

**SOCIETAT CATALANA
DE QUÍMICA**

LA QUÍMICA: UN LLIGAM

INDEFUGIBLE

ENTRE LA TERRA I EL MEDI

ELS COMPOSTOS ORGÀNICS

PERSISTENTS EN EL MEDI.

EL REPTE D'UNA ACCIÓ GLOBAL,

A CÀRREC DE

JOAN ALBAIGÈS,

DEL CONSELL SUPERIOR

D'INVESTIGACIONS CIENTÍFIQUES

INTRODUCCIÓ

Els compostos orgànics persistents són un grup de substàncies que, en diversa mesura, resisteixen la degradació química o biològica. Es tracta bàsicament de compostos halogenats, que presenten una baixa hidrosolubilitat i una alta liposolubilitat, de manera que poden passar amb facilitat al teixit adipós dels organismes vius. Estudis de laboratori i de camp han mostrat que la majoria produeixen trastorns endocrins, disfuncions reproductores i immunitàries, alteracions en el neurocomportament i, fins i tot, càncer, essent els estadis primers del desenvolupament de l'organisme els més vulnerables a la seva acció, de manera que poden incidir negativament en el creixement, en el desenvolupament neurològic i en la resposta immunològica.

64

D'altra banda, són també semivolàtils, de manera que poden recórrer llargues distàncies a través de l'atmosfera abans de dipositar-se als sòls o al medi aquàtic. Aquestes propietats de persistència i volatilitat, juntament amb altres característiques, fan que es trobin en tots els indrets del planeta, per allunyats que siguin del seu lloc de producció o ús, i que els organismes vius s'hi trobin exposats de manera totalment involuntària.

Per totes aquestes circumstàncies, i seguint les recomanacions del Fòrum Intergovernamental sobre Seguretat Química (IFCS), el Consell de Govern del Programa de les Nacions Unides pel Medi Ambient (UNEP) va decidir, el febrer de 1997, endegar una acció internacional per tal d'eliminar o almenys reduir significativament les emissions i descàrregues de tots aquells compostos que la comunitat científica identificà com a causa de seriosos problemes per a la salut humana i el medi ambient, a escala global. Es va establir un comitè de negociació amb l'encàrrec de preparar un instrument legal, jurídicament vinculant per a tots els

estats, per implementar una actuació decidida en aquest sentit. Les corresponents negociacions conduïren, el 23 de maig de 2001, a l'adopció de l'anomenat Conveni d'Estocolm, en una conferència intergovernamental de les Nacions Unides, celebrada precisament a Estocolm, amb la participació de més de cent països.

Simultàniament, el Consell de Govern de l'UNEP va veure la necessitat de desenvolupar els criteris científics i els procediments per tal d'identificar els compostos que haurien de ser objecte del Conveni, ara i en el futur. Per això, amb finançament de la GEF (Global Environment Facility) i de diversos països, va endegar un ambiciós projecte a escala mundial per avaluar les fonts d'aquests compostos, els nivells en els diversos compartiments ambientals, els efectes sobre els ecosistemes i la salut humana, les alternatives existents, i els obstacles per a la seva substitució i gestió en les diferents regions del món. Tota la documentació generada per aquest projecte és accessible a través d'Internet (UNEP, 2002).

65

L'ACCIÓ INTERNACIONAL

Els esforços polítics en l'àmbit internacional per reduir l'impacte ambiental dels compostos orgànics persistents tenen el seu punt d'inflexió en el ja citat Conveni d'Estocolm. Aquest Conveni identifica una primera llista de dotze compostos (coneguda amb el nom de *dirty dozen*) (vegeu la figura 1), i està formada per:

- vuit pesticides agrícoles: aldrín, dieldrina, endrina, mirex, heptaclor, toxafè, clordà i DDT,
- dos compostos industrials: PCB i hexaclorobenzè,
- dos compostos produïts accidentalment: dioxines i furans.

