



QUÈ ÉS EL CANVI GLOBAL?

Fernando Sapiña*

EN ELS ÚLTIMS TRENTA ANYS HEM PRES CONSCIÈNCIA DE LA DEGRADACIÓ AMBIENTAL ORIGINADA PER LES NOSTRES ACTIVITATS. LES ACCIONS QUE SÓN RESPONSABLES DEL CANVI GLOBAL ES PODEN CONSIDERAR COM A ESTRATÈGIES EVOLUTIVES DELS ÉSSERS HUMANS PER A ASSEGURAR EL NOSTRE ÈXIT I, DES D'AQUEST PUNT DE VISTA, EL SEU IMPACTE EN EL MEDI SÓN LES CONSEQÜÈNCIES NO DESITJADES D'AQUESTES ACTIVITATS.

EL CANVI GLOBAL ÉS, PER TANT, INEVITABLE, A CAUSA DE LES NOSTRES NECESSITATS D'ALIMENTS, ENERGIA I MATERIALS, PERÒ EL QUE SÍ QUE ES POT EVITAR ÉS LA CONTÍNUA DEGRADACIÓ DELS ECOSISTEMES, USANT COM A GUIA EL CONCEPTE DE DESENVOLUPAMENT SOSTENIBLE.

What is global change? In the last 30 years we have been aware of the environmental degradation originated by our activities. The actions responsible for global changes can be considered as the evolutionary strategies human beings adopt to ensure our success and from this point of view, their environmental impact is the undesirable consequence of these activities. Global change, then, is inevitable, as a consequence of our need for food, energy, and materials, but what can be avoided is the disruption of ecosystems, using the concept of sustainable development as a guide.

■ LES DIFÍCILS RELACIONS ENTRE LES SOCIETATS I ELS ECOSISTEMES

El moviment mediambiental té el seu origen en la reacció que es va produir, després de la II Guerra Mundial, contra l'enorme impacte sobre el nostre entorn provocat per la intensificació de les activitats industrials. La satisfacció de les necessitats d'un conjunt cada vegada major de consumidors va portar no sols a l'esmentat augment de l'activitat industrial, sinó també a implantar noves tecnologies productives. Això va provocar l'aparició de nous problemes mediambientals més complexos que van desplaçar els tradicionals. Des d'aleshores, hi ha una tendència generalitzada a considerar que els problemes mediambientals tenen un origen recent. I, tanmateix, la veritat és que les societats i els ecosistemes han evolucionat junts des del moment en què van aparèixer els primers humans sobre la Terra.

Des d'Àfrica, fa 50.000 anys, els nostres avantpassats van començar una migració que els va portar a adaptar-se a pràcticament tots els entorns, a tots els climes del planeta. Doncs bé, en els últims cinquanta anys hem descobert que, com a conseqüència de la caça intensiva, en aquell període de migració es van extingir a Amèrica i Austràlia les dues terceres parts de la seua megafauna. La megafauna són animals d'un pes superior als 45 quilograms. Entre aquests animals hi havia el mamut, el rinoceront llanut i el tigre de dents de sabre. Sí, la nostra capacitat per a actuar en grup i el nostre ampli arsenal d'armes ens van convertir en els caçadors més eficients de la història. Però, a pesar d'aquest episodi d'extinció d'espècies, l'impacte sobre el medi ambient de les societats de caçadors-recol·lectors va ser limitat. D'una banda, la població era llavors molt reduïda i, d'altra banda, com que les comunitats devien desplaçar-se contínuament, les seues possessions eren molt limitades i, per això, utilitzaven pocs recursos.

En el neolític, fa 10.000 anys, els humans vam començar a substituir les nostres antigues formes de subsistència, basades en la caça i en la recol·lecció, per l'agricultura i la ramaderia. Amb això va desaparèixer la forma de vida que els humans havien seguit durant dos milions d'anys. Aquesta nova tecnologia va facilitar un augment de la quantitat d'aliments accessibles, la qual cosa va provocar un creixement de la població. D'altra banda, a mesura que les comunitats es van fer sedentàries, va aparèixer la propietat privada i l'acumulació de béns, de manera que les quantitats de recursos utilitzats van augmentar. Però les tensions mediambientals van acabar manifes-

tant-se, encara que lentament. L'agricultura implica la transformació de terres a fi de crear un hàbitat artificial en què poder conrear cereals i altres vegetals. El sòl queda així més exposat a l'acció del vent i de la pluja, per la qual cosa es va produir un augment de la velocitat d'erosió. La implantació del regadiu va permetre als agricultors conrear espècies i varietats més productives, però, a les valls del Tigris i l'Eufrates, va provocar l'acumulació progressiva de sals al sòl, que va acabar convertint aquelles terres en un desert.

Tot aquest procés es va accelerar amb la revolució industrial. L'ús dels combustibles fòssils com a fonts d'energia i l'extensió de la industrialització ens ha permès disposar de molts més aliments i béns que



La mineria ha estat, des de l'antiguitat, una de les activitats amb major impacte ambiental, perquè el tractament de la mena requeria usar carbó vegetal, obtingut a partir de fusta, i també per l'ús de mètodes ineficaços, que van provocar, en el cas de l'extracció del plom, la dispersió d'aquest metall per tot el món en l'època de màxim apogeu de les civilitzacions grega i romana. Aquesta figura s'ha extret del llibre *De Re Metallica*, de Georgius Agricola, publicat a Alemanya el 1556 i que, juntament amb el *Pirotechnia*, de Vanoccio Biringuccio, publicat a Itàlia el 1540, es consideren els primers llibres de ciència de materials.



mai. En aquests últims 250 anys s'ha produït un creixement extraordinari de la població mundial i un augment espectacular dels recursos necessaris per a mantenir aquesta població. Però aquest procés ha provocat l'aparició de problemes mediambientals molt més complexos, interrelacionats, i que es manifesten cada vegada més ràpidament.

La caça intensiva, la transformació de terres per a conrear-les o convertir-les en pastures, la domesticació d'espècies, totes aquestes són activitats intencionades. Són, de fet, estratègies evolutives per les quals la nostra espècie ha tractat d'assegurar-se l'èxit. I, des d'aquest punt de vista, aquestes estratègies han funcionat molt bé. Fa 12.000 anys, la població de caçadors-recol·lec-

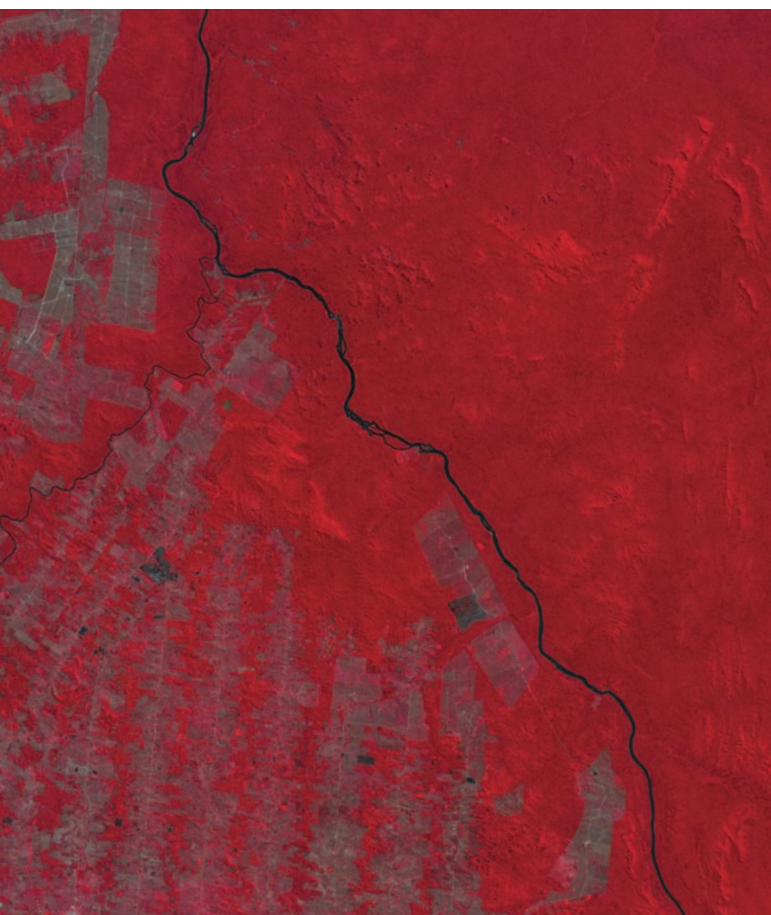
tors era de 6 milions de persones. El desenvolupament de l'agricultura i la ramaderia va facilitar que augmentara la població mundial, fins a 250 milions de persones l'any 1, i 750 milions el 1750. Finalment, l'augment de la població mundial es va accelerar amb la revolució industrial. Des de fa 250 anys, aquesta ha augmentat de manera pràcticament exponencial i, en l'actualitat, continua creixent, encara que a un ritme cada vegada menor. Avui vivim sobre la Terra més de 6.000 milions de persones, tres vegades més que en 1930, i quasi dues vegades més que en 1960.

En aquest context, podem considerar que la degradació mediambiental és la conseqüència no desitjada de les nostres activitats, i aquest suposat origen recent dels problemes mediambientals és el resultat de l'augment de l'escala i de la velocitat de les transformacions que s'han produït en el nostre entorn en les últimes dècades. Abans de la revolució industrial, els problemes estaven prou localitzats, i es presentaven en períodes de temps llargs, de centenars o milers d'anys. En les societats industrialitzades, però, els problemes són globals i es manifesten amb major rapidesa, en unes desenes d'anys.

Al conjunt de transformacions que es produeixen en el medi ambient com a conseqüència de les nostres activitats li hem donat el nom de canvi global. El canvi global, conceptualment, podem veure'l de la següent manera. El creixement de la població humana, i el creixement dels recursos necessaris per a sostenir aquesta població, es manté gràcies a una sèrie d'activitats (agricultura, ramaderia i pesca, indústria, comerç internacional). Aquestes activitats transformen les terres, alteren els principals cicles biogeoquímics, i afegeixen o eliminen espècies en molts ecosistemes. Aquests components primaris del canvi global interaccionen entre si i poden provocar, a més, altres alteracions en el funcionament de l'ecosistema global, com el canvi climàtic, que té el seu origen en l'augment de les concentracions dels gasos d'efecte hivernacle a l'atmosfera, i les extincions d'espècies, és a dir, la pèrdua de diversitat biològica. Tots aquests fenòmens, junt amb altres, com l'augment de les concentracions de productes tòxics en el medi ambient, l'erosió del sòl, la desaparició de la capa d'ozó o l'augment de l'acidesa de les precipitacions, podem considerar que són símptomes d'una malaltia, són la conseqüència de l'apropiació de la biosfera per la nostra espècie.

■ UNA CASCADA D'EFFECTES INTERRELACIONATS

La utilització de les terres per a obtenir béns i serveis és, probablement, el component més important



Imatge cortesia de NASA/GSFC/ETI/RS/DK/CJ/AROS - l'Equip Científic EUA/Japo/ASTER

La transformació de terres en conreus i pastures ha representat un paper central en la desaparició dels boscos. A principis del segle XXI només queden grans zones de bosc intacte en tres llocs: la conca de l'Orinoco i l'Amazones, el nord d'Amèrica del Nord, i el nord d'Euràsia. Aquesta imatge mostra la deforestació en l'estat de Rondônia, al Brasil. És una imatge amb colors falsos: el bosc tropical apareix amb un color roig brillant, mentre que les terres transformades apareixen amb un color roig pàl·lid o marró. Les zones amb colors grisos i negre representen, probablement, terres acabades de cremar.

Imatge cortesia de Craig Mayhew i Robert Simmon, de NASA/GSFC



Les projeccions de diversos organismes nacionals i internacionals indiquen que, entre 1999 i 2020, la població mundial passarà de 6.000 a 7.500 milions de persones, i el consum mundial d'energia augmentarà un 60%, igual com les emissions de diòxid de carboni. Aquesta imatge mostra els llums de les ciutats del món. Per a elaborar-la s'han utilitzat més de 400 imatges preses entre l'1 d'octubre i el 31 de març de 1995. Les àrees més brillants són les més urbanitzades, encara que no són, necessàriament, les més poblades. (Dades cortesia de Marc Imhoff, del NASA's Goddard Space Flight Center, i de Christopher Elvidge, del NOAA's National Geophysical Data Center).

del canvi global. La major part de les terres cobertes per vegetació han estat alterades, d'una forma o una altra, pels éssers humans. Les estimacions sobre el percentatge de terres transformades van del 39 al 50%. Però aquestes xifres subestimen el seu efecte global perquè, en moltes ocasions, les terres no afectades han resultat fragmentades per la modificació de les àrees circumdants, i això ha afectat tant la composició com el funcionament d'aquests ecosistemes aparentment no alterats. La transformació de les terres provoca l'alteració dels hàbitats de les espècies que habiten a la zona modificada, i és la principal causa de pèrdua de diversitat biològica. A més, aquest component del canvi global té un paper molt important en el clima del planeta, perquè és responsable del 20% de les emissions antròpiques de diòxid de carboni, i contribueix en un percentatge molt major a l'augment de les concentracions de metà i òxid nítric a l'atmosfera, que són també gasos d'efecte hivernacle.

L'augment de la concentració de diòxid de carboni a l'atmosfera és, sense cap dubte, el component del canvi global millor documentat. Les

mesures sistemàtiques de la concentració d'aquest gas a l'atmosfera, iniciades el 1957, junt amb l'anàlisi de les bombolles d'aire contingudes en gels de l'Antàrtida i Grenlàndia han mostrat que aquesta va romandre pràcticament constant des del final de l'últim període glacial, fa més de 10.000 anys, fins que, a partir de 1750, després del començament de la revolució industrial, va començar a augmentar de manera exponencial; avui, aquest augment és de més d'un 30%. La causa principal d'aquest component del canvi global es troba en l'ús de combustibles fòssils, però la conversió de boscos i pastures en terres de conreu també és responsable d'una part significativa.

El consens de la comunitat científica internacional que investiga el clima és que aquest augment de la concentració de diòxid de carboni influirà sobre el clima i provocarà un canvi climàtic, les manifestacions del qual es produiran, previsiblement, en els pròxims cent anys. Les prediccions indiquen que el canvi climàtic començarà amb un augment de les temperatures mitjanes del nostre planeta. El registre històric d'aquestes temperatures mos-

**«HI HA UNA TENDÈNCIA
GENERALITZADA A CONSIDERAR
QUE ELS PROBLEMES
MEDIAMBIENTALS TENEN UN
ORIGEN RECENT. PERÒ LA
VERITAT ÉS QUE LES SOCIETATS
I ELS ECOSISTEMES HAN
EVOLUCIONAT JUNTS DES DEL
MOMENT EN QUÈ VAN
APARÈIXER ELS PRIMERS
HUMANS SOBRE LA TERRA»**





tra que, al llarg del segle xx, aquesta temperatura ha augmentat 0,6 °C, i aquest escalfament ha estat més intens en els últims vint anys. Però, per ara, no tenim proves concloents que ens permeten afirmar que l'escalfament és degut a l'augment de la concentració dels gasos d'efecte hivernacle a l'atmosfera.

El dipòsit més important de nitrogen en el medi ambient és l'atmosfera. Però el nitrogen molecular deu ser transformat químicament, és a dir, fixat, en forma d'espècies capaces de ser assimilades pels organismes. En l'actualitat, les quantitats de nitrogen fixades pels éssers humans són majors que les quantitats fixades mitjançant processos naturals. Com a conseqüència ha augmentat la concentració d'òxid nítrós, un gas d'efecte hivernacle. Hi ha hagut, a més, un augment de les concentracions locals d'òxid nítric, un dels desencadenants de la formació de les boirines fotoquímiques a les ciutats. Ha provocat l'acidificació dels sòls, amb la consegüent pèrdua de nutrients essencials per a mantenir-ne la fertilitat a llarg termini. Ha alterat la composició dels ecosistemes, a causa de la diferent resposta de les plantes a l'augment de la concentració d'espècies accessibles de nitrogen. Ha contaminat els aqüífers amb nitrats, de manera que les aigües subterrànies ja no són aptes per al consum humà. I, finalment,

«LES ACTIVITATS RESPONSABLES DEL CANVI GLOBAL SÓN INTENCIONADES. SÓN, DE FET, ESTRATÈGIES EVOLUTIVES AMB LES QUALS LA NOSTRA ESPÈCIE HA TRACTAT D'ASSEGURAR-SE L'ÈXIT... LA DEGRADACIÓ MEDIAMBIENTAL ÉS LA CONSEQÜÈNCIA NO DESITJADA DE LES NOSTRES ACTIVITATS»

l'augment de les concentracions d'espècies mòbils de nitrogen en estuaris i zones costaneres ha estimulat el creixement de les algues responsables de les mareas roges.

