demostrat en el nostre segle. Estudiant els gels de les masses polars, de Groenlàndia i també de l'Antàrtida, s'ha comprovat que hi havia una discreta quantitat de plom. Aquesta quantitat era més baixa a mesura que el gel era més profund, i per tant que datava de més antic. El gel que correspon al dipòsit de l'època romana, de fa gairebé dos mil·lennis, també en té en quantitats detectables.<sup>19</sup> Això vol dir que el que és nou en el nostre temps no és la presència

17. M. RODAMILANS, M. TORRA, J. TO-FIGUERAS, J. CORBELLA, B. LOPEZ, C. SANCHEZ i R. MAZZARA, «Effect of the reduction of petrol lead on blood lead levels of the population of Barcelona (Spain)», *B. Environ. Contam. Toxicol.*, 56 (1996), p. 717-721.

18. P. MARUFF, C. B. BURNS, P. TYLER, B. J. CURRIE i J. CURRIE, «Neurological and cognitive abnormalities associated with chronic petrol sniffing», *Brain*, 121 (1999), p. 1903-1917.

19. Jerome O. NRIAGU, *Lead & lead poisoning in antiquity*, New York, J. Wiley, 1983, p. 399-415.

de plom a l'aire sinó la quantitat massa elevada. I això en quina mesura perjudica?

### *Els dipòsits de plom a l'organisme humà*

Ja fa temps que s'estudia la presència de dipòsits de plom als teixits humans. Sabem que es fixa principalment en els teixits durs. De fet, aquest és el model de dipòsit de preferència dels metalls. Entre els grans contaminants, hi ha dos models típics. Els organoclorats es dipositen sobretot en el greix i teixits rics en lípids. Els metalls, en canvi, en teixits durs, amb algunes excepcions, com és el cas del cadmi. Així, el plom es troba més en els ossos i les dents. Les peces dentàries, més fàcils d'obtenir, són l'estructura més indicada per a l'estudi de la contaminació per plom.

Avui sabem que la totalitat de la població té nivells considerables de plom, valorables en ppm (parts per milió). Hem estudiat les peces d'aproximadament un miler de persones i en el 100 % de la mostra analitzada, siguin nens o vells, es detecta la presència de plom. Però hi ha diferències geogràfiques i d'edat. A la zona industrial de Barcelona, n'hi hem trobat nivells més alts que a la població rural.<sup>20</sup>

Però el que potser importa més és la diferència segons l'edat. Hi ha un increment regular de la quantitat de plom a mesura que avancen els anys. Aquest comportament indica que no es tracta d'un component normal de l'organisme, que tindria uns valors regulars més o menys fixes i estables, sinó que fa pensar més en un origen extern. De manera esquemàtica, podem dir que les persones de menys de vint anys no passen de 10 ppm. Cap als quaranta s'arriba a unes 20 ppm. A més de seixanta anys, es poden trobar unes 40 ppm. Això no ens ha de fer oblidar que, a més a més, hi ha plom en altres teixits, tot i que en proporcions inferiors. Per exemple al ronyó, i és ben sabut el risc d'hipertensió en el saturnisme florit.

En quina mesura perjudica aquest plom? Sembla clar que només es tracta de la detecció de la seva presència, no pas d'un signe clínic de patologia. Aparentment, no passa res si es té plom dins dels nivells que podríem dir «de seguretat». Però primer caldrà saber quins són aquests nivells. Recordem que no podem parlar de «nivells normals» de plom (que sembla que no hi fa res a l'organisme, que no hi té cap funció) sinó de «nivells de referència». Aquestes quantitats que hem esmentat no sembla que hagin de comportar patologia, si més no amb traducció clínic en adults.

20. Margarita LUNA, *Aportación al conocimiento de las piezas dentarias como órgano de depósito de metales* (tesi), Barcelona, Universitat de Barcelona, 1989.

V. t. Blanca ORBAIZ, *Contribución al conocimiento de la impregnación humana por plomo en la población navarra. Depósito en piezas dentarias* (tesi), Barcelona, Universitat de Barcelona, 1997.