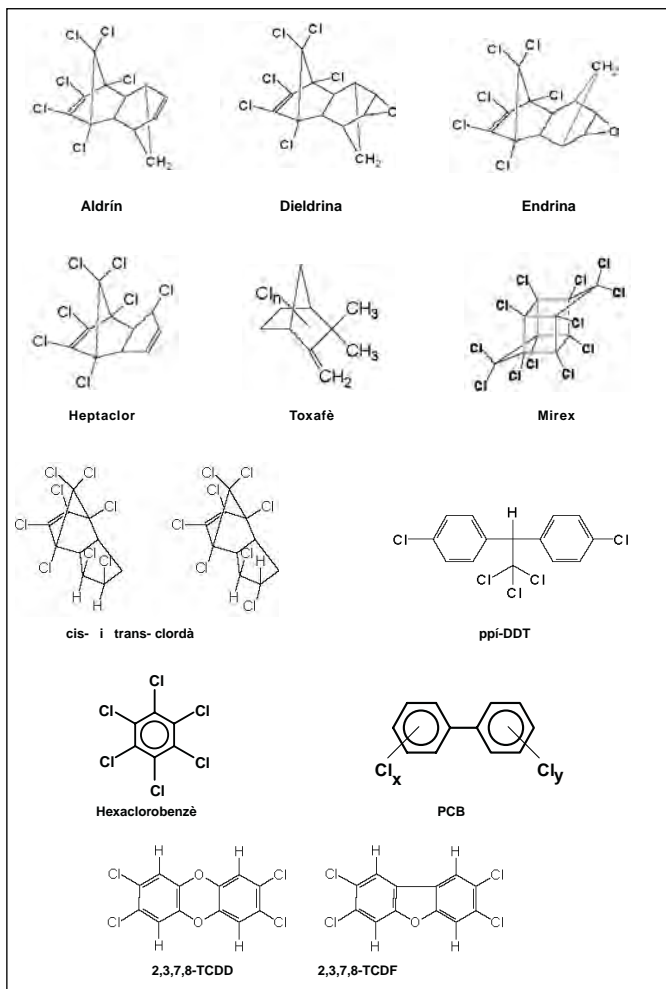


FIGURA 1. Els dotze compostos inclosos en el Conveni d'Estocolm.

Els deu primers compostos, excepte el DDT, estan inclosos en l'annex A, que implica el cessament complet de la seva producció, comerç i ús. L'acord no només en prohibeix

la producció, sinó que obliga a destruir-ne tots els estocs disponibles i els equipaments que en puguin tenir, com és el cas dels transformadors elèctrics amb olis de PCB, que hauran d'estar eliminats el 2025.

El DDT figura a l'annex B del Conveni, relatiu als compostos d'ús restringit. El DDT és acceptat com a intermediari en la síntesi del dicofol i en la lluita de vectors de malalties infeccioses, com la malària, mentre no es disposi d'alternatives més eficients i accessibles per als països en desenvolupament. Alguns d'aquests països han demanat, també, una moratòria per a alguns dels pesticides considerats en l'annex A.

Finalment, un tercer annex (C) es refereix a la reducció de les emissions accidentals de compostos orgànics persistents, com és el cas de les dioxines i els furans, tenint cura de les pràctiques que els produeixen, com la incineració de residus o la combustió a cel obert o en instal·lacions industrials (fàbriques de ciment, metal·lúrgiques, etc.), entre d'altres.

El Conveni està concebut com un instrument legal obert, de manera que preveu la incorporació de noves substàncies, d'acord amb uns principis d'avaluació establerts. De fet, en la fase de negociació diversos països europeus proposaren la inclusió d'altres compostos, com l'hexaclorociclohexà (lindane), els bifenils polibromats (emprats com a retardants de flama), els hidrocarburs aromàtics policíclics (PAH) i la clordecona. Un altre producte que també s'ha considerat, per cert, amb un forta resistència dels sectors industrials, és el pentaclorofenol. En canvi, en el cas dels polibromobifenils, han estat els mateixos fabricants els qui, com a mesura de precaució, ja n'han aturat la producció.

El Conveni està obert a la ratificació dels estats membres i entrarà en vigor quan sigui ratificat per cinquanta estats. El primer a ratificar-lo fou el Canadà i fins al moment ho han fet vint-i-tres estats més.

Abans que aquesta iniciativa es fes realitat, la comunitat internacional ja havia expressat la seva preocupació per l'elevat consum, molt sovint incontrolat, d'aquests productes i va establir un codi de conducta per a la seva distribució comercial. Aquest codi, adoptat per la FAO el 1985, reconeix que molts països han d'importar pesticides sense una infraestructura adequada per controlar-ne la disponibilitat i accessibilitat. En aquestes circumstàncies, els productors, exportadors i importadors internacionals, així com els formuladors, envasadors i distribuïdors locals, han d'acceptar compartir la responsabilitat de la seguretat i l'eficiència en l'ús dels mateixos.

El 10 de setembre de 1998 aquest codi fou incorporat al Conveni de Rotterdam sobre el consentiment previ (Prior Informed Consent, PIC) en el comerç internacional d'aquells productes que la FAO i el Registre Internacional de Compostos Tòxics (IRPTC/UNEP) estipulessin. Val a dir que entre aquests productes hi ha l'aldrín, la dieldrina, l'heptaclor, el clordà, el DDT, l'HCB i el PCB. Segons el Conveni de Rotterdam, cap pesticida d'ús prohibit o restringit per raons de salut pública o ambientals no pot ser exportat a un país sense permís exprés del país en qüestió.

D'altra banda, el Conveni de Basilea, adoptat el 1989 i ratificat el 1992, regula el moviment transfronterer de substàncies perilloses i la disposició dels residus. El Conveni obliga les parts signants a manipular d'una manera respectuosa amb el medi ambient els residus perillosos, quan es mouen a través de les fronteres dels països, i prohibeix, específicament, l'exportació d'uns països a uns altres per emmagatzemar-los. En aquest sentit, és clar que algunes de les pràctiques de països del primer món consistents a exportar residus de pesticides obsolets a països del Tercer Món contravenen aquest Conveni.

Els països de la Unió Europea estan, a més, vinculats pel Protocol d'Aarhus (1998), associat al Conveni sobre transport a llarga distància de contaminants atmosfèrics, per

tal d'eliminar les descàrregues i emissions d'una llarga llista de productes, inclosos els dotze del Conveni d'Estocolm.

El principal problema de totes aquestes normes internacionals és la manca d'estructures de gestió adequades en molts països en vies de desenvolupament, la qual cosa en fa difícil l'estricta aplicació.