Les activitats humanes han provocat tensions sobre un gran nombre d'espècies, i això ha produït greus alteracions en la composició dels ecosistemes que han arribat, en alguns casos, a l'extinció d'espècies. La velocitat amb què es produeix aquest procés és difícil de determinar, en part perquè,

en l'actualitat, la majoria de les espècies que viuen en el nostre planeta no han estat encara identificades. No obstant això, les estimacions més recents suggereixen que aquesta velocitat és, avui, entre cent i mil vegades major que fa 100.000 anys. Les tres principals causes d'extinció d'espècies són l'alteració dels seus hàbitats, la caça i la pesca intensives, i la competència i depredació per part d'espècies invasores. A més, a aquestes causes se sumen els efectes dels altres components del canvi global (alteració dels cicles del carboni i el nitrogen, augment de la contaminació, ...). El canvi climàtic podria accelerar aquests processos d'extinció: mentre que, en èpoques passades, les espècies han respost als canvis climàtics bé modificant els límits dels seus hàbitats o bé mitjançant migracions, la intensa fragmentació actual dels eco-



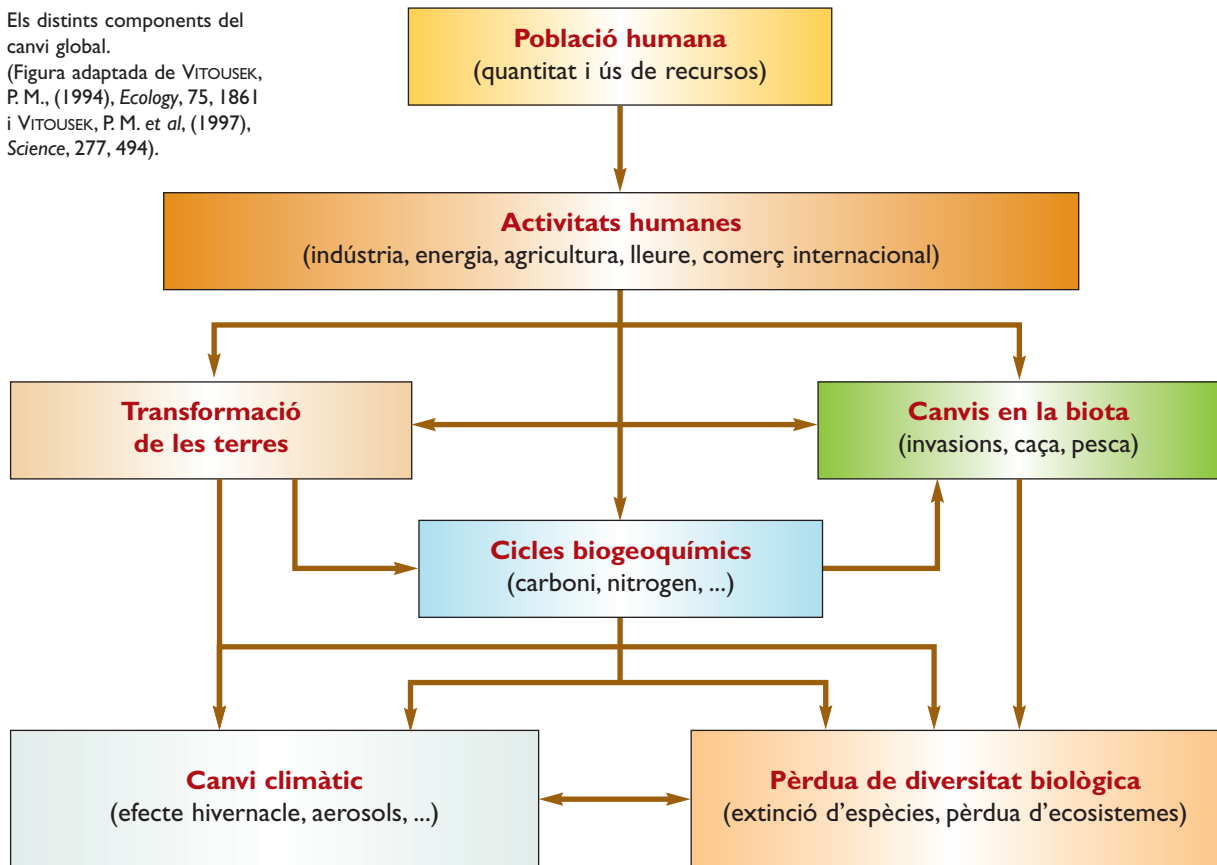
© Joan Pellicer



© Joan Pellicer

La demanda industrial de primeres matèries ha augmentat de manera espectacular durant el segle xx. Encara que extraïem enormes quantitats de metalls com ara el ferro, l'alumini i el coure, o de combustibles fòssils, com el carbó o el petroli, els materials més utilitzats són l'arena, la grava i les pedres naturals. Aquestes primeres matèries s'obtenen en mines a cel obert que provoquen un gran impacte ambiental.

Els distints components del canvi global.
(Figura adaptada de VITOUSEK, P. M., (1994), *Ecology*, 75, 1861 i VITOUSEK, P. M. et al., (1997), *Science*, 277, 494).



sistemes fa previsible que les adaptacions siguin molt més difícils en el futur.

■ CAPA UN MÓN SOSTENIBLE

L'origen de tots aquests problemes mediambientals està en les activitats que ens porten a satisfer les nostres necessitats d'aliments, energia i materials. I, des d'aquesta perspectiva, ens podem preguntar com continuarem explotant els recursos de què disposem per a mantenir una població creixent i que es troba en la seua majoria, avui, als països en vies de desenvolupament, on hi ha milers de milions de persones que viuen en la pobresa, sense suficient menjar, sense aigua potable i sense accés a l'educació. És en aquest context que cal parlar de desenvolupament sostenible.

El concepte de desenvolupament sostenible va ser la resposta al debat sobre els límits del creixement, que es va produir a començament de la dècada de 1970, d'aquells que promovien el creixement econòmic als països industrialitzats. El 1987 la Comissió Mundial per al Medi Ambient i el Desenvolupament va adoptar aquest

concepte com a guia per a la gestió d'un desenvolupament econòmic compatible amb el medi ambient. La Comissió va definir el desenvolupament sostenible com aquell que cobreix les necessitats del present sense comprometre la capacitat de les generacions futures per a cobrir les seues pròpies necessitats. Des de llavors hi ha hagut un intens debat sobre la forma d'aplicar una definició tan vaga. Tal vegada la forma més adequada d'entendre el desenvolupament sostenible des d'un punt de vista operatiu siga com un procés que millora l'economia, el medi ambient i la societat per al benefici de les generacions presents i futures.

Sí, el canvi global és inevitable. Però el que sí que és evitable és la contínua degradació dels ecosistemes i de la seua capacitat per a proporcionar-nos béns i serveis que són necessaris per a la nostra supervivència. Aquest és, sens dubte, el gran repte (científic i tecnològic, social, polític i econòmic) de la humanitat per al segle XXI: avançar cap a un món sostenible. ©

*Departament de Química Inorgànica i Institut de Ciència dels Materials, Universitat de València

LA CONTAMINACIÓ ATMOSFÈRICA PER OZÓ EN L'ÀREA MEDITERRÀNIA

M^a José Sanz i Millán Millán*

ATMOSPHERIC POLLUTION BY TROPOSPHERIC OZONE IN THE MEDITERRANEAN BASIN. ATMOSPHERIC POLLUTION BY TROPOSPHERIC OZONE IS AN IMPORTANT ENVIRONMENTAL PROBLEM ON A REGIONAL AND CONTINENTAL SCALE, IT IS NOW EVEN OF GLOBAL CONCERN. IN THE MEDITERRANEAN BASIN, THE OROGRAPHIC CONDITIONS DETERMINE A RECIRCULATION OF AIR AROUND THE COASTS THAT CREATES AN ACCUMULATION OF ATMOSPHERIC POLLUTANTS. THIS LEADS TO CHRONIC RELATIVELY HIGH LEVELS OF OZONE, A SITUATION THAT EUROPEAN DIRECTIVES ABOUT AIR QUALITY DO NOT CONSIDER PROPERLY. THIS CHRONIC, RELATIVELY HIGH LEVEL OF TROPOSPHERIC OZONE PRODUCES VISIBLE DAMAGE TO THE LEAVES OF TREES, BUSHES AND CROPS, THESE ARE BELIEVED TO BE THE EXTERNAL SIGNS OF DEEPER ALTERATIONS IN THEIR METABOLISM.

■ LA CONTAMINACIÓ ATMOSFÈRICA

El concepte de contaminació atmosfèrica és relativament modern: John Evelyn va escriure, al segle XVII, el primer llibre sobre la matèria (*Fumifugium*). A partir de la revolució industrial, la contaminació atmosfèrica comença a constituir un problema en algunes regions europees. Inicialment es va associar als forns i a les foneries metal·lúrgiques, com també a les primeres indústries químiques. Els problemes es restringien, llavors, a les zones urbanes en què es van instal·lar aquestes indústries, i tenien caràcter episòdic. Així, no és estrany que els primers indicis de dany als boscos aparegueren als parcs de grans ciutats com ara Londres. Però les primeres reaccions públiques de certa entitat contra aquest problema es produeixen després dels episodis del període que va de 1930 a 1950, que van arribar a provocar morts entre la població. És, doncs, a partir de mitjan dècada de 1950 quan la contaminació atmosfèrica passa a ser considerada com un problema d'interès públic en molts països industrialitzats, i quan es comencen a prendre mesures.

La primera vegada que es té constància d'un problema transnacional és en els anys 1930, quan les emissions d'una foneria a Trail (Canadà), van ser identificades com la causa dels estralls detectats a la vall del riu Columbia, a les muntanyes Rocalloses. L'acidificació d'estanys i sòls al nord d'Europa es va atribuir a un problema regional de pluja àcida als anys 1960. La percepció de la contaminació atmosfèrica ha canviat en les

darreres dues dècades. Mentre que, en els anys 1970, la major preocupació era la contaminació urbana, actualment, el terme *contaminació atmosfèrica* abraça molts problemes més que han sorgit en els darrers vint anys. Avui dia, la contaminació urbana empitjora en moltes de les grans ciutats, mentre que l'ozó troposfèric i els compostos fotoquímics s'han convertit en un problema regional i fins i tot global. I a aquests problemes, hem de sumar-hi la pluja àcida –encara que solament en determinats punts molt concrets–, el transport a llarga distància de contaminants, l'aparició de nous gasos tòxics i l'augment de la concentració dels gasos d'efecte hivernacle en l'atmosfera.

És important recordar que, en moltes ocasions, l'atmosfera és solament un vehicle de substàncies indesitjables, i que l'acumulació d'aquestes té lloc després en altres medis, com l'aigua, els sòls, i fins i tot els mateixos organismes vius. I que no sempre és fàcil de caracteritzar. Un exemple que ha cobrat gran importància són els boirums fotoquímics, que es tendeixen a identificar amb l'ozó, però que no solament són constituïts per aquest contaminant. Aquest fenomen mereix especial atenció a la conca mediterrània i, per això, ens hem centrat en el paper de l'ozó.

■ L'OZÓ, O UN EXEMPLE DE COM EUROPA NO ÉS UN TERRITORI HOMOGENI, I LES SEUES IMPLICACIONS EN POLÍTICA MEDIAMBIENTAL

La conca mediterrània occidental és voltada de sistemes muntanyosos amb una altitud mitjana superior



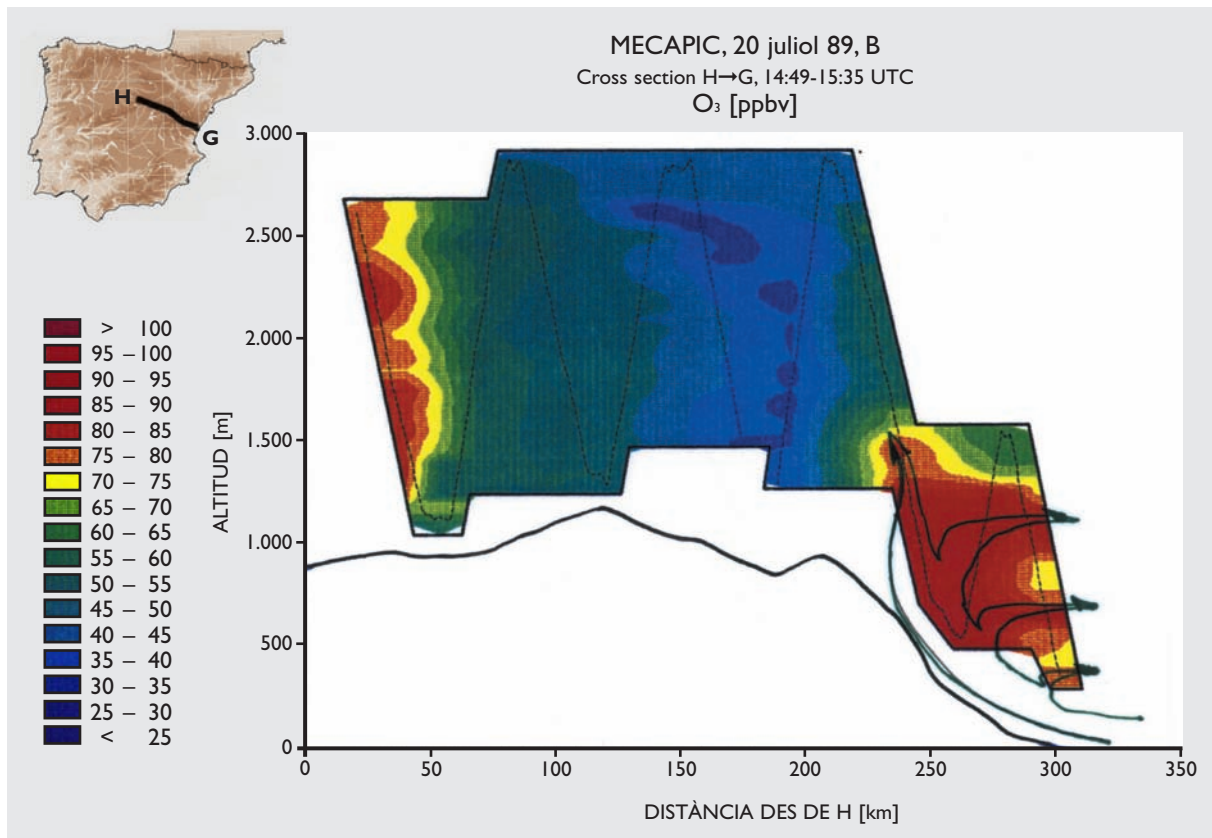


Figura 1. Exemple de la penetració de les brises cap a l'interior per la vall del Millars. Els colors rojos indiquen concentracions altes d'ozó que, com s'hi pot apreciar, penetren des de la costa juntament amb les brises. A migdia, hora en què es van prendre aquestes mesures, ja penetren uns 150 km cap a l'interior per la vall. Valbona és a 80 km de la costa en aquesta mateixa vall i Cirat, a 40 km. Sobre la vertical de Madrid també s'observen elevades concentracions d'ozó. Es poden observar entre la costa i el centre de la Península zones amb aire net, representades en blau. (Modificat de MILLÁN, M. M.; ARTIÑANO, B.; ALONSO, L.; CASTRO, M.; FERNANDEZ-PATIER, R.; i GOBERNA, J.: "Meso-meteorological Cycles of Air Pollution in the Iberian Peninsula, (MECAPIP)", *Air Pollution Research Report 44*, (Eur. núm. 14834) CEC-DG XII/E-I. Brussel·les, 1992).

als 1.500 m. En les cadenes muntanyoses costaneres, l'escalfament dels vessants orientats a l'est comença a l'eixida del sol. A l'estiu, aquesta situació afavoreix el desenvolupament primerenc dels vents de vessant que, al seu torn, reforcen les brises del mar. En aquest procés, els vessants actuen com a fumerals orogràfics que connecten directament els vents en superfície amb els seus fluxos de retorn en altura, i aquests estan subjectes a subsidències compensatòries al llarg del seu recorregut cap al mar, com mostra la figura 1.