Però, si es fila més prim, es troben algunes correlacions estadístiques. És a dir, les persones amb nivells més alts tenen una incidència una mica més elevada d'un cert tipus de patologia. Com la hipertensió. En els últims anys, diversos grups, potser el més important l'encapçalat per Needleman que treballa en la població de la Costa Est dels Estats Units, han demostrat que hi ha una correlació entre algunes dificultats d'aprenentatge escolar (manca d'atenció, increment d'excitabilitat) i els nivells de plom a les dents dels infants.<sup>21</sup> Aquesta relació també s'ha comprovat en estudis en altres països, entre ells una mostra, relativament petita, de població escolar del Vallès.<sup>22</sup> En algunes aus es considera molt greu la presència de dipòsits elevats de plom a causa del que es desprèn dels perdigons i de la ingesta repetida del que cau a terra.

### *Alumini*

Un metall del qual es parla molt en els últims temps és l'alumini. És potser el que té un futur immediat de línies d'estudi més nombroses. Té una presència ubíqua en el món. És el tercer element més abundant a l'escorça de la Terra. És un dels components importants del nucli del planeta i la seva presència en algunes roques i a l'argila (complex de silicat d'alumini) fa que sigui tan abundant. Les aigües en solen tenir quantitats notables en dissolució. Per tant, en bevem habitualment. Sembla que la seva absorció és mínima, perquè es precipita com a fosfat al tub digestiu. Si més no, això és el que creïem.

Un progrés en un camp diferent de la medicina: la introducció de l'*hemodiàlisi*, va fer que arribés aigua en quantitats importants per via parenteral a l'organisme. A començament dels anys setanta, s'observà, amb sorpresa, que alguns malalts sotmesos a diàlisi presentaven un deteriorament mental ràpid, inesperat i injustificat. Es va atribuir a l'alumini i es va descriure el procés de demència per alumini. El fet va quedar clarament establert.<sup>23</sup> Quan es van mo-

21. H. L. NEEDLEMAN, Ch. GUNNOE, A. LEVITON, R. REED, H. PERESIE, C. MAHER i P. BARRATT, «Deficits in psychologic and classroom performance of children with elevated dentine lead levels», *New England J. Med.*, 300 (1979), p. 689-695. És un treball inicial d'una línia llarga d'estudis en aquest camp, fets per aquest i altres grups de recerca.

V. t. J. MARECEK, I. M. SHAPIRO, A. BURKE, S. H. KATZ i M. L. HEDIGER, «Low-level lead exposure in childhood influences neuropsychological performance», *Arch. Environ. Health*, 38 (1983), p. 355-359.

22. Marta SEGURA, *Nivells de plom i alteracions neuropsicològiques menors en població escolar de Catalunya* (tesi), Bellaterra, Universitat Autònoma de Barcelona, 1993.

23. A. C. ALFREY, G. R. LEGENDRE i W. D. KAEHNY, «The dialysis encephalopathy syndrome. Possible aluminum intoxication», *New England J. Med.*, 294 (1976), p. 184-188.

V. t. D. R. BURWEN, S. M. OLSEN, L. A. BLAND, M. J. ARDUINO, M. REID i W. R. JARVIS, «Epidemic aluminium intoxication in hemodialysis patients traced to use of an aluminium pump», *Kidney Int.*, 48 (1995), p. 469-474.

dificar les tècniques, amb aigua desionitzada, el risc de deteriorament baixà fins a gairebé desaparèixer. Però la informació ja hi era. També cal tenir en compte el risc d'acumulació d'alumini en la *nutrició parenteral*.<sup>24</sup> Igualment s'ha valorat, amb menys gravetat, el risc de patologia per níquel en la diàlisi.<sup>25</sup>

D'altra banda, en el nostre temps hi ha un increment molt visible de persones que es deterioren psíquicament. Els processos de demència han estat una constant en l'envelliment. Però sembla que ara hi ha més casos de deteriorament o, en tot cas, se'n fa molt més ressò. És una preocupació creixent per a la població i cal que també ho sigui per als polítics. Els factors poden ser diversos, entre els quals hi ha els exògens, com ara la mateixa alimentació que facilita l'arteriosclerosi. També les demències considerades com a senils ja eren ben conegudes i havien estat àmpliament estudiades.

Avui és un tema candent, i la malaltia d'Alzheimer (que inicialment es considerava una demència presenil) és un dels punts de preocupació de la humanitat. És difícil dir si hi ha una relació concreta entre la forma de demència coneguda com a Alzheimer i l'alumini.<sup>26</sup> Però sí que està clar que l'alumini és un factor important de deteriorament mental i que és un component ubic en el nostre medi, ja que molts recipients que emprem habitualment a la cuina de casa són d'alumini.