PROPIETATS I COMPORTAMENT DELS COMPOSTOS ORGÀNICS PERSISTENTS

Les principals característiques que comparteixen aquestes substàncies són:

- la seva persistència en el medi,
- la capacitat de bioacumulació,
- la toxicitat,
- la possibilitat de ser transportades a llarga distància (transport transfronterer).

69

Es considera que un compost és persistent quan té una vida mitjana a l'aigua de més de dos mesos, o de més de sis mesos en els sòls i els sediments. Es poden incloure també en aquesta categoria compostos que, tot i ser menys persistents, pel seu continu alliberament al medi hi siguin sempre presents en quantitats perilloses.

Es considera una substància amb capacitat de bioacumulació quan el factor de bioconcentració (la relació entre la concentració en l'organisme i en el medi de referència) és superior a 5.000 o bé quan el coeficient octanol-aigua és superior a 100.000 ($\log K_{ow} > 5$). Això indica que el compost tindrà una major afinitat pels teixits greixosos que per l'aigua i que, per tant, tendirà a bioacumular-se. Combinada amb aquesta característica hi ha el fenomen de la biomagnificació, segons el qual

les concentracions aniran augmentant al llarg de la cadena tròfica. Així, per exemple, als arrossars del delta de l'Ebre, trobem el següent gradient de concentracions mitjanes de PCB i DDT (en ng/g de pes sec), respectivament: insectes aquàtics (55/68), peix mosquit (100/110), anguila (235/190), carpa (455/170), agró roig (3.200/1.400) (Pastor *et al.*, no publicat).

Pel que fa a la toxicitat, no es tracta només de la toxicitat aguda per una exposició sobtada a una gran quantitat de producte (intoxicació) sinó, sobretot, de la toxicitat crònica, és a dir, dels efectes produïts per una exposició subletal continuada, però amb conseqüències a llarg termini. S'han realitzat nombrosos experiments de laboratori que demostren una estreta relació causa-efecte en l'exposició d'animals a aquests contaminants i certes disfuncions biològiques. A la taula 1 es mostren els efectes produïts per la *dirty dozen*. De totes maneres, la confirmació d'aquests efectes en estudis de camp és més aviat limitada, tenint en compte que els organismes vius estan, normalment, exposats a diversos contaminants de manera simultània.

TAULA 1. *Efectes potencials dels compostos orgànics persistents (PANNA, 2002)*

Tipus d'efectes	Aldrin i dieldrina	Clordà	Toxafè	Mirex	DDT	HCB	PCB	PCDD i PCDF	HCH	Endosulfà	PBDE	TBT
Reproducció i desenvolupament	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x
Sistema Citocrom P450	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	
Porfiria						x	x	x				
Sistema immune	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x
Efectes adrenèrgics			x		x				x			
Efectes tiroïdals			x		x	x	x	x	x		x	
Mutagènics												
Carcinogènics	x	x	x	x		x	x	x	x	x		
Alteracions òssies			x				x	x				

Finalment, s'entén que un compost pot ser objecte de transport a llarga distància quan té una pressió de vapor inferior a 1.000 Pa i una vida mitjana a l'atmosfera superior als dos dies. Aquesta volatilitat moderada fa que la substància no es quedi permanentment a l'atmosfera, on presentaria un risc baix per als éssers vius, sinó que pugui volatilitzar-se a les regions càlides i condensar-se a les més fredes, i així anar-se distribuint pels diferents compartiments ambientals del planeta. Una constatació d'aquest fenomen serà la seva presència en regions allunyades del seu ús.

Fins al moment, s'ha identificat un primer grup de dotze compostos que tenen aquestes característiques, i que s'han inclòs en el Conveni d'Estocolm (vegeu la figura 1), però hi ha altres candidats, com el lindane, el polibromobifenil i polibromobifenil-èter (PBB i PBBE), les parafines clorades, el pentaclorofenol, etc.

71

EL TRANSPORT A LLARGA DISTÀNCIA

La persistència d'aquests compostos fa que els processos de transport dominin sobre els de degradació i que en regulin el comportament en el medi. Altres propietats fisicoquímiques comunes fan que es distribueixin de manera equilibrada en els diversos compartiments ambientals (aire, aigua i sòls), la qual cosa fa que puguin anar passant dels uns als altres, i afectar l'ambient en la seva globalitat. A la figura 2 s'il·lustren els processos de transport atmosfèric i de deposició sobre el medi marí, que afecten aquests contaminants.

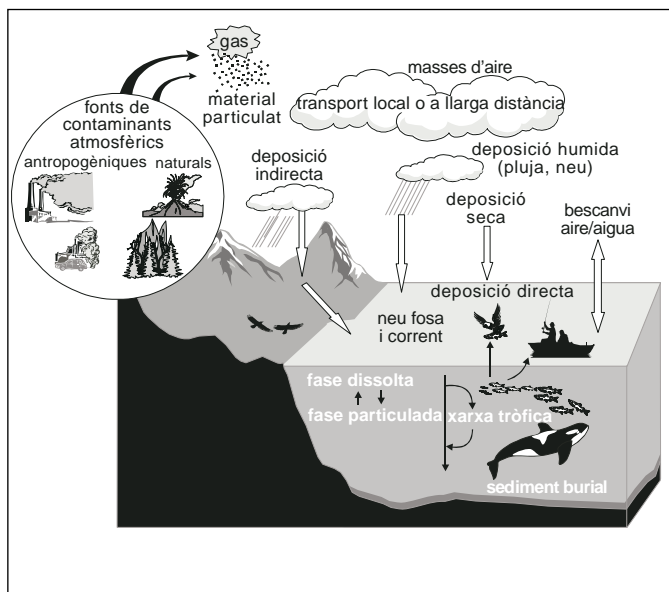


FIGURA 2. *Transport atmosfèric de contaminants i processos de bescanvi amb el medi marí (WHO/UNEP/ILO International Programme on Chemical Safety, 2001).*