Els processos descrits decauen durant la vesprada i cessen en fer-se fosc. A l'endemà de matí, els estrats més baixos entren amb la nova brisa del mar, i les circulacions descrites reposen l'aire en altura. El resultat final és la formació d'una clara estratificació vertical en la massa d'aire sobre el mar, al llarg de les costes, i els estrats més recentment formats se situen en la part superior i els més antics prop de la superfície marina. Aquests estrats actuen com a dipòsits dels contami-

nants emesos en dies anteriors, o dels seus productes de reacció, que tornen de nou a les zones d'emissió en pocs dies, com es mostra en la figura 2. A més, els estrats es poden desplaçar al llarg de les costes i contribuir, així, al transport interregional i a llarga distància dels contaminants atmosfèrics.

Aquests processos s'han analitzat en uns quants projectes de la Comissió Europea. Els resultats indiquen que el sistema d'estrats s'estén al llarg de les costes, i que pot assolir altures de 2 a 3 quilòmetres sobre el mar i amplàries d'uns 100 quilòmetres sobre terra i de 300 quilòmetres sobre el mar. També s'ha documentat la continuïtat d'aquests processos sobre el conjunt de la conca mediterrània. Pel que fa a l'escala temporal, experiments amb traçadors, realitzats a Castelló a finals de juliol de 1989, han mostrat que el temps requerit per al primer retorn és de dos dies en aquesta època de l'any. Simulacions numèriques recents, i una nova anàlisi de les dades del projecte

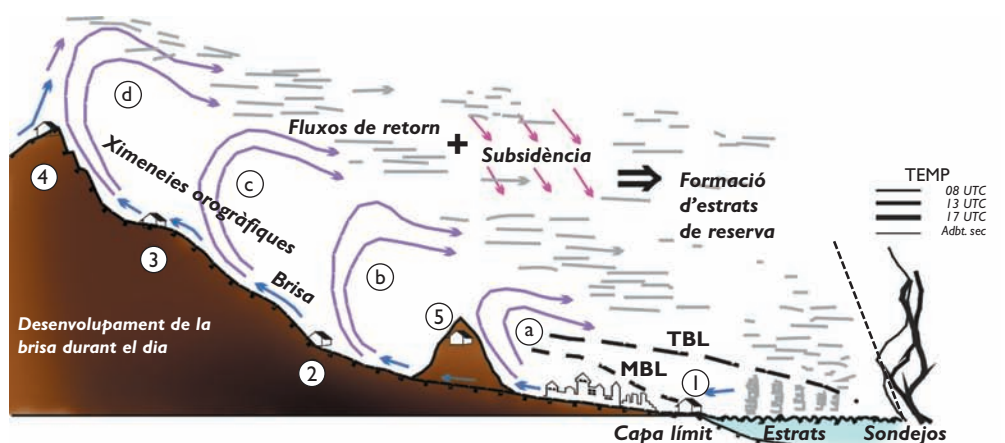
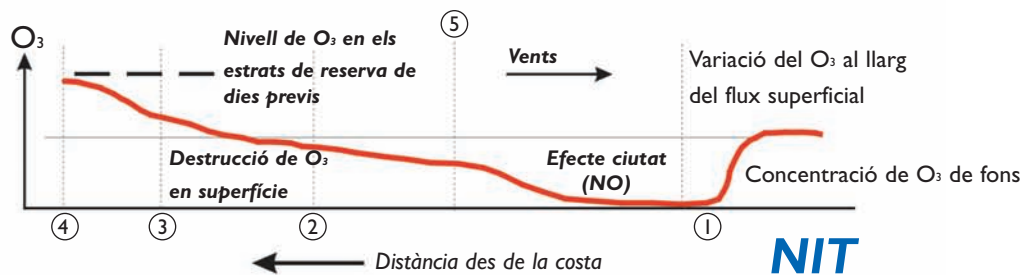
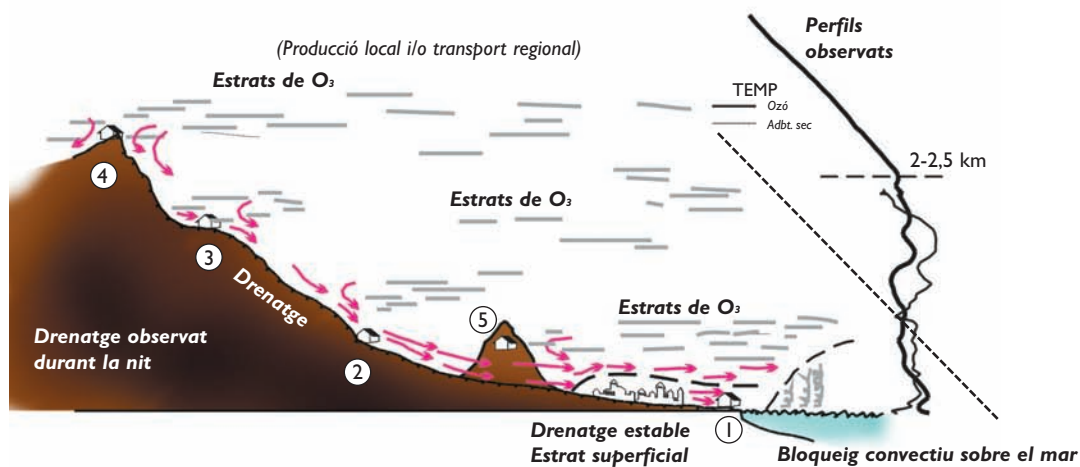
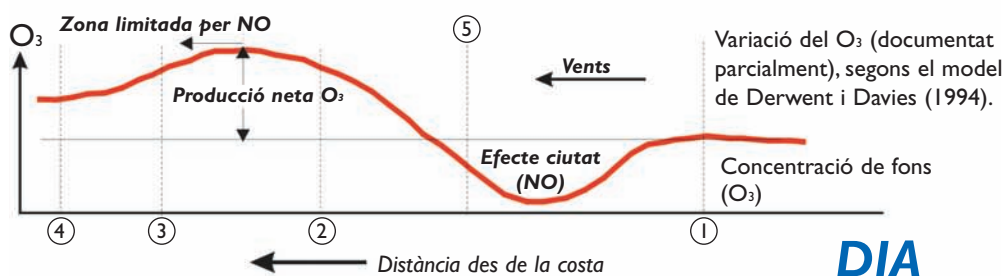


Figura 2. Circulacions esquematitzades per a una vall costanera de la conca mediterrània, i la formació d'ozó associada. (Adaptada de MILLÁN, M. M.; MANTILLA, E.; SALVADOR, R.; CARRATALÀ, A.; SANZ, M. J.; ALONSO, L.; GANGOITI, G.; NAVAZO, M.: "Ozone cycles in the Western Mediterranean Basin: Interpretation of monitoring data in complex coastal terrain", *J. Appl. Meteor.*, 39, 487-508 2000).



Eurecapma, mostren que els temps de residència de les masses d'aire contaminat a la conca mediterrània occidental, a l'estiu, poden ser superiors als cinc dies per a una renovació del 50%, i de set a deu dies per a renovacions del 80%.

Sota la forta insolació de l'estiu, aquestes recirculacions costaneres es converteixen en grans reactors fotoquímics naturals, on la majoria de les emissions d'òxids de nitrogen i de compostos orgànics volàtils es transformen en compostos àcids, aerosols i en compostos fotooxidants, com l'ozó, que, amb molta freqüència, pot arribar a assolir concentracions elevades. Així, l'evolució anual de la mitjana diària de les concentracions d'ozó en quatre emplaçaments rurals situats a la comarca dels Ports, a gran distància de la costa mediterrània, mostra que el nivell de danys a la vegetació, segons la directriu 92/72/CEE, se supera sistemàticament durant més de sis mesos l'any. El nivell de danys a la salut se sobrepassa intermitentment durant més de quatre mesos, i alguns anys, en especial d'abril a agost o setembre, s'arriba als límits en què cal alertar la població.

Aquestes situacions són norma, i no excepció, en totes les zones costaneres de la conca mediterrània

occidental, i il·lustren l'existència d'episodis amb nivells crònics d'ozó, creats per la recirculació de les masses d'aire, en lloc dels episodis de concentracions pic, més altes però de pocs dies de durada, típics de Centreuropa, originats sota condicions d'estancament anticiclònic. I també revelen un seriós problema que han d'afrontar els responsables de les xarxes de qualitat de l'aire a l'hora d'interpretar les dades, tant a escala local com europea, sobretot si es comparen els cicles diürns observats en zones de característiques diferents (per exemple, climàtiques i orogràfiques) o es considera el clàssic concepte de vent amunt i avall als grans nuclis urbans. A més a més, aquests resultats mostren que l'ozó a escala regional té el seu origen en les emissions, entre les quals s'inclouen els centres urbans i altres fonts difuses, com ara les auto vies i autopistes. També mostren que, en alguns emplaçaments, fins el 60% o més dels nivells d'ozó observats procedeixen de la recirculació de l'aire a la costa.

Possiblement, un dels aspectes més importants és que cap dels processos descrits era conegut abans del període 1986-91, malgrat tots els estudis realitzats prèviament, els resultats dels quals es van aprofitar per a

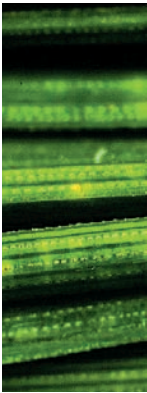


Figura 3. Formació de boirum (*smog*) fotoquímico a la conca del Túria, vista des de l'Albufera del novembre del 2001; i al nord de la Conca de Madrid, a l'estiu de 2000.

© M.J. Sanz, 1999-2001

© M.J. Sanz, 1999-2001





Figura 4. Danys visibles en fulles observats al camp a la conca mediterrània. a) *Ailanthus altissima*, b) *Pinus halepensis* i c) *Fraxinus excelsior*.

elaborar les directrius europees. Una de les possibles explicacions és que la malla de càlcul utilitzada en aquests models (de 150 quilòmetres per 150 quilòmetres) és massa grossa. La modelització d'aquests processos, realitzada en projectes europeus recents, indica que per a reproduir l'efecte de la topografia en els fluxos atmosfèrics a escala peninsular és necessària una malla de 10 km per 10 km, i una malla local de 2 km per 2 km per donar compte dels fenòmens que tenen lloc a la Comunitat Valenciana.

En resum, el continent europeu presenta una regionalització reconeguda, cosa que inclou el clima, i això comença a ser un factor important a l'hora de dissenyar la política que cal adoptar a escala comunitària. Part dels resultats esmentats, i de les possibles conseqüències, ja han estat considerats en la definició de les prioritats en el marc del Programa Nacional de Promoció General del Coneixement (Programa Nacional de Recursos Naturals), i s'han utilitzat per definir les prioritats en el VI Programa Marc de la Unió Europea. Això no obstant, pel que fa a l'elaboració de les noves directrius europees sobre la qualitat de l'aire, aquests coneixements no van arribar a ser degudament considerats, encara que apareixen a nivell descriptiu com a annexos als dos documents de suport a la directriu. Això és perquè el grup de treball per a la nova directriu de l'ozó es va constituir el 1997 amb l'objectiu de finalitzar els informes de suport el 1999. Els representants espanyols van preparar una sèrie de publicacions científiques descrivint els processos, a fi de posar en evidència l'heterogeneïtat i la complexitat d'aquests processos, però no van arribar a influir adequadament en l'elaboració de les directrius. Per tant, els resultats dels projec-

tes més antics, desenvolupats en les condicions climàtiques del centre d'Europa, tendeixen a tenir més pes en les directrius. Per a Espanya i la conca mediterrània, això significa que els seus problemes ambientals, tot i que no estiguen documentats adequadament o estiguen documentats molt recentment, són tractats amb estratègies de control desenvolupades per a altres condicions climàtiques i que, possiblement, tenen poca utilitat en el nostre cas.

■ COM AFECTA L'OZÓ ELS VEGETALS

Els fotooxidants, i especialment l'ozó, han estat considerats perjudicials per a la vegetació des dels anys 1980, encara que a Califòrnia ja se'n van detectar els efectes en els anys 1960. És, però, durant la darrera dècada quan l'ozó s'ha convertit en un tema de preocupació a Europa, a causa dels indicis que les concentracions d'ozó que es presenten habitualment al nostre continent poden causar diversos efectes negatius sobre la vegetació, incloent-hi danys visibles a les fulles, reduccions en el creixement i en la producció i alteració de la sensibilitat enfront de tensions biòtiques i abiòtiques.

La contaminació per ozó, al contrari que la contaminació per fluorurs i per diòxid de sofre, no deixa residus que puguin ser detectats per tècniques analítiques en els teixits vius. Per tant, els danys en fulles o

acícules són l'única prova fàcilment detectable en les zones afectades. Fins ara, els experiments s'han concentrat a explicar els mecanismes que produeixen la deterioració, més que no a identificar i caracteritzar els símptomes observats al camp, a escala regional. En tot cas, s'ha

**«ELS PROBLEMES AMBIENTALS
DE LA CONCA MEDITERRÀNIA
SÓN TRACTATS AMB
ESTRATÈGIES DE CONTROL
DESENVOLUPADES PER A ALTRES
CONDICIONS CLIMÀTIQUES»**





© M.J. Sanz, 1999-2001



© M.J. Sanz, 1999-2001

Figura 5. Danys produïts per ozó en sèndria i fesol, observats al camp. La foto es va fer a la granja la Peira, a Benifaió (Ribera Alta) a l'estiu del 2000. I danys en la varietat de tabac Bel W3, utilitzada a València l'any 2001 per detectar nivells alts d'ozó.



© M.J. Sanz, 1999-2001

avançat molt en la comprensió dels mecanismes subjacents als efectes de l'ozó sobre conreus i, en menor mesura, sobre els arbres i altres plantes silvestres. Fins i tot s'ha constatat que l'augment de les concentracions d'ozó no solament té un efecte negatiu sobre la producció de fusta (s'han assenyalat disminucions de fins el 10%), sinó que poden produir situacions inestables en ecosistemes forestals, que poden provocar una disminució de la capacitat adaptativa als canvis en el futur. Per tant, els efectes a la llarga sobre els arbres poden arribar a alterar les funcions dels ecosistemes forestals, com també el seu paper en els balanços d'aigua i energia, la protecció del sòl enfront de l'erosió, la cobertura de la vegetació en zones de transició climàtica o, fins i tot, l'aparença estètica del paisatge. Alguns dels canvis més importants en les comunitats de plantes tenen a veure amb canvis en la composició d'espècies i en pèrdues de biodiversitat, particularment en àrees amb gran nombre de plantes endèmiques amb sensibilitat no coneguda a l'ozó. Abans d'abordar aquests problemes, però, cal fer estudis molt més detallats sobre la sensibilitat de les espècies en diferents condicions ambientals, incloent-hi, per exemple, estats nutricionals.

Les evidències que tenim avui dia suggereixen clarament que l'ozó es presenta a nivell troposfèric en concentracions capaces de fer malbé les fulles de les plantes sensibles. Encara que els danys visibles no inclouen totes les possibles formes de dany als arbres i a la vegetació natural (com ara canvis fisiològics abans que es presente el dany visible, reducció en el creixement, etc.), l'observació de símptomes típics sobre la part aèria de les plantes en el camp ha resultat ser una eina valuosa per a avaluar l'impacte de l'ozó ambiental en espècies sensibles a Europa i, a més, els estralls visibles es consideren el resultat de l'estrès oxidatiu, que produeix una cascada d'efectes adversos.

Per consegüent, de tots els contaminants atmosfèrics, l'ozó es considera avui dia un dels més importants, no solament a la conca mediterrània, sinó a tot Europa: els nivells crítics d'aquest contaminant recomanats per l'OMS per a la protecció de conreus i boscos se superen en la majoria dels països europeus. Per tant, es pot esperar que els danys causats per l'ozó en la vegetació es distribueixen àmpliament per tot Europa i, especialment, en la conca mediterrània. En aquest sentit, en les dues darreres dècades s'han multiplicat els informes de danys visibles observats al camp produïts per aquest contaminant en la conca mediterrània. Des dels anys 1980, en el marc del "Programa internacional de cooperació per a l'avaluació i el seguiment dels efectes de la contaminació atmosfèrica



als boscos”, s’ha anat realitzant una avaluació de la defoliació de les capçades dels arbres, en una Xarxa Europea de Seguiment de Danys (Nivell I). Hi ha, a més, una Xarxa Intensiva (Nivell II) en què es consideren més paràmetres. Els resultats indiquen que s’ha anat incrementant la defoliació, encara que, com que aquest paràmetre no és específic de la contaminació atmosfèrica, només permet detectar aquelles àrees amb problemes, que poden ser de caràcter divers.