No hem de pensar que l'alumini és un metall conegut i emprat «des de sempre». Tot i ser molt present a la terra, la seva obtenció i aïllament foren difícils. No es descobrí, com a element, fins a començament del segle XIX. Era un metall molt car i una petita peça d'alumini era considerada com una joia. Hi ha una estatueta que fou regalada a Alfred Nobel, i es conserva al seu museu de San Remo, ciutat on va morir, que demostra el valor que s'atribuïa a aquest metall. Després, el procediment d'obtenció es generalitzà i es convertí en un metall d'ús molt estès, però això ja és cosa del segle XX. Per tant, l'experiència és històricament recent.

### *Altres elements*

La llista de metalls que tenen un cert risc i ens entren sense saber-ho podria ser bastant més llarga. Entre els que tenen un cert significat caldria recordar:

24. G. L. KLEIN, W. E. BERQUIST, M. E. AMENT, J. W. COBURN, N. L. MILLER i A. C. ALFREY, «Hepatic aluminum accumulation in children on total parenteral nutrition», *J. Pediatr. Gastroenterol & Nutrition*, 3 (1984), p. 740-743.

25. J. D. WEBSTER, T. F. PARKER, A. C. ALFREY, W. R. SMYTHE, H. KUBO, G. NEAL i A. R. HULL, «Acute nickel intoxication by dialysis», *Ann. Int. Med.*, 92 (1980), p. 631-633.

26. R. DOLL, «Review: Alzheimer's disease and environmental aluminium», *Age Ageing*, 22 (1993), p. 138-153.

— *Manganès.* És un dels metalls que en un cert moment poden passar a un pla més important que el d'ara. El seu risc laboral és prou conegut des de començament de segle, tot i que pot haver-hi una tendència a oblidar-lo. La patologia neurològica també ho és, i un episodi important a Galícia fou per contaminació del medi periindustrial, que afectà població dels voltants de la factoria.<sup>27</sup> Més tard, es va valorar la possibilitat d'introduir un compost orgànic, el metilciclopentadienil manganès tricarbonil (MMT), com a additiu de la benzina, en substitució del plom. S'acceptà des del 1976 al Canadà. Ara hi ha una certa discussió sobre els nivells i efectes d'aquest compost. Les dades no són definitives, però hi ha una vigilància important.<sup>28</sup> És relativament recent un episodi puntual al Bages, on un dipòsit de pols groguenca s'atribuí al manganès, i s'arribà a afirmar, en els mitjans de difusió, que era innocu, per a tranquil·litzar la població.

— *Plata.* En l'estudi del risc de les amalgames, no solament s'ha valorat el perill del mercuri sinó, fins i tot, el de la plata.<sup>29</sup> El fet, però, ha mogut poca literatura en comparació amb altres metalls.

— *Estany.* És en el cas dels derivats alquilics, que ja es comentarà.

— *Cobalt.* Se sap que l'addició de compostos de cobalt a la cervesa, amb la intenció de reduir la formació d'escumera, es considerà causa de patologia cardíaca, ja que afectava de manera bastant ràpida el miocardi. El fet va tenir més ressò a Bèlgica i Canadà, i la substitució de l'additiu sembla que resolgué el problema.<sup>30</sup> No està de més recordar el quadre, ben estudiat entre altres per Ludwig Aschoff a començament de segle, del cor del bevedor de cervesa, aleshores no relacionat amb cap metall. Finalment, recordem els estudis experimentals fets al nostre país sobre patologia per sals de cobalt.<sup>31</sup>

27. FRANCISCO ALONSO FERNÁNDEZ, *La intoxicación por el manganeso. El psiquismo subcortical y los síndromes extrapiramidales*, Barcelona, Científico Médica, 1961.

28. R. K. HINDERER, «Toxicity studies of methylcyclopentadienyl manganese tricarbonyl (MMT)», *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.*, 40 (1979), p. 164-167.

V. t. W. C. COOPER, «The health implication of increased manganese in the environment resulting from the combustion of fuel additives: a review of the literature», *J. Toxicol. Environ. Health*, 14 (1984), p. 23-46.