Estudis duts a terme durant els anys vuitanta i noranta identificaren que el transport a llarga distància tenia un paper important en la distribució dels contaminants orgànics persistents a l'hemisferi nord. Estudis més recents s'han centrat en la seva distribució global i a confirmar la hipòtesi de «l'efecte llagosta» («grasshopper effect»), per explicar el transport d'aquests contaminants des de les regions equatorials cap a les polars. Aquest transport es deu, en part, a continuats processos de volatilització i condensació, amb una migració més ràpida en el cas dels compostos més volàtils, com el lindane o l'hexaclorobenzè, i més lenta en els més pesants, com el DDT. Això darrer permet que altres mecanismes de transport, com els cor-

rents oceànics, influeixin també en la distribució dels contaminants i que els gradients de concentració no siguin tan pronunciats per a aquests compostos (Mackay i Wania, 1995).

A la figura 3 es pot veure aquest contrast en dos dels pesticides utilitzats als tròpics, especialment a l'Índia i al Sud-est asiàtic, el lindane i el DDT. Mentre el primer es troba en concentracions molt més elevades a les regions pròximes al Pol Nord, el segon no migra de manera tan significativa (Iwata *et al.*, 1993). D'altra banda, és interessant de veure com les diferents propietats fisicoquímiques condicionen la seva acumulació a la cadena tròfica. Mentre la major part del lindane es troba en el medi abiòtic (aire i aigua), els compostos més lipòfils, com el clordà, els PCB o el DDT, es biomagnifiquen en els mamífers marins (vegeu la figura 4). En qualsevol cas, queda clar que les regions polars constitueixen uns reservoris per a aquests contaminants i que seran els darrers testimonis de la seva desaparició del planeta.

73

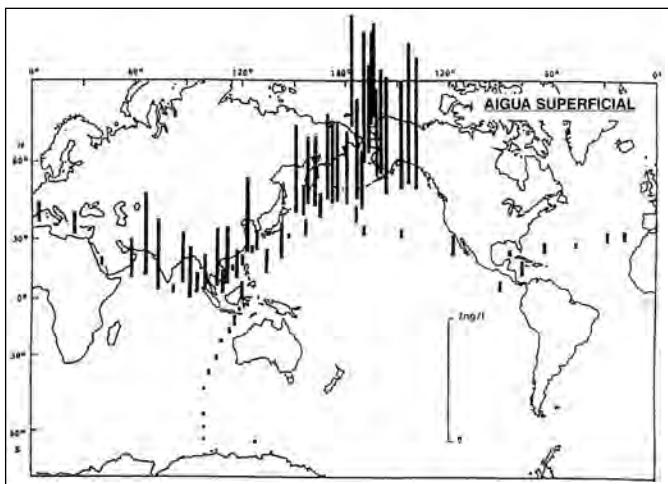


FIGURA 3a. Distribució de les concentracions d'HCH a l'aigua superficial del mar (Iwata *et al.*, 1993).

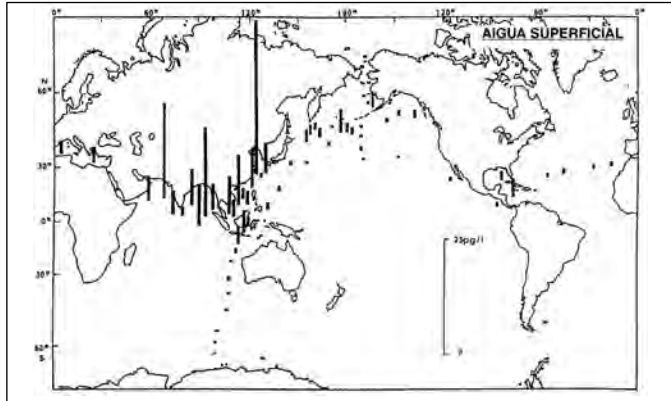


FIGURA 3b. Distribució de les concentracions de DDT a l'aigua superficial del mar (Iwata et al., 1993).

74

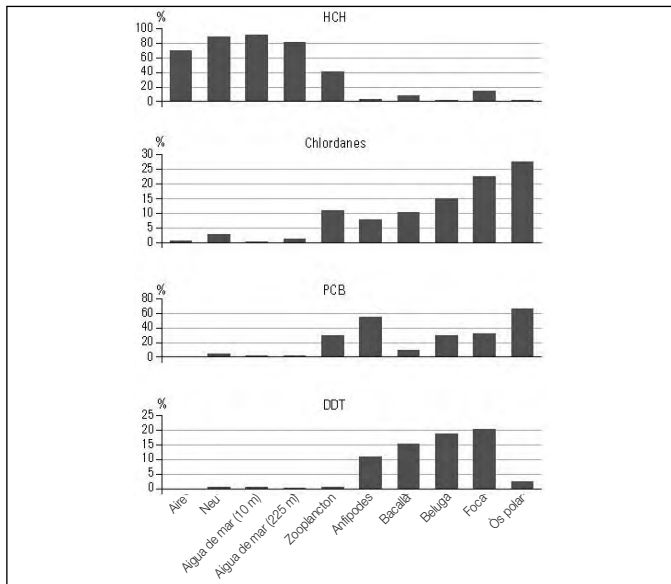


FIGURA 4. Distribució de diferents contaminants orgànics persistents en compartiments biòtics i abiòtics antàrtics (AMAP, 1998).