Fins avui, molts dels estudis realitzats sobre els efectes de l’ozó s’han realitzat en condicions controlades amb plàntules, i són pocs els estudis que han tractat l’aparició de símptomes en el camp i la seua relació amb les concentracions observades. La identificació dels danys visibles produïts per ozó ha estat utilitzada com una eina molt útil en determinades zones per a detectar la presència d’aquest contaminant i els seus efectes perjudicials. Recentment, han anat observant-se danys visibles produïts per l’ozó en el pi blanc (*Pinus halepensis* Mill.) en diverses parts de la conca mediterrània, de manera que aquesta espècie s’ha considerat com una bona bioindicadora de la presència d’ozó. Això posa de manifest, una vegada més, que els danys visibles poden ser una eina molt útil per a detectar les espècies potencialment sensibles a l’ozó a Europa, perquè aporten informació sobre les zones en què aquest contaminant assoleix nivells fitotòxics per a una o unes quantes espècies. Per això s’han utilitzat com un paràmetre complementari en alguns estudis pilot elaborats a les parcel·les de Nivell I de l’esmentada Xarxa Europea a Espanya. Els resultats del seguiment realitzat el 1998 a les parcel·les de Nivell I de *Pinus halepensis* indiquen que els danys visibles provocats per l’ozó (figura 4) estan bastant estesos a l’est peninsular i, a més s’ha elaborat una llista de més de 25 espècies d’arbres, arbusts i plantes herbàcies en què s’han observat símptomes deguts a l’ozó en diferents prospeccions a l’est peninsular. Com a conseqüència d’aquestes i d’altres troballes, recentment s’ha iniciat un programa a nivell europeu (Nivell II) per al reconeixement de danys per ozó, es disposa d’una pàgina web pública on es pot trobar el manual que se segueix en l’ICP-Forest, s’aporta una llista de plantes sensibles a l’ozó presents al continent europeu, i es proporciona informació gràfica per a ajudar a reconèixer els símptomes d’aquest contaminant (<http://www.gva.es/ceam/ICP-forests>).

**«L’OZÓ, A NIVELL
TROPOSFÈRIC, ES PRESENTA
EN CONCENTRACIONS
CAPACES DE FER MALBÉ LES
FULLES DE LES PLANTES
SENSIBLES»**

Però no solament els ecosistemes naturals es veuen afectats per l’ozó. En efecte, a Espanya, en el període 1991-92, al camp d’experimentació de la granja Migjorn (delta de l’Ebre), es van detectar efectes deguts a la presència d’ozó en fesols i en síndries. Podem afirmar que alguns dels problemes de l’agricultura mediterrània s’han pogut relacionar directament amb les elevades concentracions d’aquest contaminant, i hi ha la forta sospita que alguns problemes fitosanitaris que s’han accentuat darrerament poden estar relacionats també amb aquests problemes.

L’extensió espacial del problema a nivell regional es confirma gràcies a l’observació de danys visibles que poden ser deguts a l’ozó en altres conreus mediterranis (figura 5) prospectats *in situ* a la costa est de la península Ibèrica: patates, vinya, cacaos, fesols, soia, tomates i varietats de tabac comercial en seguiments realitzats per tècnics de la Comunitat Valenciana en col·laboració amb CEAM i el CIEMAT.

Podem, doncs, concloure que totes aquestes proves confirmen que els fotooxidants, i especialment l’ozó, són un problema que afecta tota la conca del Mediterrani. La seua aparició va coincidir amb la instal·lació de grans complexos industrials a la costa mediterrània, a finals de la dècada de 1970. A més no hem d’oblidar que l’ozó és, també, un gas que contribueix a l’escalfament atmosfèric, com ha reconegut recentment el Panel Intergovernamental per al Canvi Climàtic en el seu darrer informe.



*Fundació Centre d’Estudis Ambientals del Mediterrani (CEAM), València

BIBLIOGRAFIA:

- BASTRUP-BIRK, A.; BRANDT, J.; ZLATEV, Z.; URÍA, I. (1997): “Studying cumulative ozone exposures in Europe during a 7-year period”. *J. Geophys. Res.* 102, D20, 23,917-23,935.
- COMISSIÓ EUROPEA (2001): “A global strategy for atmospheric interdisciplinary research in the European research area (AIRES in ERA)”, EUR 19436. Office for Official Publications of the European Communities. Luxemburg.
- GANGOITI, G.; MILLÁN, M. M.; SALVADOR, R.; MANTILLA, E. (2001): “Long-Range transport and re-circulation of pollutants in the Western Mediterranean during the RECAPMA Project”. *Atmos. Environ.*, 35: 6267-6276.
- LELIEVELD, J.; DENTENER, F. J. (2000): “What controls tropospheric ozone?” *J. Geophys. Res.* 105, 3531-3551.
- MILLÁN, M. M.; SALVADOR, R.; MANTILLA, E.; KALLOS, G. (1997): “Photo-oxidant Dynamics in the Western Mediterranean in Summer: Results from European Research Projects”. *J. Geophys. Res.*, 102, no.D7, 8811-8823.
- SANZ, M. J.; MILLÁN, M. (1998). “The dynamics of aged air masses and ozone in the western Mediterranean: relevance to forest ecosystems”. *Chemosphere*, 98: 1089-1094.
- SANZ, M. J.; CALATAYUD, V.; CALVO, E. (2000): “Spatial pattern of ozone injury in Aleppo pine related to air pollution dynamics in a coastal-mountain region of eastern Spain”. *Environmental Pollution*, 108: 239- 247.

CANVI DE CLIMA, CANVI DE VIDA

Iolanda Filella i Josep Peñuelas *

CHANGE CLIMATE, CHANGE LIFE. THE AVAILABLE DATA ON CLIMATE INDICATE THAT THE EARTH IS INDEED WARMING. THIS GLOBAL WARMING IS AFFECTING MOST ORGANISMS, IT HAS BEEN REPORTED IN VERY DIFFERENT REGIONS, RANGING FROM COLD AND WET TO WARM AND DRY ECOSYSTEMS. THESE ALTERATIONS INCLUDE EXTENDED GROWING SEASONS AND ADVANCED FLOWERING OR FRUITING IN PLANT SPECIES, ADVANCES IN THE DEVELOPMENT OF ANIMAL SPECIES OR ALTERATIONS IN ANIMAL MIGRATION. IN THE MEDITERRANEAN ECOSYSTEMS TEMPERATURE INCREASES AND ARIDITY ENHANCES MEDITERRANEAN CHARACTERISTICS SUCH AS DROUGHT, FIRES OR EMISSION OF VOLATILE ORGANIC COMPOUNDS. PREDICTIONS FOR OUR MEDITERRANEAN ECOSYSTEMS ARE DIFFICULT DUE TO THE VARIABILITY AND HIGHLY UNPREDICTABLE NATURE OF THE CLIMATE AT A REGIONAL LEVEL, AND THE IMPORTANCE OF OTHER ENVIRONMENTAL CHANGES THAT ARE OCCURRING SIMULTANEOUSLY SUCH AS ECOSYSTEM FRAGMENTATION AND CHANGES IN LAND USE. HOWEVER, SUCCESSION OF STEPS AND A DECREASE IN ECOLOGICAL COMPLEXITY ARE EXPECTED IN THE NEXT FEW DECADES. THESE CHANGES ARE, THUS, VERY LIKELY TO HAVE A WIDE RANGE OF CONSEQUENCES NOT ONLY FOR ECOLOGICAL PROCESSES, BUT ALSO FOR AGRICULTURE/FORESTRY, HUMAN HEALTH AND THE ECONOMY.

■ EL “TEMPS” ESTÀ CANVIANT

El nostre planeta, com tots els altres, està instal·lat en el canvi. Un canvi que, en moltes ocasions durant la història de la Terra, ha estat espectacular, més que no pas el que ara coneixem com a “canvi global”. De totes maneres, molts d’aquests grans canvis s’han produït a escala geològica, moltes vegades de milions d’anys, mentre que l’actual és un canvi accelerat que es produeix en poques dècades (Peñuelas, 1993). Efectivament, al llarg de les últimes dècades, el planeta ha vist com creixia exponencialment tant la població d’una de les seves espècies, la humana, com l’ús que aquesta espècie feia dels recursos i de l’energia en les seves activitats exosomàtiques, com el transport o la indústria. Com a resultat s’han produït i es continuen produint tota una sèrie de canvis de caràcter global entre els quals destaquen, pels seus efectes sobre els organismes i els ecosistemes, els canvis en el clima.

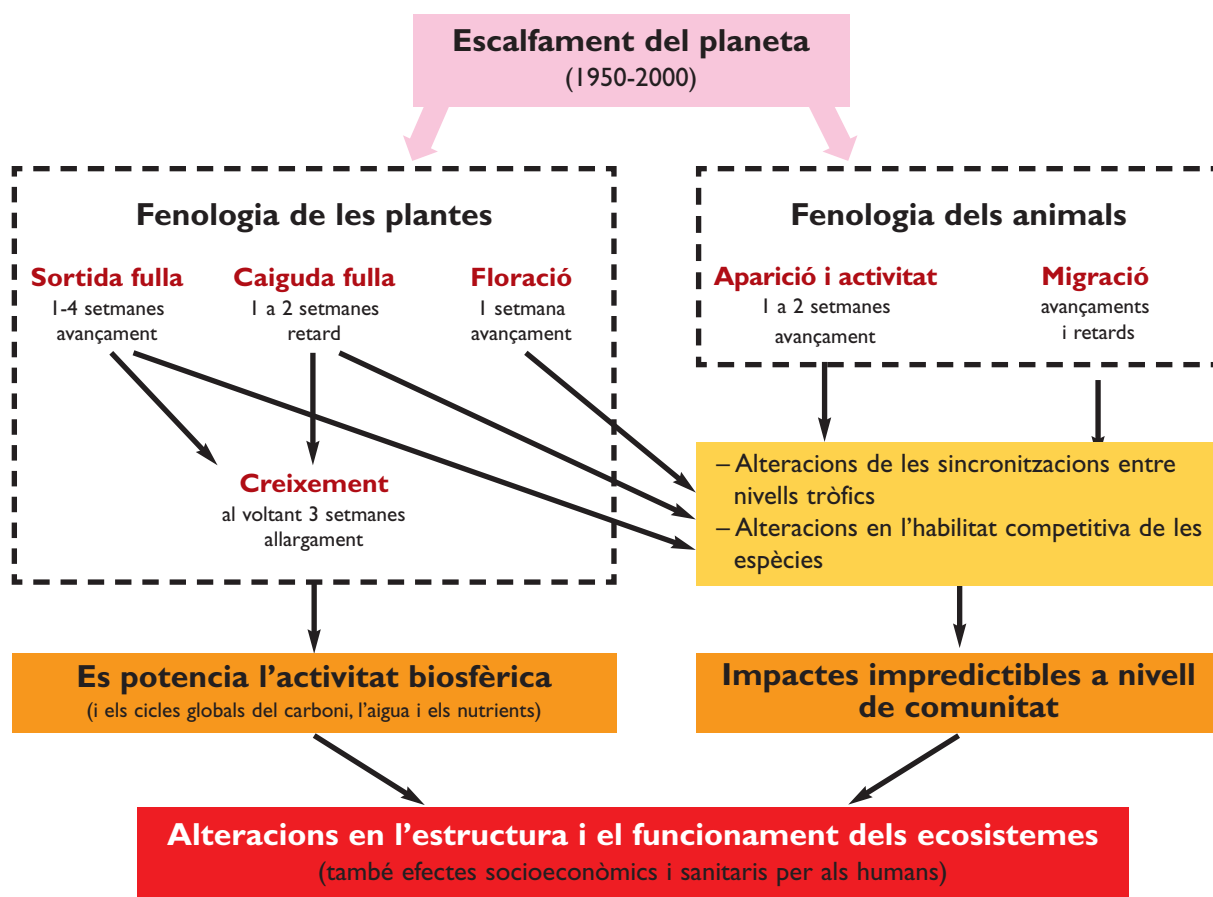
Com a conseqüència de l’absorció de la radiació infraroja pels gasos hivernacle, com ara el CO₂ o el metà, i del seu continuat increment, pràcticament tots els models preveuen per a les properes dècades un

clima més càlid. Centenars de climatòlegs, ecòlegs, economistes, geògrafs, químics, advocats i altres professionals acaben de generar el tercer informe del Panel Intergovernamental sobre el Canvi Climàtic (IPCC, 2001) patrocinat per l’ONU, i han arribat a algunes conclusions que mereixen atenció. Les evidències de l’escalfament de la Terra i d’altres canvis en el sistema climàtic són ara encara més clares i contundents que les recollides en el segon informe

(IPCC 1995). La temperatura mitjana del planeta ha augmentat 0,6 °C durant el segle XX, les dues últimes dècades han estat les més càlides de l’últim mil·lenni. Ha disminuït la superfície gelada de l’Àrtic en un 15% en cinquanta anys, el nivell del mar ha pujat uns 15 cm aquest segle passat, ha canviat el règim de precipitacions en algunes regions, i ha

augmentat la freqüència i la intensitat d’alguns fenòmens com El Niño. Tots aquests canvis sembla que s’accentuaran en les properes dècades, ja que l’atmosfera continua canviant a causa de la nostra activitat, una activitat que creix exponencialment i que continua basada en la combustió. Es preveu un augment d’1 a 5 °C durant aquest segle dependent de l’evolució de les emissions dels gasos hivernacle.

**«LES FULLES DELS
ARBRES SURTEN ARA
DE MITJANA UNS 20
DIES ABANS»**



L'escalfament del planeta té conseqüències en la fenologia de plantes i animals, i, de retruc, en el funcionament dels ecosistemes.

Al nostre país, la temperatura mitjana de molts llocs ha augmentat més d'un grau centígrad els últims cinquanta anys, i, sembla que el “bon temps” arriba abans. Les temperatures que fa cinquanta anys es registraven a primers d'abril, es donen ara a primers de març (Peñuelas, 2002). Tot i que la precipitació no ha disminuït en les darreres dècades (Peñuelas, 2002; Piñol, 1998), l'augment de temperatura causa una major evapotranspiració, de manera que moltes de les localitats i regions mediterrànies són ara més càlides i més seques que en les dècades anteriors. La temperatura i l'evapotranspiració potencial han augmentat 0,10 °C i 13 mm respectivament i la humitat relativa ha disminuït un 0,85% per dècada (Piñol, 1998). A més a més, sequeres extremes com les del 1985 i el 1994 són ara més freqüents. I tot i que les prediccions climàtiques, especialment les relatives a la precipitació, es fan extremadament complexes a nivell local i regional, els 1-3°C d'increment en les temperatures previstes per molts models de circulació global a la regió mediterrània per a mitjan segle XXI augmentaran encara més l'evapotranspiració.

■ EL CANVI JA EL NOTEN ELS ÉSSERS VIUS

Com que l'activitat dels organismes està fortament influïda per la temperatura, no és estrany que aquest escalfament s'haja traduït en canvis significatius en els cicles vitals de plantes i animals (Peñuelas, 2001). Les evidències d'aquestes alteracions són fàcilment observables a les regions més diverses de tot el món, des dels ecosistemes freds i humits fins als càlids i secs. Els nostres ecosistemes mediterranis són un dels llocs on els canvis observats resulten més importants (Peñuelas, 2002). Les fulles dels arbres surten ara de mitjana uns vint dies abans. Per exemple, la pomera, l'om, o la figuera sembla que treuen les fulles amb un mes d'antelació, i l'ametller i el pollancre, uns quinze dies abans, encara que n'hi ha d'altres, com el castanyer, que semblen immutables al canvi de temperatura. D'altra banda, les plantes també floreixen i fructifiquen de mitjana deu dies abans que fa trenta anys, i l'aparició d'insectes s'ha avançat onze dies. Però com que la natura no és homogènia, les respostes també





són diferents depenent de l'espècie. Per exemple, el vern i la ginesta floreixen amb més d'un mes d'avançament, les roselles ho fan quinze dies abans, les alzines una setmana, l'olivera no s'immuta i el pi pinyoner fins i tot es retarda uns dies. Aquestes respostes tan heterogènies al canvi climàtic poden produir importants desincronitzacions en les interaccions entre les espècies, per exemple entre les plantes i els seus pol·linitzadors, o entre les plantes i els seus herbívors, i alterar així l'estructura de les comunitats.