V. t. J. M. DAVIS, «Inhalation health risks of manganese: an EPA perspective», *Neurotoxicology*, 20 (1999), p. 511-518.

29. G. DRASCH, H. G. GATH, E. HEISSLER, I. SCHUPP i G. ROIDER, «Silver concentrations in human tissues. Their dependence on dental amalgam and other factors», *J. Trace Elements Med. Biol.*, 9 (1995), p. 82-87.

30. H. KESTELOOT, J. ROELANDT, J. WILLEMS, J. H. CLAES i J. V. JOUSSENS, «An enquiry into the role of cobalt in the heart disease of chronic beer drinkers», *Circulation*, 17 (1968), p. 854-864.

V. t. G. MERCIER i G. PATRY, «Quebec beer drinkers's cardiomyopathy: clinic signs and symptoms», *Can. Med. Assoc. J.*, 97 (1967), p. 884-888.

31. J. L. DOMINGO, *Aportación al conocimiento del riesgo y de la acción tóxica de algunas sales de cobalto* (tesi), Barcelona, Universitat de Barcelona, 1982.

V. t. J. M. LLOBET, *Aspectos toxicológicos y nutricionales del acetato de cobalto* (tesi), Barcelona, Universitat de Barcelona, 1983.

## *Els organometàl·lics*

Clàssicament, l'estudi dels metalls es considera que forma part de la química inorgànica, i els seus compostos no solen estar lligats amb les cadenes de carboni. Però això no sempre és així, i el fet té algunes repercussions en el camp dels efectes tòxics.

Avui sabem que ja s'utilitzen, amb una certa freqüència, compostos en els quals les cadenes de carboni tenen, a més a més, algun metall. S'ha fet referència a alguns, però no són els únics que han creat alguna patologia, tot i que no corresponen sempre al camp de la contaminació. Cal saber que el risc pels organometàl·lics no es correspon sempre amb la patologia clàssica. Per tant, estem davant de noves formes que poden definir malalties diferents de les que coneixíem, com ha estat el conegut cas del mercuri. Hem de pensar, doncs, en possibilitats diferents de les ja conegudes. És un capítol «emergent» en l'estudi de la patologia tòxica que afecta el medi ambient.

El primer per les seves repercussions mundials, a causa de l'ús universal de la benzina, ha estat el plom. El *plom tetraetilic* ha estat l'additiu més emprat fins que, conegut el risc, se n'han promulgat normes de restricció d'ús. Ja s'ha comentat. No és l'únic. També hi ha el *plom tetrametilic*, amb una toxicitat inferior. Però s'accepta que en el medi, sobretot en sediments de llacs, hi ha microorganismes que poden metilar els residus de plom inorgànic.

El mercuri té més compostos perillosos i una patologia relativament específica, depenent, en bona part, del radical orgànic i dels compostos que el formen. Avui els més importants són els derivats alquílics, amb grups metil o etil. I les seves sals: clorur o fosfat d'*etilmercuri*, iodur o nitrat de *metilmercuri*, i bastantes més. Entre els cíclics, el *fenilmercuri* i els seus derivats. També, els derivats d'oxidació amb grups metoxi. Les utilitzacions industrials són molt àmplies i no paren: des dels fungicides inicials emprats a l'agricultura, a la fabricació de paper, de pintures i, fins i tot, d'alguns plàstics i cosmètics. Això vol dir que les fonts de pas de mercuri al medi van creixent.

Un tercer element que va provocar un episodi molt greu és l'estany. Aquí cal remarcar una diferència, que en els dos casos anteriors no hi era. Mentre que les formes inorgàniques de l'estany tenen una menor toxicitat, alguns derivats orgànics són molt perillosos. És el cas del clorur de *trietil-estany*, present en un medicament d'ús tòpic per a guarir infeccions cutànies. S'emprà a França, amb el nom de Stalinon, i l'any 1953 hi hagué un brot amb més de dos-cents casos i cent dues morts registrades, amb un quadre clínic de meningoencefalitis.<sup>32</sup> També s'atribuí alguna responsabilitat a altres for-

32. T. ALAJOUANINE, L. DEROBERT i S. THIEFFRY, «Étude clinique d'ensemble de 210 cas d'intoxication par les sels organiques d'étain», *Rev. Neurol.*, 98 (1958), p. 85-96.

mes alquílques i es coneixen altres compostos orgànics amb efectes nocius. D'altra banda, és molt recent la preocupació dels possibles efectes del Tributiltin (TBT), emprat com a additiu en la fabricació de camises comercials de clubs esportius. També el manganès, començat a introduir com a additiu a la benzina.