Des que s'adoptaren severes mesures restrictives en l'ús d'aquests compostos, als anys setanta, els nivells ambientals han anat disminuint significativament, per bé que no es disposa de gaires programes de vigilància de llarga durada. Les dades més clares són les dels peixos i aus de presa dels Grans Llacs, que han vist recuperades les seves poblacions, així com algunes espècies del Bàltic, com per exemple la perca, el bacallà o l'arengada, que és la millor espècie indicadora de la regió. També a la Mediterrània occidental les concentracions de PCB i DDT en musclos han disminuït en un factor de 5 durant els darrers quinze anys. A l'Adriàtic, però, la tendència no és tan clara per als PCB, com es pot apreciar a la figura 5, segurament a causa del menor rigor en l'aplicació de les regulacions als països balcànics (Picer i Picer, 1995).

Aquesta tendència general es reflecteix també a l'Àrtic, on les concentracions de compostos organoclorats en líquens, peixos i ous d'aus marines han anat disminuint fins a tres i quatre vegades en els darrers vint anys. La tendència, però, no és tan evident en el cas dels mamífers marins. Totes aquestes dades posen de manifest la importància de continuar amb la vigilància biològica (*biomonitoring*) per avaluar la resposta de l'ecosistema a les mesures reguladores preses.

ELS EFECTES SOBRE ELS ÉSSERS VIUS

Ja hem indicat a la taula 1 quins són els efectes biològics dels principals compostos orgànics persistents, que han estat vistos en assaigs de laboratori. Tot i que, en aquests moments, és difícil fer la mateixa associació en els organismes que viuen en llibertat, tant d'àmbit individual com de població, al llarg dels anys s'han aconseguit algunes evidències que els efectes hi són.

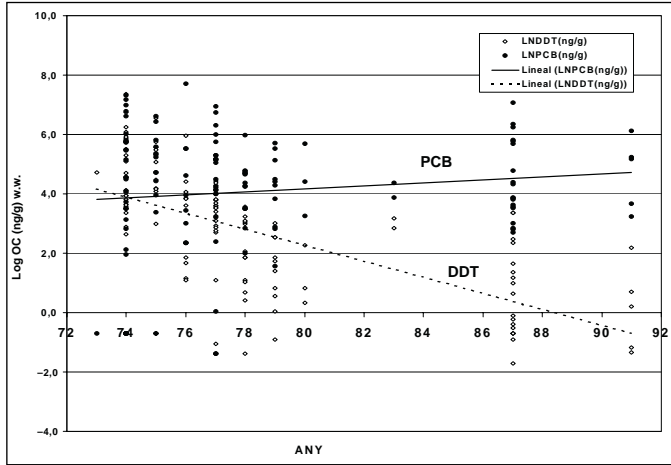


FIGURA 5. Tendència temporal de les concentracions de PCB i DDT en bivalves de la costa oriental de l'Adriàtic (Picer i Picer, 1995).

76

Un dels primers casos descoberts fou la correlació entre l'ús del DDT i el descens de les poblacions d'aus de presa, atribuït a la menor consistència de la closca dels ous per un efecte negatiu del DDT sobre el sistema endocrí de les aus, que conduïa a una pertorbació del metabolisme del calci i, per tant, a la reducció de la viabilitat dels ous.

En aquest sentit, potser un dels estudis més il·lustratius i conclouents fou el realitzat a Austràlia, on s'examinaren ous de falcó pelegrí (*Falco peregrinus*), des del 1885 fins al 1975, procedents de diverses col·leccions i museus, i es determinaren el contingut de DDT i el gruix de la closca. A la figura 6 es pot veure com ha anat canviant aquest gruix, des que el 1947 s'introdueix el DDT a l'agricultura. Abans d'aquesta data cap dels ous de falcó no tenia un gruix inferior en un 20% al de la mitjana, mentre que a partir dels anys seixanta el tenien la majoria (Connell, 1981).

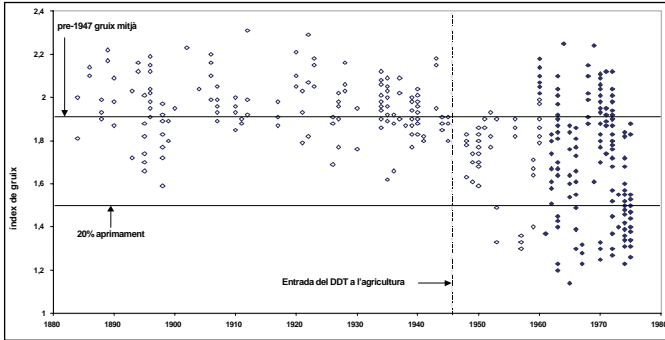


FIGURA 6. Evolució temporal del grux de les closques d'ous de falcó pelegrí (*Falco peregrinus*) a Austràlia (Connell et al., 1999).