El canvi climàtic sembla que també ha alterat els hàbits migratoris dels ocells del nostre país. Atès l'avançament en la floració i fructificació de les plantes i en l'aparició dels insectes, i, per tant, l'avançament en la disponibilitat de menjar per les aus, s'esperaria una arribada més primerenca de les aus migratòries. I, malgrat tot, l'arribada d'alguns ocells tan comuns i populars com el rossinyol, l'oreneta, el cucut o la guatlla sembla que s'està retardant de mitjana dues setmanes respecte a fa trenta anys. El retard segurament ve determinat pel canvi climàtic al lloc des d'on parteixen, les regions subsaharianes, o a les regions que creuen en la seva ruta migratòria. Així, la sequera i la desforestació del Sahel, i la consegüent manca d'aliment, poden dificultar la preparació del seu viatge i afavorir aquesta arribada més tardana. D'altra banda hi ha espècies que aprofiten que el nostre hivern és cada vegada més suau i ja no se'n van de la península. Aquest és el cas de la puput o de les cigonyes. Tots aquests canvis poden representar una amenaça per a alguns ocells migratoris que poden arribar en un moment inapropiat per a explotar l'hàbitat i que han de competir amb les espècies que s'han quedat durant l'hivern i que ja es troben en millor estat competitiu.

■ ...I DE RETRUC ELS ECOSISTEMES I LA BIOSFERA

Tots aquests canvis no són simples indicadors del canvi climàtic. Tenen una importància ecològica crítica, ja que afecten l'habilitat competitiva de les diferents espècies, la seva conservació, i, per tant, l'estructura i el funcionament dels ecosistemes. De fet, quan ens els mirem a escala global (Peñuelas, 2001) ens trobem amb alteracions tan importants com ara l'augment en un 20% de l'activitat biològica del nostre planeta en els últims trenta anys a causa en gran



© Joan Pellicer

Els canvis en l'activitat dels organismes que provoca l'augment de la temperatura global són heterogenis. Això pot causar importants problemes de sincronització en les interaccions entre les espècies com, per exemple, entre les plantes i els seus pol·linitzadors.

part de l'allargament del període productiu. Ho apreciem tant en les imatges dels satèl·lits d'observació de la Terra, com en les dades de concentració atmosfèrica de CO₂ que ens mostren un augment de l'oscil·lació estacional de CO₂ en les últimes dècades produïda

per la major disminució primaveral de la concentració de CO₂. Aquest allargament de l'estació de creixement representa un paper molt important en la fixació global del carboni, la quantitat de CO₂ de l'atmosfera, i en els cicles de l'aigua i dels nutrients, i, per tant, té conseqüències molt importants en el funcionament dels ecosistemes. I és important recordar que tots aquests canvis

han tingut lloc amb un escalfament que és només un terç o menys del previst per al segle que ve.

■ EL CAS DELS NOSTRES ECOSISTEMES MEDITERRANIS

Els ecosistemes mediterranis són menys coneguts que altres com els de les zones temperades, ja que han estat menys estudiats i són més diversos. Presenten una gran variabilitat climàtica, una important complexitat topogràfica, uns marcats gradients en els usos

«ELS ECOSISTEMES MEDITERRANIS SÓN ESPECIALMENT SENSIBLES ALS CANVIS ATMOSFÈRICS I CLIMÀTICS»



© Miguel Lorenzo

Els incendis forestals són una constant a la zona mediterrània de l'Estat espanyol; en algunes zones, aquests han afectat més del 60% de la superfície forestal en els darrers 25 anys.



del sòl i en la disponibilitat d'aigua, i una gran biodiversitat. Segurament per tot això són especialment sensibles als canvis atmosfèrics i climàtics, a més de ser-ho als canvis en usos del sòl, demogràfics i econòmics. El canvi climàtic augmenta i sembla que augmentarà l'estrès hídric de la seva vegetació, la qual sovint ja viu al límit de les seves possibilitats, com en el cas d'alguns alzinars i pinedes que presenten taxes d'evapotranspiració iguals a les de precipitació. A més els canvis prevists accentuaran altres trets característics dels nostres ecosistemes com ara els incendis forestals o l'emissió de compostos orgànics volàtils.

Sequera, incendis i emissió de compostos orgànics volàtils

Dels efectes de períodes càlids i secs en tenim un exemple recent en el calorós i sec 1994. Aquest episodi va afectar profundament la vegetació mediterrània. Les alzines, per exemple, es van assecar en moltes localitats i ho van fer en major o menor grau depenent del tipus i fondària del sòl, i de l'orientació dels pendents (Lloret, 1995). Estudis isotòpics amb C^{13} i N^{15} van mostrar que durant els anys posteriors aquests

alzinars van romandre afectats, de manera que van presentar un menor ús de l'aigua que tenien disponible, i es va afavorir la pèrdua del nutrients –com ara el nitrogen– del sòl, una conseqüència secundària greu tenint en compte que el nitrogen sol ser deficitari en aquests ecosistemes.

Aquestes condicions més càlides i més àrides, a més d'altres fenòmens relacionats amb el canvi global com són el possible increment de biomassa i d'inflamabilitat en resposta a l'augment del CO_2 , i els canvis en usos del sòl com l'abandonament de terres de cultiu seguits d'una forestació i acumulació de combustible, podrien augmentar la intensitat i la freqüència dels incendis. Els incendis, que han augmentat al llarg del segle xx (Piñol, 1998), ja constitueixen ara una de les perturbacions més importants en els ecosistemes mediterranis (Terradas, 1996). Malgrat la complexitat de la relació vegetació-foc, els efectes sobre la vegetació són bastant previsibles. Per exemple, amb l'augment del nombre d'incendis augmentaria l'expansió d'espècies heliòfiles, intolerants a l'ombra i que requereixen espais oberts. En canvi, disminuiria la presència de les ombròfiles, i els focs acabarien mantenint comunitats en esta-



© Miguel Lorenzo

El darrer informe del Panel Intergovernamental per al Canvi Climàtic assenyalava que el nivell del mar augmentarà entre 9 i 88 centímetres entre 1990 i l'any 2100 a causa de l'expansió tèrmica de les aigües i al desgel de glaceres i casquets polars. La incertesa d'aquestes previsions té a veure, sobretot, amb quines seran les nostres accions futures a l'hora d'afrontar el problema del canvi climàtic.



Imatge: K1705-9, cortesia del USDA Agricultural Research Service



Imatge: 1665, cortesia del CDC/Jim Gathany

El canvi climàtic probablement augmentarà el nombre de persones exposades a la transmissió de malalties com la malària i el dengue, els vectors de les quals són sensibles a l'escalfament. La foto de l'esquerra és d'un mosquit *Aedes aegypti* sobre pell humana; la foto de la dreta és d'un mosquit *Anopheles gambiae*.

dis successional primerencs (Terradas, 1996).

L'augment de temperatura també incrementa exponencialment l'emissió de compostos orgànics volàtils, que afecten de manera important la química atmosfèrica i el clima a través de la formació d'ozó i aerosols o l'oxidació del metà (Peñuelas, 2001b).

Canvis estructurals dels ecosistemes

Fins a quin punt tenen les plantes mediterrànies capacitat per a adaptar-se o aclimatar-se ràpidament a aquests canvis atmosfèrics i climàtics? Des d'un punt de vista evolutiu les espècies tendeixen a ser bastant conservadores i a respondre a les pertorbacions més amb la migració que amb l'evolució. A les muntanyes les espècies poden respondre al canvi climàtic migrant verticalment distàncies curtes (per exemple, són suficients 500 m per contrarestar un augment de 3°C). De fet, a muntanyes com ara les del Montseny s'han descrit migracions induïdes pel recent i moderat escalfament d'aquest segle. Malgrat això, la migració cap a majors altituds comporta una reducció concomitant en l'àrea total de cada hàbitat, pel qual les espècies amb un major requeriment d'àrea poden extingir-se. Els estudis paleoecològics suggereixen que moltes espècies vegetals poden migrar amb suficient rapidesa per adaptar-se al canvi climàtic, però solament si existeixen ecosistemes contigus no pertorbats, cosa que ens recorda la importància de la fragmentació dels ecosistemes naturals com un altre factor del canvi global.

Un canvi cap a condicions progressivament més àrides, i els incendis consegüents, poden produir modificacions relativament ràpides de l'estructura de la vegetació. A més, la vegetació semiàrida és lenta en la seva recuperació després de sequeres múltiples i

prolongades i/o d'incendis, tant perquè és lenta a l'hora de construir nova biomassa com perquè sovint té lloc una degradació del sòl, especialment si hi ha sobreexplotació durant els períodes secs o si hi ha recurrència dels incendis. Es facilita així l'erosió i, en casos extrems, es pot arribar a la desertificació, un problema present ja en zones on els sòls dels ecosistemes degradats són incapaços de retenir l'aigua proporcionada per les tempestes ocasionals i extremes de la tardor, les quals provoquen avingudes i més erosió.

En qualsevol cas, les prediccions de la condició dels ecosistemes mediterranis en les dècades vinents requereixen un millor coneixement de les seves respostes a les concentracions futures de CO₂ i als canvis climàtics i de prediccions regionalitzades del clima i usos del sòl. Això encara és lluny d'estar disponible, per causa de la variabilitat i la impredecibilitat inherent del sistema climàtic a nivell regional. Convindrà també recordar que és molt probable que els canvis i les respostes no siguin simplement lineals. Tampoc no s'ha d'oblidar que la regió mediterrània viu, a més del canvi climàtic i atmosfèric, l'abandonament de terres de cultiu i la fragmentació dels ecosistemes com dos grans canvis en els usos del sòl. Amb tot això, es preveu que hi hagi més ecosistemes en estadis successional primerencs i de menor complexitat ecològica en les properes dècades.

■ I ÉS CLAR, TAMBÉ AFECTA ELS HOMES

Als humans el canvi climàtic ens afecta i ens afectarà depenent de la seva intensitat i de la nostra exposició, sensibilitat i capacitat d'adaptació. Per tant, l'efecte variarà amb la nostra localització geogràfica i les nostres condicions socials, econòmiques i ambientals. El que és probable és que resulti molta més gent





perjudicada que afavorida, fins i tot en el cas que l'augment de temperatura sigui el mínim dels previstos. Com sempre, els més perjudicats seran els països més pobres. D'una banda perquè les seves economies depenen majoritàriament d'activitats com l'agricultura, que són especialment sensibles al canvi climàtic. D'altra banda, perquè tenen poca capacitat d'adaptar-se a canvis com l'augment del nivell del mar, o la sequera, i, a més, no tenen recursos sanitaris adequats per poder reduir el risc creixent de malalties relacionades amb el canvi climàtic, com la malària.

Dins de la rica Europa, les zones mediterrànies o les regions àrtiques semblen les més vulnerables. Els ciutadans més afectats seran aquells que tinguin les activitats més sensibles al clima (agricultors, forestals, hotelers o pescadors, per exemple), i aquells que visquin en deltes, àrees costaneres o petites illes amb major risc d'inundacions i de desplaçaments per pujada del nivell del mar i per les inundacions. Aquí, al nostre país, disminuirà la humitat del sòl i el subministrament d'aigua, amb els consegüents problemes per a l'agricultura, el risc d'incendis o el turisme. Les altes temperatures i les onades de calor poden afectar les tradicionals destinacions turístiques de l'estiu, i les condicions menys segures de neu a les estacions d'esquí poden fer malbé el nostre turisme hivernal.

Els aspectes sanitaris no romandran aliens al canvi climàtic. Per exemple, com que s'avança l'aparició del pol·len i augmenta la seva producció s'accentuen les al·lèrgies. També sembla que s'incrementarà el nombre de persones exposades a la transmissió de malalties els vectors de les quals són sensibles a l'escalfament. Entre aquestes destaquen la malària i el dengue, però sense oblidar l'encefalitis transmesa per mosquits, la leishmaniosi o el còlera. Totes elles guanyarien terreny. També s'ha de tenir en compte que les onades de calor que probablement patirem tindran el seu major impacte en la població urbana, sobretot en la gent gran o malalta. Per contra, uns hiverns més curts i més suaus sembla que han de disminuir la mortalitat hivernal. Per cert, també els industrials del condicionament de la llar han de tenir en compte que es preveu una major demanda de sistemes de refrigeració i menor de calefacció.

Aquests exemples ens recorden que és molt probable que el canvi climàtic afecti el benestar dels ciutadans del carrer, la distribució de la riquesa i les oportunitats de desenvolupament. I què podem fer els ciuta-

ÉS MOLT PROBABLE QUE EL CANVI CLIMÀTIC AFECTI EL BENESTAR DELS CIUTADANS, LA DISTRIBUCIÓ DE LA RIQUESA I LES OPORTUNITATS DE DESENVOLUPAMENT

dans per lluitar contra aquest canvi climàtic? Les mesures que podem prendre són conegudes i de sentit comú. Primer, ser el més eficients possible en l'ús de l'energia (tan senzill com apagar el llum quan no l'utilitzem). Segon, procurar utilitzar energies alternatives i renovables. Tercer, usar el

mínim possible els combustibles fòssils (per ex. utilitzar al màxim el transport públic). Quart, pressionar els governants perquè prenguin les mesures oportunes en aquells assumptes que tenen a veure amb la nostra societat en l'àmbit local, nacional o internacional. I així successivament, tot allò que ens porti a utilitzar menys combustibles fòssils per evitar que continuïn augmentant les emissions de gasos hivernacle com el CO₂ o el metà. De fet, la comunitat internacional no es queda del tot impassible davant aquests canvis i els problemes que genera. Per això se celebren periòdicament cimeres de l'ONU sobre el clima, com la que ha tingut lloc recentment a Marràqueix, amb l'objectiu de posar en marxa el protocol de Kioto. Malgrat tot, és difícil aconseguir gran cosa quan un dels principals emissors de gasos hivernacle, els Estats Units, no vol participar en aquest objectiu internacional. Pel que fa a Espanya, té el dubtós honor de ser l'estat de la UE que més ha augmentat les emissions. A més, tot i ser una de les regions europees més afectades, no disposa encara d'un pla estratègic clar per a reduir aquestes emissions i per a afrontar el canvi climàtic i els seus impactes. Com que l'adaptació de la indústria, el transport, el turisme o la gestió del medi ambient necessita terminis de temps considerables, com més tard s'ataqui el problema, pitjor.



*Unitat Ecofisiologia CSIC-CREAF, Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals (CREAF), Barcelona

REFERÈNCIES:

- IPCC (2001): *The Scientific Basis. Third Assessment Report of Working Group I*. A. J. T. Houghton, D. Yihui, et al. editors. Cambridge Univ. Press. Cambridge.
- LLORET, F.; SISCART, D. (1995): "Los efectos demográficos de la sequía en poblaciones de encina". *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales* 2: 77-81.
- PEÑUELAS, J. (1993): *El aire de la vida (una introducción a la ecología atmosférica)*. Ariel, Barcelona. 260 pp.
- PEÑUELAS, J.; FILELLA, I. (2001a): "Phenology: Responses to a warming world". *Science* 294: 793-795.
- PEÑUELAS, J.; LLUSIÀ, J. (2001b): "The complexity of factors driving volatile organic compound emissions by plants". *Biologia Plantarum*, 44: 481-487.
- PEÑUELAS, J.; FILELLA, I.; COMAS, P. (2002): *Changed plant and animal life cycles from 1952-2000. Global Change Biology*. [En premsa.]
- PIÑOL, J.; TERRADAS, J.; LLORET, F. (1998): "Climate warming, wildfire hazard, and wildfire occurrence in coastal eastern Spain". *Climatic Change*, 38: 345-357.
- TERRADAS, J. (1996): *Ecologia del foc*. Proa. Barcelona.

L'OCEÀ I EL CANVI GLOBAL

Rafel Simó, Josep M. Gasol i Josep-Maria Gili *

OCEANS AND GLOBAL CHANGE. THE OCEANS COVER TWO THIRDS OF THE EARTH'S SURFACE. SUCH AN ENORMOUS MASS OF SALTY WATER PLAYS A KEY ROLE IN REGULATING THE BALANCE AND DISTRIBUTION OF HEAT, MOMENTUM, OXYGEN AND CO₂ AND, HENCE, IN REGULATING CLIMATE. BUT THE OCEANS ARE MORE THAN SALTY WATER: THEY HOST A HUGE AND DIVERSE BIOSPHERE THAT IS RESPONSIBLE FOR THE EXCHANGE OF CLIMATICALLY ACTIVE SUBSTANCES WITH THE ATMOSPHERE. GLOBAL CHANGE IS AFFECTING THE SEA'S BREATHING IN A WAY WHICH IS STILL LARGELY UNKNOWN. IT ALSO AFFECTS MARINE BIODIVERSITY AND THREATENS THE SURVIVAL OF ANCIENT ECOSYSTEMS AND EXPLOITABLE RESOURCES. PREDICTING NOT ONLY THE EFFECTS OF GLOBAL CHANGE ON THE OCEANS BUT ALSO THEIR TIMING AND THEIR FEEDBACK RESPONSES ON CLIMATE, REQUIRES THE IMPROVEMENT OF OUR OBSERVATIONAL SYSTEMS AND THE INTEGRATION OF OBSERVATIONS INTO HOLISTIC (EARTH SYSTEM) RESEARCH APPROACHES.