## La patologia pels recipients

El que s'ha dit fins ara també porta a considerar el risc dels recipients, en concret dels que contenen aliments. En principi, haurien de ser neutres, però no sempre és així. Si estan en contacte amb un medi líquid que faciliti la dissolució, petites quantitats dels elements de la paret del recipient poden passar al líquid que contenen. En principi, les proporcions haurien de ser petites i no significatives pel que fa a la salut. Però hi ha algunes circumstàncies que poden variar els fets i afavorir aquest pas. Bàsicament en són tres: l'increment de l'acidesa, l'increment de la *temperatura* i la *continuitat*.

En el medi àcid, el despreniment de metall pot ser més alt. També en cas d'augment de la temperatura, per exemple si el menjar s'escalfa o l'aigua arriba a l'ebullició. En aquest cas, el despreniment és més gran i si hi havia un cert risc, aquest s'incrementa. Finalment, també es produeix quan es tracta d'una pràctica habitual en el cas de l'alimentació diària, on l'exposició no és esporàdica sinó continuada.

Els casos dels còlics per plom ja s'han esmentat, però no són els únics. Hi ha més atribucions a riscos per recipients metàl·lics. Fins i tot l'estany, ja esmentat en les formes orgàniques, s'ha considerat com un possible factor de risc en les llaunes de begudes.<sup>33</sup> I també el ferro, el zinc i algun altre.<sup>34</sup> El coure, concretament el verdet, va motivar una bona polèmica en el segle passat a França, en aquest cas més aviat amb exculpació pel que fa a la patologia.

En el cas de l'alumini, el problema es pot plantejar, de manera concreta i a tall d'exemple, en el consum de te. La planta té quantitats altes d'alumini. Si es prepara amb una tetera d'alumini, la quantitat de metall pot ser més alta. Queda l'absorció, que podem pensar que és baixa perquè l'alumini precipita. Però si el medi és àcid, ja sigui pel suc gàstric o perquè el te es prengui amb llimona, l'absorció pot ser més alta. Aparentment, no és així. Però hi ha estudis que demostren que si es prenen quantitats controlades d'alumini, amb increment de l'acidesa (ingesta de cítrics, vitamina C), l'eliminació urinària és més

33. C. J. BENOY, P. A. HOOPER i R. SCHNEIDER, «The toxicity of tin in canned fruit juices and solid foods», *Food Cosmet. Toxicol.*, 9 (1971), p. 645-656.

34. A. BOULARBAH, G. BITTON i J. L. MOREL, «Assessment of metal content and toxicity of leachates from teapots», *Sci. Total Environ.*, 227 (1999), p. 69-72.

alta, el que pot indicar que l'absorció és també més alta.<sup>35</sup> En tot cas, la polèmica podria estar servida. Sembla difícil de donar la culpa a l'alumini de l'increment de processos de demència de la nostra població, però, d'altra banda, s'observa que hi ha un increment, i també és difícil l'exculpació total quan no tenim altres factors als quals atribuir-lo clarament.

Treballs recents també valoren el possible paper de l'alumini de la ingesta habitual, fins i tot per via dels additius alimentaris, en el deteriorament mental.<sup>36</sup>

### Les línies de preocupació

Amb tot el que s'ha dit, queda plantejat el problema, si més no en els següents termes:

— Hi ha un grup de substàncies, els metalls, de les quals algunes són responsables d'episodis de patologia humana ben coneguda, i afecten principalment els qui hi treballen (patologia professional) o els qui en fan un ús continuat, sobretot com a medicament (patologia iatrogènica). La informació que hi ha a l'abast és molt àmplia i, en part, clàssica.

— A més, cal considerar el risc de nous compostos, els derivats organometàl·lics, més importants en el cas del plom i el mercuri, que han obert noves vies de preocupació en la degradació del medi.

— Ara trobem alguns d'aquests metalls en quantitats detectables com a contaminants del medi, i altres també han provocat episodis de patologia humana.

— Uns altres estan presents en l'aire que respirem (plom), en l'aigua que bevem (alumini) o en els aliments que ingerim (mercuri) i, per tant, entren habitualment en el nostre organisme.