Són diverses les regions del món en les quals s'han observat reduccions significatives de les poblacions de fauna salvatge, només explicables per la presència de xenobiòtics organoclorats. Una de les més conegudes és la dels Grans Llacs americans. Als anys setanta, onze espècies d'aus de la regió (gavines, cormorans, garses, àligues, etc.) evidenciaren seriosos problemes reproductius, amb una significativa reducció de les colònies. Totes aquestes aus s'alimentaven de peixos dels llacs que, com després es va demostrar, contenien quantitats significatives de contaminants organoclorats, com DDT, PCB i HCB (Environment Canada, 2000).

També és conegut que la fauna polar està considerada, en general, com la de major risc d'exposició (vegeu la figura 4). Es dona, a més, la circumstància que amb la remobilització de lípids que es produeix durant el període d'hivernació, els contaminants acumulats en el teixit adipós poden migrar cap a òrgans més sensibles i poden afectar funcions vitals. Per això, s'estan duent a terme estudis de vigilància, principalment dels mamífers marins.

A Europa són coneguts els casos del descens de poblacions de la llúdrega (*Lutra lutra*) o els problemes de feminit-

zació de peixos mascles en molts rius europeus. El descens de les poblacions d'aus marines, de la fecunditat del bacallà al Bàltic o de les balenes del Wadden Sea (Holanda) han estat explicats també per la presència de xenobiòtics lipòfils en els seus teixits (Petersen *et al.*, 1997). En anys recents, diverses espècies de mamífers marins s'han vist afectades per malalties estranyes o per mortalitats inusuals. Així, l'any 1990 s'observà un increment d'espècies mortes de dofí llistat a les costes italianes, com a conseqüència d'una infecció vírica. Una de les hipòtesis que es plantejà per explicar-ho fou la de la depressió de les defenses immunitàries per causa dels PCB, que produïa un augment de la susceptibilitat dels individus per la infecció viral.

Pel que fa als efectes sobre la salut humana, falta molt encara per conèixer-los amb precisió. No es tracta tant del risc derivat, per exemple, de les exposicions ocupacionals agudes, com de les exposicions cròniques, moltes vegades inadvertides, de la població en general. Les primeres estan prou documentades, com la intoxicació per HCB en una regió sud-oriental de Turquia, que va provocar la mort del 90 % de la població afectada i nombrosos casos de cirrosi hepàtica, porfíria i altres trastorns relacionats amb l'exposició.

A la regió del Grans Llacs, dels EUA i el Canadà, estudis epidemiològics duts a terme després de constatar l'evidència dels efectes sobre la fauna aquàtica que hem descrit abans, arribaren a la conclusió, el 1985, que determinats efectes neurològics, endocrinològics, immunològics i reproductius observats en la població, podien estar associats a contaminants dels Llacs, i s'identificaren compostos del tipus DDT, dieldrina, mirex, toxafè, PCB, HCB, dioxines, benzo(a)pirè i tetraetil-plom, com els possibles causants que calia eliminar (IJC, 1987).

Estudis efectuats a Suècia indiquen que la ingestió de compostos organoclorats, com PCB, dioxines i furans, dins la

dieta alimentària, pot estar relacionada amb una reducció significativa de limfòcits a la sang de la població en general, mentre que els nens poden sofrir taxes d'infeccions (immuno-deficiències) un ordre de magnitud superior a les que presenten nens control.

Atès que, com hem vist abans, les regions polars són zones d'acumulació d'aquests contaminants, hi ha una especial preocupació pels possibles efectes sobre la reproducció i el desenvolupament de les poblacions autòctones. Certament, els nivells de compostos organoclorats trobats en greix, sang i llet materna són molt més elevats que els de les poblacions més meridionals, i són atribuïbles a una dieta rica en peix, que acumula quantitats notables d'aquells compostos (vegeu la figura 4). El Canadà i els països nòrdics han dut a terme un extens estudi analític i epidemiològic en el marc de l'Arctic Monitoring and Assessment Programme per tal d'avaluar-ne les conseqüències (AMAP, 1998).

79

LA DIFUSIÓ ACCIDENTAL DE COMPOSTOS ORGANOCLORATS

En l'apartat precedent hem vist com els compostos organoclorats poden ser transportats a llargues distàncies i ser incorporats a les cadenes tròfiques, però aquests compostos també poden ser introduïts en el medi per causes accidentals.