Habitem un planeta blau. Ens ho havien dit els pocs i afortunats que l'havien vist des de naus espacials, i ara podem veure'l a cada instant gràcies als satèl·lits, el més recent l' europeu Envisat, que enregistren a cada moment el seu batec. I és blau per què l'oceà cobreix el 70% de la superfície del planeta. D'aquesta xifra se'n dedueix que l'oceà és un dels principals protagonistes del canvi global, sigui com a receptor dels canvis que poden alterar-ne la dinàmica, sigui com a promotor o tamponador dels efectes que els canvis podrien tenir.

■ MOLT MÉS QUE AIGUA SALADA

Pel fet de ser una massa d'aigua tan enorme, l'oceà representa un paper extraordinari com a acumulador i transmissor de calor de les zones més càlides (tròpics) a les més fredes (subpolars). L'aigua oceànica també dissol el diòxid de carboni atmosfèric (CO₂), el gas hivernacle que és la principal causa de l'escalfament del planeta. Però l'oceà no és tan sols una massa d'aigua salada i prou, sinó que és ple de vida. Amb l'ajut d'un microscopi podem veure el plàncton de l'oceà: principalment les algues unicel·lulars i els cianobacteris (fitoplàncton) que

fan la fotosíntesi, els animalons i protozous (zooplàncton) que es mengen les algues, i els bacteris (bacterioplàncton) que es nodreixen dels exsudats i de les restes de les algues i dels altres organismes. Entre una tercera part i la meitat de la producció primària fotosintètica de tot el planeta té lloc al mar, malgrat que menys de l'1% de la massa d'organismes productors a la terra és al mar. Tanmateix, la majoria del CO₂ fixat en la fotosíntesi marina és respirat i retornat ràpidament a l'atmosfera, en un cicle més o menys estable. Però una part petita sedimenta cap a aigües més fondes i s'hi queda entre 500 i 1.000 anys, i una part més petita arriba als sediments i hi queda retinguda durant temps encara més llargs. Quan els oceanògrafs parlem de la bomba biològica de CO₂ a l'oceà, volem dir que són els organismes que hi viuen els que fan que part del gas que hi entra no en surti a curt termini. De fet, la proporció de producció primària que esdevé "segrestada" a

llarg termini al fons de l'oceà depèn essencialment de l'estructura de la comunitat de plàncton, estructura que varia en l'espai i en el temps en funció de les condicions climàtiques. Per tant, la capacitat de la biosfera oceànica per reduir el CO₂ atmosfèric i passar-lo a formes més conservades, és a dir per interactuar amb el clima, varia en

**«L'OCEÀ ÉS UN DELS PRINCIPALS
PROTAGONISTES DEL CANVI
GLOBAL, SIGUI COM A RECEPTOR
DELS CANVIS QUE PODEN
ALTERAR-NE LA DINÀMICA, SIGUI
COM A PROMOTOR O
TAMPONADOR DELS EFECTES QUE
ELS CANVIS PODRIEN TENIR»**



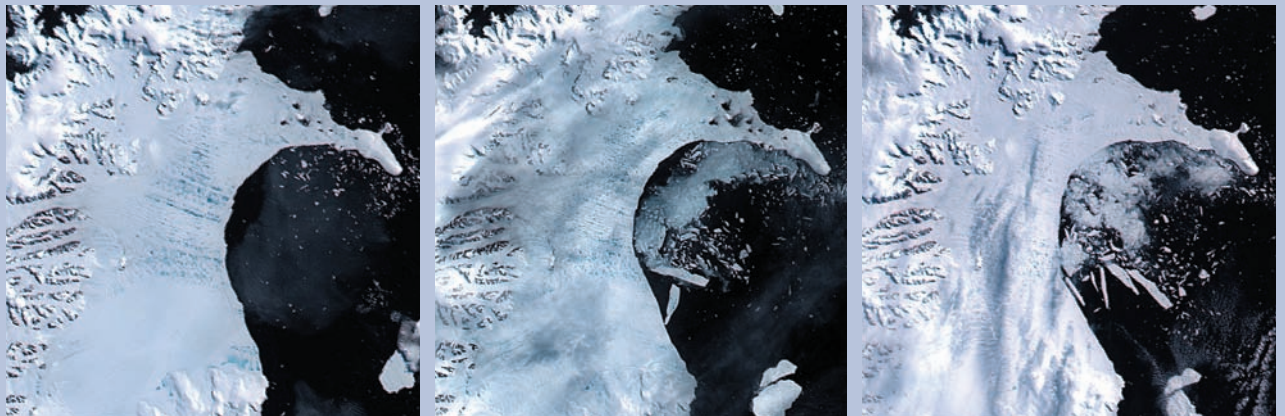


ELS MARS ANTÀRTICS: CLAUS DEL PASSAT, INTERROGANTS DEL FUTUR

Es paisatges de l'Àrtic i l'Antàrtida són, a més d'extraordinàriament bells, els menys alterats per l'activitat humana. I no són irrelevantes a escala planetària: sumen el 13% de la superfície de la Terra —extensió semblant a la dels deserts o la tundra—, i els 32,4 milions de km³ de gel representen el 70% de l'aigua dolça del món. Les seves aigües fredíssimes són una font d'inspiració contínua per a la recerca oceanogràfica, entre altres motius perquè són curulles de vida. Els

models de predicció diuen que les regions polars són unes de les més sensibles al canvi global. Segons els models, canviarà l'extensió del mar gelat, la temperatura i la densitat de l'aigua, i l'exposició dels microorganismes a la radiació ultraviolada, per l'eixamplament del forat de la capa d'ozó i la persistència de capes superficials d'aigua menys densa. El canvi climàtic, pel fet de reduir les àrees amb gel marí al voltant del continent, ja afecta les zones de reproducció del krill, base de

Les imatges obtingudes pel sensor MODIS del satèl·lit Terra han mostrat que, durant els mesos de febrer i març d'enguany, una enorme massa de gel flotant situada a la zona est de la península Antàrtica s'ha separat del continent. Un total de 3.250 quilòmetres quadrats de gel es van desintegrar en una miriada d'icebergs en el període de 35 dies comprès entre el 31 de gener i el 7 de març. Les imatges es van prendre els dies 31 de gener, 17 i 23 de febrer, i 5 i 7 de març.



Imatges cortesia de Ted Scambos, National Snow and Ice Data Center, University of Colorado, Boulder, basada en dades del sensor MODIS.

funció del mateix clima. Dit d'altra manera, el lligam entre plàncton i clima és estret i funciona en tots dos sentits.

■ L'ALÈ DEL MAR

El paper de l'oceà davant el canvi climàtic va més enllà de la capacitat de segrestar CO₂. El mar emet un gran nombre de substàncies que també són importants en l'activitat de l'atmosfera i en la regulació del clima: el metà, l'òxid nítrós, compostos de sofre, de nitrogen i hidrocarburs que formen aerosols a la troposfera, compostos halogenats que intervenen en la destrucció de l'ozó a l'estratosfera, etc. La llista de substàncies que formen part de l'*alè del mar* és llarga; totes elles representen un paper en les propietats de l'atmosfera i la regulació del clima. El dimetilsulfur, per exemple, és un gas de sofre produït pel plàncton que els oceans exhaleu en petites quantitats però de forma continuada. A l'atmosfera, s'oxida per formar partícules que reflecteixen la radiació solar tant de forma directa com a base d'augmentar la densitat de

gotes d'aigua que formen els núvols. Com que, si hi ha més núvols, hi ha menys radiació solar que arriba al mar, el sofre d'origen oceànic té un efecte refredant contrari a l'efecte hivernacle. La qüestió que ens cal resoldre és si, arran del canvi climàtic, canviarà la intensitat i la composició de l'alè dels oceans, i si això contribuirà a un alentiment (retroalimentació negativa) o acceleració (retroalimentació positiva) de l'escalfament global.

■ LA MAR DE CANVIS

L'escalfament de l'atmosfera incrementa la temperatura de l'aigua del mar (vegeu capsa sobre l'Antàrtida). Segons els models actuals de canvi climàtic, això fa canviar el règim de barreja vertical en moltes regions de l'oceà, amb conseqüències importants per a la disponibilitat de nutrients per al fitoplàncton i, a la llarga per a la producció pesquera, i per a l'exposició dels organismes a la radiació solar. L'augment de CO₂ a l'atmosfera suposa un increment de CO₂ dissolt a l'aigua del mar. Això fa l'aigua lleugerament més

totes les cadenes alimentàries marines i terrestres de l'ecosistema antàrtic, amb conseqüències per a la xarxa tròfica marina però també amb conseqüències econòmiques importants. El desglaç d'àmplies zones de la plataforma de gel alterarà les zones on creix el bentos antàrtic perquè elimina les àrees de plataforma continental amb formació de gel marí al damunt, però també pot forçar canvis en els hàbits alimentaris dels mamífers marins. Encara que els desglàços són freqüents, i la formació d'icebergs no té res d'estrany, l'aparició d'una colla d'icebergs gegantins ara fa un parell d'anys, el desglaç d'àrees immenses o l'aïllament dels pingüins han arribat a ser notícia rellevant fins i tot als noticiaris de les televisions de casa nostra. Tot plegat, sens dubte, són alteracions en uns ecosistemes marins (de superfície i de fons) que tot just ara comencem a conèixer.

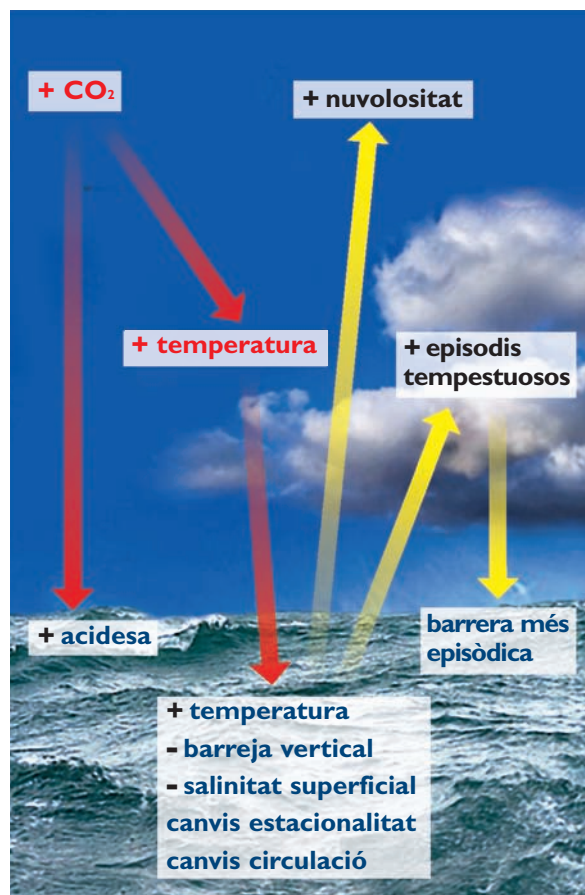
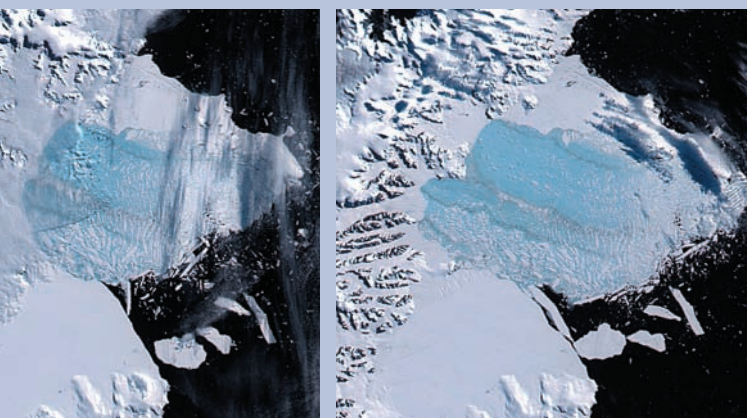


Figura 1. Interrelacions positives i negatives entre el mar i l'atmosfera.

àcida, la qual cosa és perjudicial per als organismes que produeixen esquelets o closquetes de carbonat càlcic. Per posar un exemple, la formació d'esculls corals equatorials, i probablement també la formació de corall vermell a la Mediterrània, es poden veure afectats per aquest augment de l'acidesa. Cal esperar, també, que els fenòmens tempestuosos siguin més freqüents. Tots aquests canvis són subtils i s'esdevenen de forma progressiva; tanmateix afecten, encara no sabem ben bé com, la composició, la distribució geogràfica i el funcionament de les comunitats de plàncton de l'oceà, i, de retruc, la capacitat de la biosfera marina com a moduladora del clima (figura 1).

■ L'ANTROPOCÈ

El canvi global és més que un canvi climàtic: els humans hem afectat de forma important i molt diversa els sistemes naturals en els darrers segles. Els sistemes marins no en són una excepció. No tots aquests efectes són de tipus climàtic, també n'hi ha de directes sobre l'extensió i funcionament del sistema. Per

això sovint parlem de canvi global més que de canvi climàtic. Per exemple, la sobreexplotació pesquera sobre el bacallà del Mar del Nord impedeix que hi hagi exemplars adults que poden aguantar bé la variabilitat climàtica d'un any a un altre, de manera que la població actual és més sensible als efectes adversos que els increments de temperatura tenen sobre el reclutament de les poblacions. Però hi ha més efectes directes dels humans sobre l'ecosistema oceànic: l'increment de nutrients que arriben al mar (l'eutrofització), els canvis en la utilització del sòl i les aigües continentals que es tradueixen en canvis en el transport de partícules a l'oceà i per tant en l'alteració de les línies de costa i la regressió dels deltes, la pressió urbanística sobre la costa que comporta la destrucció de la vegetació i que repercuteix sobre l'ecosistema marí costaner, la sobreexplotació dels recursos pesquers, la pèrdua d'hàbitats i de biodiversitat, etc. L'impacte que les activitats humanes estan tenint en el conjunt del planeta, incloent-hi els oceans, és tan divers i significatiu que el químic de l'atmosfera i premi Nobel Paul Crutzen s'ha atrevit a proposar que



ELS OCEANS DES DE L'ESPAI

Prendre estudiar l'impacte dels oceans sobre el clima del planeta a partir de la minsa capacitat d'observació que tenim cadascú de nosaltres, tant en l'espai com en el temps, fóra com pretendre copsar la bellesa d'un quadre, i entendre la intenció de l'autor, a partir d'un parell de pinzellades. És una ingenuïtat només perdonable als científics que ens van precedir quan encara no hi havia eines d'observació i integració globals. Avui, les variacions més imperceptibles en la temperatura, la salinitat, o la velocitat i direcció de l'aigua de mar les podem mesurar per mitjà de sensors instal·lats en la munió de boies, ancoratges i vaixells que hi ha escampats pels oceans. Aquests observadors sobre el terreny, coordinats a través de programes internacionals com el Sistema d'Observació Global de l'Oceà (GOOS), prenen el pols de l'oceà i registren els canvis que s'hi produeixen. Però, sens dubte, l'eina que ha donat una empenta definitiva a la ciència del canvi global és la teledetecció des de satèl·lits orbitals. Vehícles espacials carregats amb espectroradiòmetres, escateròmetres o sensors de microones, donen repetidament voltes a la Terra i, en un temps impensadament curt, ofereixen registres de propietats tan diverses com la temperatura i el nivell del mar, la concentració de pigments, la velocitat del vent, la cobertura de gel, de núvols i de partícules atmosfèriques, o la quantitat de radiació reflectida. És d'aquesta manera, *només* d'aquesta manera, que prenem prou distància per a observar el quadre en conjunt i percebre les dinàmiques interrelacionades dels grans corrents marins, dels gels polars, de les nuvolades, i, fins i tot, dels microorganismes que governen el cicles dels elements a la superfície de l'oceà.



Diferència de color del mar entre el mar Negre i la Mediterrània Oriental. El mar és blau –transparent– a la Mediterrània pobra en nutrients, i és verd, amb grans poblacions algals, al mar Negre.