— A més a més dels episodis de patologia humana, hi ha una evidència experimental, ben abundant, de risc en camps molt diversos de la biologia: reproducció, alguns carcinògens, alteracions endocrinològiques, alteracions de l'aparell locomotor, malformacions, etc. Aquest últim camp ha estat objecte de molts estudis en diverses espècies.

— D'alguns metalls, n'hi ha prou estudis per a saber que tendeixen a acumular-se a l'organisme i que ja els hi tenim habitualment en quantitats detectables d'una relativa importància (nivells de ppm).

35. J. L. DOMINGO, M. GOMEZ, J. M. LLOBET i C. RICHART, «Effect of ascorbic acid on gastrointestinal aluminium absorption», *Lancet*, 338 (1991), p. 1467.

36. M. A. ROGERS i D. G. SIMON, «A preliminary study of dietary aluminium intake and risk of Alzheimer's disease», *Age Ageing*, 28 (1999), p. 205-209.

J. L. DOMINGO, «El aluminio como posible factor etiopatogénico en la enfermedad de Alzheimer», *Rev. Toxicol.*, 17 (2000), p. 3-11.

— Per tant, l'evidència del possible risc és clara. En tot cas, el que es planteja és la discussió de les quantitats, la ben coneguda i clàssica «qüestió de dosi». Ja no es discuteix si les substàncies són perilloses, sinó fins a quin punt, fins a quins nivells, podem acceptar aquest risc.

— La determinació dels nivells de risc, i per tant dels màxims tolerables, ja és una pràctica habitual, i ben marcada per les normes legals, en l'estudi dels tòxics en el medi laboral. Ha arribat el moment en què cal traslladar la normativa, amb els nivells que pertocuin, al medi ambient. No solament pel que afecta els treballadors, per a cada substància, sinó també pel que fa a la totalitat de la població.

— Caldrà tenir en compte les limitacions que afecten persones amb patologies prèvies, o en situacions fisiològiques particulars. Un tema d'especial importància és l'exposició a alguns teratògens durant la gestació.

## Acabant

Amb tot el que he dit, voldria assenyalar el risc, cada vegada més visible, que té la contaminació del medi, és a dir, la presència de substàncies que no haurien de ser-hi, per al bé de la salut humana. Cal fer que en siguin conscients les autoritats industrials i sanitàries, no només perquè en coneguin el perill, sinó perquè en comprenguin la intensitat, sobretot a llarg termini. Algunes patologies són assumibles per l'espècie sense massa complicacions, l'increment de morbiditat i de mortalitat, en molts casos, compromet poc el futur. Afecten els individus, però no l'espècie.

Però altres casos no són tan clars. Les accions cancerígenes i teratògenes són més perilloses, perquè afecten la reproducció ja sigui cel·lular o de l'individu. Per tant, hi ha un risc per a la generació següent.

Només cal avançar un grau més en el risc que pot afectar la continuïtat de l'espècie, no tant per grans accidents (avui els nuclears serien més perillosos) sinó per la disminució de la fertilitat. Es parla clarament de la disminució del nombre d'espermatozous en la població humana masculina, d'alteracions en la diferenciació de sexe produïdes per organoclorats en els rèptils, de la disminució de la resistència de les closques d'ous en els ocells. Són riscos d'origen tòxic que ja afecten, de manera directa, la continuïtat d'algunes espècies. Per ara, aquests riscos concrets s'atribueixen més a contaminants d'altres tipus, principalment organoclorats, que no pas als metalls. Però cal establir-ne les línies de preocupació.

El fet que, en bona part, estigui controlat el risc dels metalls derivat de les condicions de treball (camp de la toxicologia industrial) no ens dóna una seguretat en el cas del pas dels metalls al medi ambient (camp de la contaminació o toxicologia metaindustrial).

En tot cas, sembla —i amb això acabo— que cal informar suficientment, àdhuc de manera repetida, els qui són responsables de vetllar per la salut de la població. S'han de tenir clares les regles que impedeixin, en aquest cas des del punt de vista de la presència de metalls tòxics, la degradació del medi. Per això, cal fixar normes que n'evitin el pas, que en controlin els nivells, i adoptar les mesures que calguin per a mantenir l'equilibri d'aquests elements en el medi ambient o que, si més no, la rapidesa en els canvis no superi el ritme de la capacitat d'adaptació.