En un estudi dut a terme sobre la població del suburbi d'Istoca, al Departament de Choluteca (Hondures), després de l'huracà Mitch (30-31 d'octubre de 1998), que portà l'anàlisi de contaminants en aigua i sòls, i també en sang i orina d'adolescents de 15-18 anys, així com una avaluació subjectiva de 155 habitatges, els investigadors trobaren continguts elevats de pesticides organoclorats i organofosforats en la població analitzada. L'anàlisi toxicològica de mostres de sèrum indicà que el 51% dels habitants tenien

nivells de pp-DDE d'entre 1,2 i 96,9 ng/mL (la referència mitjana per un adult als EUA és de 3,5 ng/mL). D'altra banda, el 23% de les mostres tenien presència de dieldrina en concentracions superiors als 0,2 ng/mL, que és el límit de base de la població americana. Tanmateix, el DDE era present en 130 de les 138 mostres analitzades de llet materna, a nivells compresos entre 1 i 160 ng/L. Algunes mostres presentaren altres pesticides com el δ -HCH o l'heptaclor epòxid en concentracions d'entre 1 i 5 μ g/L. Aquests nivells tan elevats eren sorprenents, ja que feia quinze anys que l'ús de compostos organoclorats havia estat prohibit a Hondures. Investigacions posteriors posaren de manifest l'existència de grans quantitats d'aquests productes emmagatzemats en males condicions, que foren arrossegats per l'huracà i contaminaren els conreus i els corrents d'aigua superficial.

Però no han estat només els desastres naturals la causa de contaminacions massives de la població. Els conflictes bèl·lics també ho han estat. És ben conegut que les impureses de dioxines i furans que contenien els defoliants 2,4-D i 2,4,5-T, àmpliament usats en la guerra del Vietnam (1961-1971), són encara presents en l'ambient i en la població vietnamites. Recentment, Hoang Dinh Cau (2002) ha descrit que, a part de les grans àrees de vegetació que foren destruïdes i que encara no s'han recuperat, la fauna salvatge s'ha reduït en un 30%, amb espècies importants com elefants (*Elephas maximus*), cérvols (*Cervus unicolour*) i d'altres. D'altra banda, estudis realitzats al sud del Vietnam indiquen concentracions de dioxines en la sang de fins a 271 pg/g I-TEQ enfront dels 3-7 pg/g dels residents de Hanoi (Schecter *et al.*, 2001). Phuong *et al.* (1989) va poder demostrar que els nounats en les zones que havien estat tractades amb 2,4-D presentaven un índex de malformacions congènites estadísticament més elevat que no pas els de les zones de referència del nord del país.

També la intervenció de l'OTAN a Kosovo, la primavera de 1999, va tenir no solament unes conseqüències dramàtiques des del punt de vista humà, sinó també per al medi ambient. L'atac selectiu a objectius estratègics, com eren les centrals elèctriques, va produir importants destrosses a més de mil transformadors, que contenien olis de PCB. Nombrosos aqüífers foren contaminats (les aigües del riu Lepenica, a Sèrbia, tenien 18 ng/L de PCB) i els sòls de nombroses poblacions no poden ser utilitzats per a cap activitat urbana o agrícola.

USOS I ALTERNATIVES

Els compostos que hem estat considerant han format part de la societat moderna, contribuint al seu progrés i desenvolupament, en l'agricultura, la salut, els béns de consum, etc. Tot i això, la seva persistència en el medi i, a llarg termini, els seus efectes negatius sobre els éssers vius, han obligat a haver-ne de prescindir o de restringir-ne l'ús de manera dràstica. Amb tot i que a finals dels setanta ja estaven regulats (prohibits o restringits), a la major part dels països del món, les informacions disponibles indiquen que alguns se segueixen utilitzant, per bé que se'n desconeixen les dades precises, així com els estocs existents en els diferents països. Diversos organismes internacionals, com la FAO, la UNECE o el Banc Mundial han començat a fer-ne inventaris, però la seva actualització topa amb nombroses dificultats a causa de la manca d'informació.

A això s'hi han d'afegir els nombrosos obstacles que existeixen per a l'adopció d'alternatives, especialment en els països en desenvolupament, probablement originades per:

- actituds socials que afavoreixen l'ús dels productes tradicionals,
- escassa difusió dels productes o tecnologies alternatius,
- pobra formació de la població, la qual cosa dificulta la difusió de qualsevol tipus d'informació,
- altres factors relacionats amb la producció i comercialització dels productes, com un cost econòmic més elevat o més complexitat en l'aplicació.

En aquest sentit, les alternatives proposades en el camp dels pesticides organoclorats consisteixen en el desenvolupament i aplicació de nous compostos, com les piretrines en substitució del DDT, o la lluita integrada de plagues, incorporant mètodes biològics. És obvi que aquests sistemes són més costosos i requereixen una millor capacitació del personal, circumstàncies que en dificulten una major generalització.

També en l'àrea dels productes industrials és necessari fer esforços de substitució. La principal font de problemes ha estat generada pels PCB, no tant pels productes de recanvi, que ja existeixen (per exemple, olis minerals i de silicona, derivats clorats no tan persistents, etc.), com per la seva destrucció, imposada pels acords internacionals. Només a l'Estat espanyol es compta que hi ha més de 200.000 tones de materials contaminats per PCB, que s'hauran d'eliminar abans del 2025. Les tecnologies de destrucció, principalment la incineració, són cares i no estan a l'abast de tots els països. Altres alternatives estan encara en fase de R & D.

Pel que fa als compostos produïts accidentalment, com dioxines i furans, les estratègies de reducció són especialment importants. Aquestes exigeixen canvis en els processos tecnològics com els següents:

- prendre mesures per millorar els processos de combustió de tot tipus,
- substituir els materials que poden ser font de dioxines i furans, com els additius clorats o bromats en els retardants de flama dels plàstics,
- utilitzar tecnologies més netes (per exemple, en la producció de paper),
- reduir els residus generadors de dioxines o reciclar-los abans de destruir-los,
- separar els materials generadors de dioxines dels residus, abans de la seva incineració.