Figura 2. Proliferació massiva de l'alga *Alexandrium taylori* a la platja de la Fosca de Palamós durant l'estiu de 2001.

som de ple en una nova era geològica anomenada antropocè, que hauria començat a finals del segle XVIII amb la invenció de la màquina de vapor, l'inici de la industrialització amb combustibles fòssils, i l'inici de l'increment de les concentracions de CO₂ i de metà a l'atmosfera.

Un exemple proper a nosaltres de l'efecte combinat i sinèrgic de l'increment de la pressió humana i els canvis climàtics és el de l'increment detectat en els darrers anys de la presència de les anomenades

«LES MAREES ROGES HAN AUGMENTAT ELS DARRERS ANYS GRÀCIES A LES CREIXENTS MODIFICACIONS DEL LITORAL I A L'INCREMENT DE NUTRIENTS A LA COSTA»

“purgues de mar”, “marees roges” o “discoloracions marines” a les costes de la Mediterrània i d'arreu (figura 2). Aquestes taques de fitoplàncton que tenyeixen el mar poden arribar a contenir toxicitat i malmetre la producció de les piscifactories. Els darrers anys han augmentat per culpa de les creixents modificacions del litoral –particularment la construcció de ports esportius i altres estructures que retenen l'aigua– i gràcies a l'increment de nutrients a la costa. Però hi ha prou proves també que lliguen alguns d'aquests fets amb els canvis climàtics que han pogut ser enregistrats en els darrers anys: canvis en els sistemes



de pressió de l'Atlàntic Nord i el Pacífic Nord que també es reflecteixen en els cicles d'El Niño i de la NAO (oscil·lació de l'Atlàntic Nord) i increments de la temperatura global. Així mateix, les epidèmies de còlera a la badia de Benga s'han correlacionat amb aquestes oscil·lacions, amb els increments de temperatura que se'n deriven, i amb l'increment de nutrients d'origen antropogènic detectats a la costa. També s'ha detectat un augment de les plagues de meduses que arriben a les costes, cosa que afecta greument el sector turístic. Les plagues de meduses apareixen en els anys secs, quan les poques pluges, fan que les aigües properes a la costa estiguin a una temperatura similar a les aigües de mar obert i no es formi cap barrera hidrogràfica que les separi. Així, les meduses que creixen a 20-40 milles de la costa són arrossegades cap a les platges pels vents de mar a terra (brises). L'increment de la pressió pesquera també genera l'increment de poblacions de zooplàncton gelatinós (meduses, sifonòfors, etc.), carnívors que substitueixen els peixos en les cadenes tròfiques.

L'escalfament de les aigües també afecta les comunitats bentòniques i provoca, per exemple, la degradació dels esculls de corall. S'ha vist que l'increment de només un grau de temperatura provoca canvis en la fisiologia dels coralls, que els fa perdre les algues simbiotes i n'impedeix el creixement. Aquest blanqueig (*bleaching*) que s'observa en molts esculls de corall (figura 3) sembla que serà quasi irrecuperable a curt termini. L'aportació de sediments a les aigües costaneres a causa de l'increment de la pressió urbana i als incendis en la franja litoral fa que la quantitat de llum que arriba als coralls sigui molt baixa i provoqui la seva mortalitat massiva. Aquests fenòmens climàtics amb un fort component antropogènic han debilitat els coralls i han afavorit el desenvolupa-



© J.M. Gili

Figura 3. Escull de corall de l'oceà Índic on es pot veure: a dalt, un escull d'*Acropora aspera* on part de les colònies encara són vives i altres presenten blanqueig; a sota, a l'esquerra, una colònia d'*Acropora* completament buida de teixit i morta; i a sota a la dreta, una altra colònia d'*Acropora* que és devorada per l'estrella de mar *Acanaster planci*.



© J.M. Gili





ment dels seus depredadors, com ara l'estrella *Acanthaster planci* (corona d'espines) que pot devastar esculls complets en poques setmanes (figura 3). Tot plegat fa que s'estimi que un de cada tres esculls coral·lins del món hi està afectat seriosament.


■ REFEM EL TRENACLOSQUES

L'estudi de la implicació de l'oceà en el canvi global no és fàcil. Demana aproximacions pluridisciplinàries que abracin des de la determinació de les molècules que hi ha dissoltes en una gota d'aigua fins a la mesura dels grans corrents marins, des de la genètica dels microbis fins a l'observació de la Terra des de l'espai. I demana, sobretot, que l'integrem en una aproximació holística del planeta. En els últims deu o quinze anys hem anat construint una nova ciència anomenada *del sistema Terra*. Ja des de l'inici de la ciència moderna hi havia hagut personatges que defensaven que el funcionament i evolució de la Terra només es podia entendre si es considerava com a sistema singular, tal i com s'havia fet amb, posem per cas, el cos humà. Però la veritable eclosió de la ciència del sistema Terra ha vingut amb el desenvolupament dels satèl·lits d'observació global, de la supercomputació aplicada a la integració de dades i a la construcció de models globals, i de les eines de reconstrucció dels climes i l'atmosfera del passat. Avui entenem que hem de posar l'esforç no només en el coneixement de la dinàmica de cada un dels grans compartiments del planeta (atmosfera, geosfera, hidrosfera, criosfera, biosfera) sinó en l'estudi de les relacions, sempre bidireccionals, que hi ha entre tots ells. Només així podrem acostar-nos a una predicció dels canvis que ens esperen.

Els models que actualment s'utilitzen per simular les condicions ambientals del futur tot just comencen a incorporar tot aquest entrellat d'interrelacions. La resposta del clima al forçament antropogènic no és unidireccional, sinó que és plena de sinergies i retroalimentacions en les quals la biosfera té un paper determinant però encara molt desconegut. A l'oceà, per exemple, encara no coneixem prou bé què regula

la composició i la dinàmica del plàncton com per poder simular amb garanties quina resposta tindrà amb l'escalfament global. Tampoc no sabem quina velocitat han de tenir els canvis perquè puguin ser (o no ser) assimilats pels organismes marins. Això afegeix un llast d'incertesa a les prediccions de la intensitat i el *tempo* del canvi global i dels seus efectes.

■ CONÈIXER PER PREDIR

Juntament amb la necessitat de realitzar aquests estudis integrats del sistema Terra, és necessari tenir el millor coneixement possible de l'oceà abans de poder predir com serà afectat i com respondrà en un futur canviant. Malament podem predir els efectes d'un increment de temperatura sobre, per exemple, la diversitat de les algues marines si no coneixem aquesta diversitat. És feina d'oceanògrafs i de biòlegs, geòlegs, físics i químics marins avançar en el coneixement dels mars que ens envolten, alhora que cerquem informació sobre el passat de la terra escrit en roques i sediments, i intentem predir el futur amb models i amb experiments de laboratori. Certament això dóna sentit a la nostra feina de cada dia. 

«L'AUGMENT DE CO₂ A L'ATMOSFERA SUPOSA UN INCREMENT DE CO₂ DISSOLT A L'AIGUA DEL MAR, QUE AFECTA LA FORMACIÓ D'ESCALLS CORALINS A LES ZONES EQUATORIALS I, PROBABLEMENT, LA FORMACIÓ DE CORALL VERMELL A LA MEDITERRÀNIA»

* Institut de Ciències del Mar-CMIMA, CSIC (Barcelona)

PER SABER MÉS COSES:

http://www.icm.csic.es/bio/outreach_c.htm

<http://envisat.esa.int>

<http://seawifs.gsfc.nasa.gov/SEAWIFS.html>

<http://earthobservatory.nasa.gov/>

<http://www.igbp.kva.se>

<http://earthobservatory.nasa.gov/Study/Coral/>

ELS PROCESSOS DE DESERTIFICACIÓ EN UN CONTEXT DE CANVI GLOBAL

José Luis Rubio*

DESERTIFICATION PROCESSES IN THE CONTEXT OF GLOBAL CHANGE. DESERTIFICATION, THE DEGRADATION OF THE SOILS IN ARID, SEMIARID AND SUB-HUMID ZONES, THREATENS 40% OF THE EARTH'S SURFACE, WHICH IS INHABITED BY 37% OF THE WORLD'S POPULATION. THE EFFECTS OF DESERTIFICATION ARE VARIED, AND INCLUDE NOT ONLY A DECREASE IN THE FOOD PRODUCTION CAPACITY OF THE SOILS, BUT ALSO THE ALTERATION OF THE HYDROLOGICAL CYCLE, A DRASTIC REDUCTION IN BIODIVERSITY, AND THEIR INTERACTION WITH CLIMATIC CHANGE. IN THIS ARTICLE THE AUTHOR DISCUSSES THESE EFFECTS, AND THE EFFORTS OF THE INTERNATIONAL COMMUNITY TO FIGHT AGAINST DESERTIFICATION.

Aproximadament el 40% de la superfície de la Terra està amenaçada pel risc de desertificació. En aquesta superfície, que correspon a les zones terrestres amb dèficits hídrics inherents més o menys acusats, viu el 37% de la població mundial. La desertificació no sols amenaça el potencial del sòl de produir aliments i biomassa sinó que, a les zones afectades, s'alteren els cicles hidrològics, es redueix dràsticament la biodiversitat i es produeixen processos de retroalimentació que afecten importants paràmetres climàtics.

En un context de canvi global, les conseqüències dels processos de desertificació s'exporten a altres zones no directament afectades i produeixen multitud de conseqüències transsectorials. Entre altres aspectes, cal assenyalar els impactes en els moviments de migració de la fauna, els canvis en els fluxos d'energia atmosfèrics, els efectes en la dinàmica erosió/sedimentació, els canvis en els cicles biogeoquímics i les migracions humanes provocades per l'empobriment dels recursos de la terra.

La desertificació, per tant, amenaça tot el potencial biosfèric de les zones afectades i té efectes transfronterers i multisectorials que incideixen directament en el canvi global.

En aquest article descriurem els antecedents immediats d'aquesta problemàtica, així com els esforços de la comunitat internacional per a mitigar el procés i, finalment, comentarem les interaccions amb la pèrdua de biodiversitat i amb el canvi climàtic.

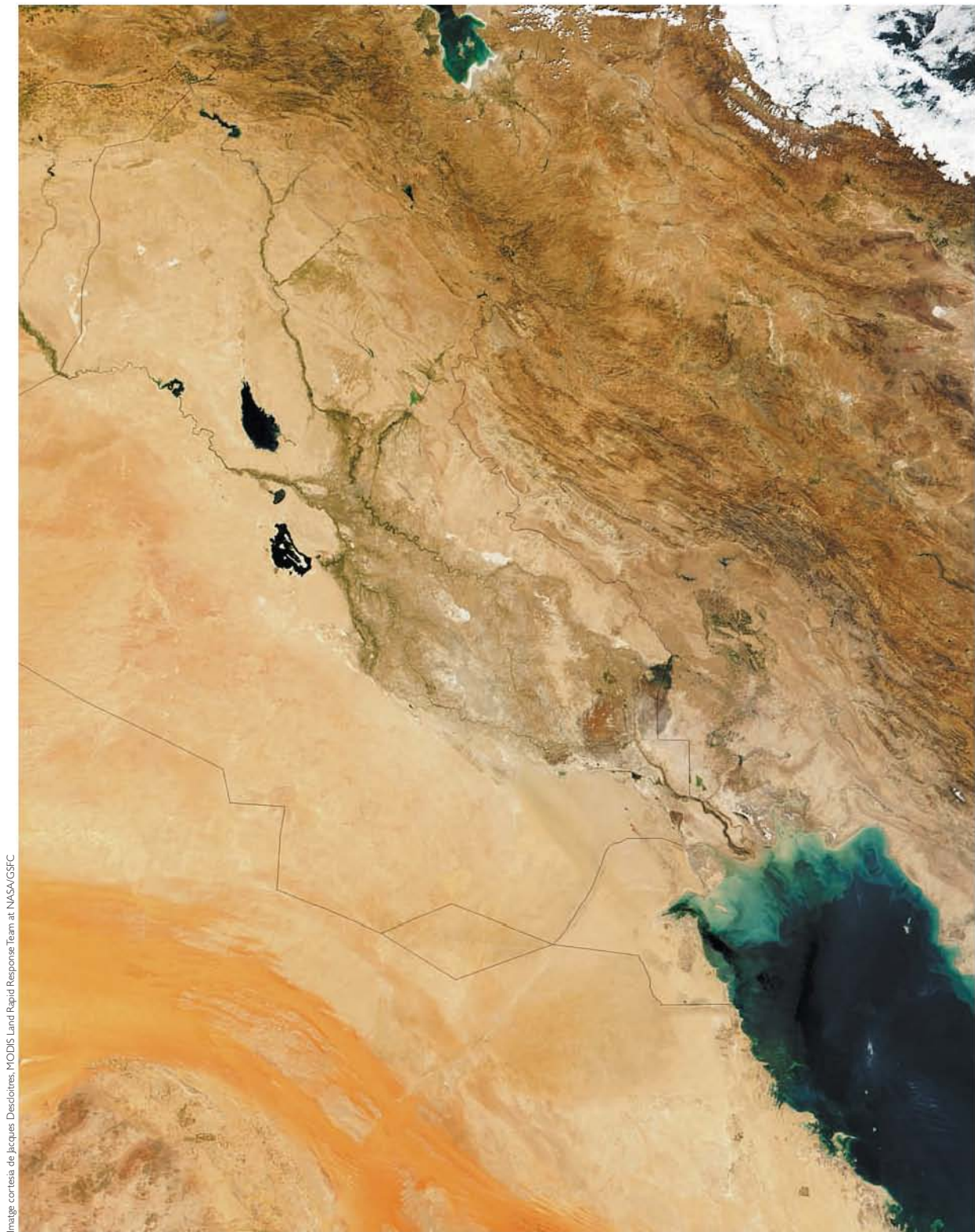
■ ANTECEDENTS

El concepte i la problemàtica de la desertificació no són nous. L'abús de les terres i els consegüents processos de degradació en zones fràgils del planeta

© Albert Macó

Entre 1925 i 1975, el desert del Sàhara va créixer, sobretot cap al sud, en prop de 645.000 km² i, en algunes zones de Sudan, el límit sud del desert es va moure 310.000 km² entre 1958 i 1975. Aquest avanç va ser més important en la dècada dels 60 i principis dels 70, a causa dels períodes d'intensa sequera que van afectar la zona del Sahel.





Imatge: cortesia de Jacques Descloitres, MODIS Land Rapid Response Team at NASA/GSFC

Mesopotàmia, la terra que es troba entre els rius Tigris i Eufrates, ha estat la llar de nombroses civilitzacions al llarg de la història. El 18 de maig del 2001, els científics del Programa de les Nacions Unides per al Medi Ambient van fer públic els resultats d'un estudi que mostra que, en les últimes dècades, entre el 85 i el 90% dels marenys que es trobaven en les proximitats de la desembocadura dels dos rius han desaparegut, convertits en un desert com a conseqüència de la construcció de preses i del drenatge d'aquestes zones per a obtenir terres de cultiu.



van lligats als inicis de les grans civilitzacions. Els registres històrics del Pròxim Orient, de l'antiga Grècia o de l'Imperi Romà ens mostren testimonis de gran valor historicoambiental en els quals es van detallar impactes i processos que van comportar el col·lapse de zones agroforestals. Aquesta situació ha estat considerada per diversos autors com la causa del sobtat declivi d'algunes cultures.

No obstant això, el terme "desertificació" no apareix en la literatura científica fins 1949, quan va ser utilitzat per Aubreville per referir-se a processos de degradació del sòl i de la vegetació en ambients tropicals humits. A partir de llavors, i amb intervals i alts i baixos en l'atenció acadèmica, va anar evolucionant lluny de la percepció pública.

La problemàtica de la desertificació només saltaria a un primer pla com a conseqüència dels intensos períodes de sequera que van afectar la zona del Sahel en la dècada de 1960 i principis de 1970. Durant aquest període, economies i sistemes productius de supervivència, basats fonamentalment en l'ús del sòl i de l'aigua, van sofrir l'impacte d'una sobrepressió que els va situar a la vora de la disfuncionalitat. Com a conseqüència s'estima que es van veure afectats uns cinc-cents milions d'hectàrees, i que es va produir la mort d'uns 10 milions de caps de bestiar, i d'entre cent i dues-cents mil persones.

La sensibilització mundial davant aquesta situació va mobilitzar les Nacions Unides, que va convocar l'any 1977 una Conferència sobre Desertificació que es va celebrar a Nairobi aquell mateix any, i en què, per primera vegada, un problema mediambiental va obtenir la consideració de globalitat.