És evident que no tots els països estan en condicions d'implementar aquestes opcions. A les barreres esmentades abans s'hi ha d'afegir la manca d'infraestructures reguladores i de gestió en molts d'ells. Molt sovint, es comet l'error d'intentar simplement reproduir arreu les existents en els països més desenvolupats, quan aquestes poden no ser adaptables o apropiades a les condicions socioeconòmiques dels països en vies de desenvolupament. Cal fer, doncs, un especial esforç d'adaptació perquè els limitats recursos humans i financers no siguin un obstacle per fer-les funcionar. Els organismes internacionals hi poden tenir un paper important.

83

CONCLUSIÓ

El problema dels compostos orgànics persistents ha posat de relleu, no només el fet que la contaminació no reconeix fronteres, sinó la necessitat de trobar formes de gestió global per al manteniment de la qualitat de vida en el planeta. La gran diversitat de sistemes polítics i econòmics existents en el món, així com les grans diferències històriques i culturals entre els

països, comporten implicacions significatives per a l'establiment d'estàndards ambientals comuns. D'entrada, hi ha una estreta relació entre el PNB d'un estat i la seva despesa en control i gestió ambientals. Les dades indiquen que els països que no poden satisfer les necessitats bàsiques dels seus ciutadans, no poden distreure recursos per a la gestió ambiental. Aquesta només és abordable quan s'ha atès un cert llinar de desenvolupament econòmic.

Tot i aquest context socioeconòmic, es poden crear noves oportunitats d'avenç posant més èmfasi en l'educació, en la consciència social i ambiental, a través de la cooperació social i tecnològica entre els diferents països. Les administracions haurien de ser vigilants davant el procés d'internacionalització dels mercats per tal que els aspectes ambientals no fossin menystinguts i afectessin de manera especialment negativa els països menys desenvolupats.

És clar que els països desenvolupats i els seus ciutadans tenen una gran responsabilitat en la definició dels estàndards ambientals dels productes que usen i consumeixen. El primer món ha d'assumir les responsabilitats de les actuacions que ha fet o ha deixat de fer, avui i en el passat, en aquesta matèria, i que configuren el nostre present i condicionen el nostre futur.

REFERÈNCIES

- AMAP (1998). *AMAP Assessment Report*. Noruega: Arctic Monitoring and Assessment Programme Secretariat.
- CONNELL, D. W.; MILLER, G. J.; MORTIMER, M. R.; SHAW, G. R.; ANDERSON, S. A. (1999). «Persistent lipophilic contaminants and other chemical residues in the Southern Hemisphere». *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, vol. 29, núm. 1, p. 47.

- SCHECTER, A.; DAI, L. C.; PAPKE, O.; PRANGE, J.; CONSTABLE, J. D.; MATSUDA, M.; THAO, V. D.; PISKAC, A. L. (2001). «Recent dioxin contamination from Agent Orange in residents of a southern Vietnam city». *JOEM*, núm. 43, p. 435-443.
- ENVIRONMENT CANADA (2000). *Great Lakes Fact Sheet – Contaminants in Herring Gull Eggs from the Great Lakes: 25 Years of Monitoring Levels and Effects*. Canadá. <<http://www.ec.gc.ca/science/>>
- HOANG DINH CAU (2002). «Health and Environmental Problems in Vietnam after War». A: *Summaries of the Vietnam-United States Conference on Human Health and Environmental Effects on Agent Orange/Dioxin*. Vietnam: Hanoi.
- IJC (1987). «Great Lakes Water Quality Agreement as amended 1987». A: *International Joint Commission United States and Canada*. <<http://www.ijc.org/ijcweb-e.html>>
- IWATA, H.; TANABE, S.; SAKAI, N.; TATSUKAWA, R. (1993). «Distribution of persistent organochlorines in the oceanic air and surface seawater and the role of ocean on their global transport and fate». *Environmental Science and Technology*, núm. 27, p. 1080-1084.
- MACKAY, D.; WANIA, F. (1995). «Transport of contaminants to the Arctic: partitioning processes and models». *Science of the Total Environment*, núm. 25, p. 160-161.
- PANNA (2002). «Pesticide Action Network North America: Pesticide Database». San Francisco. <<http://www.pesticideinfo.org/>>
- PETERSEN, G. I.; GERUP, J.; NILSSON, L.; LARSEN, J. R.; SCHNEIDER, R. (1997). «Body burdens of lipophilic xenobiotics and reproductive success in Baltic cod (*Gadus morhua*, L.)». ICES CM, 1997/U:10.
- PICER, M.; PICER, N. (1995). «Levels and long-term trends of polychlorinated biphenyls and DDT in mussels collected

from the eastern Adriatic coastal waters». *Water Res. K*, núm. 29, p. 2707-2719.

PHUONG, N. T. N.; THUY, T. T.; PHUONG, P. K. (1989). «An estimate of reproductive abnormalities in women inhabiting herbicide sprayed and on-herbicide sprayed areas in the south of Vietnam, 1952-1981». *Chemosphere*, núm. 18, p. 843-846.

UNEP (2002). «UNEP/GEF Regionally based assessment of persistent toxic substances». UNEP. Ginebra. <<http://www.chem.unep.ch/pts/>>