En aquesta conferència, en què van participar més de 90 països, es va elaborar i es va aprovar un Pla d'Acció per a Combatre la Desertificació (PACD) amb uns plantejaments i objectius molt amplis i ambiciosos. No obstant això, la valoració dels resultats del PACD que es van anar realitzant anys després, no aportava indicis per a l'optimisme. L'extensió i la intensitat dels processos de desertificació no sols no es va reduir, sinó que continuava estenent-se.

Aquesta situació va contribuir, en part, a fer que durant la dècada de 1980 la temàtica perdés força i interès per als organismes internacionals, les agències d'ajuda al desenvolupament i els països potencialment donants. I caldria afegir-hi la situació de confusió con-

ceptual en els àmbits acadèmics i científics, atès que cada disciplina aportava les seues pròpies definicions, i això, evidentment, no va ajudar a establir unes bases sòlides per a discutir adequadament el problema.

El 1990-91 el Programa Mediambiental de les Nacions Unides (UNEP) va reprendre el tema convocant grups d'anàlisi i revisió per a aconseguir una millor aproximació al problema. El resultat va ser adequar el marc conceptual amb una nova definició més explícita i la identificació més adequada de relacions de causalitat i de les directrius bàsiques per a abordar solucions.

En la Conferència de Rio de 1992 es va modificar aquesta nova definició de 1991 a fi d'incloure-hi, juntament amb les causes humanes, la vulnerabilitat natural de les zones afectades. Així la definició va afegir l'aspecte de "les variacions climàtiques" com una de les causes fonamentals en l'origen del procés.

■ EL CONVENI DE NACIONS UNIDES DE LLUITA CONTRA LA DESERTIFICACIÓ

«APROXIMADAMENT EL 40% DE LA SUPERFÍCIE DE LA TERRA ESTÀ AMENAZADA PEL RISC DE DESERTIFICACIÓ, UN TERRITORI ON VIU EL 37% DE LA POBLACIÓ MUNDIAL.»

La temàtica de la desertificació va ser àmpliament debatuda en la Conferència de Nacions Unides sobre Medi Ambient i Desenvolupament (UNCED, Rio de Janeiro 1992), encara que la seua consideració no va arribar a l'èmfasi i l'atenció atorgats als problemes de pèrdua de biodiversitat o a l'amenaça de canvi climàtic.

En qualsevol cas, el 1993, en la sessió 47a de l'Assemblea General de Nacions Unides, es va adoptar la resolució 47/188 en què s'exposava el compromís de Nacions Unides de

constituir un "Comitè intergovernamental per a l'elaboració d'un conveni internacional per a combatre la desertificació en aquells països afectats per greus problemes de sequera i/o desertificació, particularment a Àfrica".

La primera reunió del Comitè Intergovernamental creat a l'efecte es va celebrar a Nairobi aquell mateix any. La primera part d'aquesta conferència es va dedicar sobretot a exposar la situació dels països afectats pels processos de desertificació, la qual cosa va permetre conèixer la dimensió del problema en termes globals, així com la seua variabilitat i complexitat. En la segona part de la reunió es va elaborar un pla de treball preliminar per al desenvolupament del Conveni, i es va acordar prioritzar les accions als països africans, sense detriment que foren també considerades propostes d'accions dirigides a altres països i regions afectats pels processos de desertificació.

DEFINICIONS DEL CONVENI

- a) per “desertificació” s’entén la degradació de les terres de zones àrides, semiàrides i subhúmedes seques com a resultat de diversos factors com ara les variacions climàtiques i les activitats humanes;
- b) per “lluita contra la desertificació” s’entén les activitats que formen part d’un aprofitament integrat de la terra de les zones àrides, semiàrides i subhúmedes seques per al desenvolupament sostenible i que tenen per objecte:
- i) la prevenció o la reducció de la degradació de les terres,
 - ii) la rehabilitació de terres parcialment degradades, i
 - iii) la recuperació de terres desertificades;
- c) per “sequera” s’entén el fenomen que es produeix naturalment quan les pluges han estat considerablement inferiors als nivells normals registrats, i han causat un agut desequilibri hídric que perjudica els sistemes de producció de recursos de terres;
- d) per “mitigació dels efectes de la sequera” s’entén les activitats relatives al pronòstic de la sequera i adreçades a reduir la vulnerabilitat de la societat i dels sistemes naturals a la sequera per tot el que fa a la lluita contra la desertificació;
- e) per “terra” s’entén el sistema bioprodutiu terrestre que comprèn el sòl, la vegetació, altres components de la biota i els processos ecològics i hidrològics que es desenvolupen dins del sistema;
- f) per “degradació de les terres” s’entén la reducció o la pèrdua de la productivitat biològica o econòmica i la complexitat de les terres agrícoles de secà, les terres de cultiu de regadiu o les deveses, les pastures, els boscos i les terres arbrades, ocasionada, en zones àrides, semiàrides i subhúmedes seques, pels sistemes d’utilització de la terra o per un procés o una combinació de processos, inclosos els resultants d’activitats humanes i models de poblament, com ara:
- i) l’erosió del sòl causada pel vent o l’aigua;
 - ii) la deterioració de les propietats físiques, químiques i biològiques o de les propietats econòmiques del sòl,
 - iii) la pèrdua duradora de vegetació natural;
- g) per “zones àrides, semiàrides i subhúmedes seques” s’entén aquelles zones en què la proporció entre la precipitació anual i l’evapotranspiració potencial és compresa entre 0,05 a 0,65, excloses les regions polars i subpolars.



© Bertomeu Borrell

D’aquesta manera va començar un procés que va acabar a París, l’any 1994, amb la redacció i presentació oficial del “Conveni de Nacions Unides de Lluita contra la Desertificació” (a partir d’ara CLD). El CLD es va posar en marxa oficialment el 26 de desembre de 1996, quan va ser ratificat per 70 països, entre ells Espanya.

El Conveni, amb els seus 40 articles i quatre annexos regionals, s’adreça fonamentalment a l’objectiu global de “combatre la desertificació i mitigar els efectes de la sequera” i estableix estratègies noves en la legislació internacional sobre el medi ambient.

L’annex IV estableix el pla general d’actuació per a la conca mediterrània. Un aspecte molt important contingut en aquest annex és el compromís dels països afectats pels processos de desertificació de desenvolupar el seu propi pla nacional de lluita contra la desertificació. Responsabilitat que, en el nostre país, correspon inicialment a la Direcció General de Conservació de la Naturalesa, del Ministeri de Medi Ambient.

■ LA DESERTIFICACIÓ AL MEDITERRANI EUROPEU

La regió del Mediterrani Nord constitueix un complex mosaic de variats paisatges. Una gran part de la regió és semiàrida i està sotmesa a sequeres estacionals, gran variabilitat de la pluviositat o sobtats i inten-



Les Nacions Unides van estimar l'any 1991 que l'erosió destrueix entre el 0,2 i el 0,5% de les terres de cultiu del món cada any. No obstant això, al mateix temps que la degradació del sòl avançava a passos de gegant, la producció mundial d'aliments continuava augmentant gràcies a la combinació de l'ús de fertilitzants, l'expansió del regadiu i l'aparició de mètodes de gestió agrícola més productius, avenços que han emmascarat els efectes de l'erosió i degradació dels sòls.

sons ruixats. Es caracteritza per l'explotació continuada del territori des de fa més de 8.000 anys, per l'elevada densitat de població, per la producció agrícola intensiva, per les grans concentracions industrials, per ser una important destinació turística,... A tot això caldria afegir la terrible escalada d'incendis forestals que en el període de 1976 a 1999, i en el cas concret de la Comunitat Valenciana, va arrasar dos terços de la superfície forestal.

La degradació de les terres al Mediterrani es relaciona amb freqüència amb pràctiques agrícoles inadequades o amb la utilització de zones marginals en principi poc aptes per a l'agricultura. En aquestes condicions el terreny s'erosiona, perd matèria orgànica, se salinitza i, gradualment, disminueix la seua capacitat productiva com a resposta a aquesta combinació de riscos naturals –sequeres, inundacions, incendis forestals– i a les esmentades activitats humanes. Contribueixen a agreujar la situació els canvis socioeconòmics i l'estat de crisi i abandó que en

RESUM DEL CONVENI

El text del Conveni inclou quaranta articles distribuïts en sis seccions:

- Introducció i definicions (articles 1-3).
- Obligacions generals dels països afectats, dels països desenvolupats no afectats, prioritat per a Àfrica i relació amb altres convenis (articles 4-8).
- Programes d'acció, cooperació científica i tècnica i mesures de suport, incloent-hi recursos i mecanismes financers (articles 9-21).
- Institucions per al desenvolupament del conveni (articles 22-25).
- Procediments, resolució de controvèrsies, rang jurídic dels annexos, esmenes al conveni i dret de vot (articles 26-32).
- Disposicions finals, signatura, ratificació, entrada en vigor i denúncia (articles 33-40).

Hi ha quatre annexos d'aplicació regional, de diferent extensió i complexitat: Àfrica, Àsia, Llatinoamèrica, i el Mediterrani nord; als quals recentment se'n va afegir un cinquè per als països del centre i est d'Europa.

El conveni atorga especial atenció a Àfrica, i conté una resolució d'accions urgents per a aquest continent acordada al juny de 1994.

Entre les mesures proposades pel conveni, es troben les següents:

- Els països han de difondre la informació recollida en el conveni i promoure el coneixement públic de les accions que s'hi proposen.
- Els governs dels països afectats han de redactar els seus programes d'acció nacional per a combatre la desertificació.

Els països desenvolupats han de prestar el seu suport a la preparació dels programes d'acció nacional i ajudar a executar les mesures específiques identificades en els programes nacionals.

La secretaria del conveni és una entitat independent amb seu a Bonn (Alemanya) encarregada, entre altres tasques, d'organitzar reunions internacionals, de recopilar i difondre d'informació, i de facilitar accions urgents per a Àfrica.

La Conferència de les Parts (COP) és el màxim òrgan decisor del conveni. La COP ha establert també un Comitè de Ciència i Tecnologia compost per representants governamentals competents en els distints camps rellevants per a la desertificació. La COP compta amb un panell d'experts independents, als quals es consulta per a treballar sobre temes específics.





Distribució geogràfica de les àrees en perill de desertificació en l'Europa Mediterrània (YASSOGLU, N.: "Soil Degradation and Desertification". RUBIO et al. (Eds.): *Key Notes of the Third International Congress of the European Society for Soil Conservation "Man and Soil at the Third Millennium"*. València, 28 de març - 1 d'abril, 2000. 133-144).

aquests últims anys ha travessat l'agricultura tradicional, amb les consegüents migracions de les zones rurals a les urbanes.

L'excessiu ús de plaguicides, fertilitzants, els regadius mal planificats i la contaminació industrial i urbana estan minant a llarg termini la salut dels sòls de la regió. L'espectacular i mantingut creixement de les activitats econòmiques al llarg de la costa mediterrània, com la indústria de l'oci, el turisme, l'agricultura intensiva i altres activitats industrials imposen inusitades tensions a aquestes zones –sobretot quant al règim hídric–, que accentuen els riscos de salinització.

■ INTERACCIONS ENTRE CANVI CLIMÀTIC, BIODIVERSITAT I DESERTIFICACIÓ

Els riscos de desertificació a les zones més àrides del planeta (incloent-hi la conca del Mediterrani) i la comprovada tendència d'escalfament global de la Terra són processos a gran escala, amb mecanismes de retroalimentació i d'interacció d'importants i impredecibles conseqüències. La previsió de l'evolució dels principals paràmetres climàtics, tant a escala regional com a escala global, encara no és consistent, a pesar de l'enorme esforç que esmercen els centres més prestigiosos del món, i de l'aprofitament de les tecnologies més sofisticades actualment disponibles.

Hi ha el que podríem denominar "fets", dades quantificades i reiteradament comprovades, que ens mostren que, durant aquest segle, la terra ha augmen-

tat la seua temperatura mitjana global en 0,6 °C. Altres fets comprovats són l'augment en la concentració de diòxid de carboni i d'altres gasos d'efecte hivernacle, com el metà i els òxids de nitrogen, a l'atmosfera.

D'aquests fets, se'n deriven importants conseqüències. Una de les quals, potser la més greu, seria que estem afectant i alterant els sistemes de regulació climàtica, que són els que bàsicament fan possible la vida a la terra.

En el terreny de les prediccions, per a la conca mediterrània hi ha un consens que apunta cap a un increment de la temperatura mitjana anual, que se situaria entre 1 i 3 °C, una reducció de les precipitacions, un augment dels fenòmens climàtics extrems, com les pluges torrencials i els forts vents, una major incidència de períodes de sequera, i una reducció generalitzada de les reserves d'humitat del sòl.

L'estudi del sòl i de la seua dinàmica en el passat ens indica que el possible canvi climàtic als països mediterranis ens portaria a una major aridificació del nostre territori. Algunes de les possibles conseqüències negatives podrien ser: increments en els processos erosius i en la freqüència i extensió dels incendis forestals, i augment en l'evapotranspiració, amb el consegüent increment en la salinització del sòl. Aquests efectes comporten un evident augment en els riscos de desertificació, ja de per si importants en l'àrea mediterrània.

Una disminució en el potencial del sòl com a



suport de funcions biològiques portaria a processos de readaptació (fisiològics i de conducta) a les noves circumstàncies i també de pèrdua de biodiversitat, perquè ens situaríem en medis amb paràmetres físics, químics i biològics alterats. La regulació del subministrament i reserva d'aigua, l'aportació de nutrients i la degradació estructural serien algunes de les circumstàncies edàfiques que incidirien en els nivells de riquesa en biodiversitat.

Un aspecte molt menys conegut, però no per això menys important i amb múltiples conseqüències, encara no ben avaluades, és el de la influència de la degradació dels sòls en l'escalfament global. A les zones degradades/desertificades es produeix una certa distorsió de l'equilibri de fluxos d'energia i compostos entre els sòls i l'atmosfera. Un dels efectes que es poden originar és l'augment de la reflexió de les radiacions solars, cosa que comporta, en algunes situacions, la reducció de les precipitacions convectives. Un altre efecte és l'augment del rang d'oscil·lacions diàries i estacionals de les temperatures a la superfície del sòl, la qual cosa origina dificultats en la capacitat de regeneració de la cobertura vegetal a causa de les majors tensions tèrmiques. La disminució de la vegetació a les zones degradades limita l'aportació de les anomenades precipitacions horitzontals perquè es redueixen les superfícies de condensació (rosada, boirines, etc.).

Hi ha altres nombroses funcions i processos que influeixen almenys en els paràmetres microclimàtics de les zones amb sòl degradat, i que incideixen en el canvi climàtic. Entre aquests és important destacar-ne un, el que es refereix al paper del sòl com a regulador del cicle de nombrosos gasos d'efecte hivernacle, com el diòxid de carboni.

El sòl és un dipòsit natural de quantitats ingents de carboni orgànic. S'estima en uns 55 bilions de tones el carboni orgànic acumulat en el conjunt dels sòls terrestres. Comparativament, s'estima que les emissions de carboni a l'atmosfera com a conseqüència de l'ús dels combustibles fòssils són de 5-6 bilions de tones anuals.

Aquestes xifres parlen per si soles i destaquen el paper del sòl com a emissor i com a embornal d'un dels gasos més rellevants en el procés d'escalfament global. D'altra banda, si en condicions normals el sis-

tema sòl actua regulant i amortint el cicle del carboni, quan el sòl es degrada l'equilibri s'altera i es propicia l'emissió a l'atmosfera de quantitats que, globalment, s'estimen en més de la meitat del carboni emès per l'activitat dels països industrialitzats.

La degradació del sòl i la pèrdua de carboni es produeix a través de nombrosos processos de desertificació que inclouen, entre altres: pràctiques agrícoles (abús de la crema de rostolls, conreu excessiu) o forestals inadequades (artigues, eliminació del matoll, incendis), erosió del sòl (per exemple en l'agricultura de secà abandonada), obres públiques mal planificades, inapropiada ordenació del territori, etc.

La disminució en matèria orgànica del sòl pot incrementar-ne la vulnerabilitat a l'erosió, als processos d'encrostant i compactació i a altres processos degradatius. D'altra banda, els increments en les ja de per si elevades taxes d'evapotranspiració agreujarien els riscos de salinització.

Tots aquests arguments posen de relleu l'estreta interconnexió entre els factors climàtics, els processos de desertificació i la diversitat biològica, almenys a les zones àrides, semiàrides i

seques-subhúmedes del planeta, la qual cosa fa necessari desenvolupar plantejaments globals i integrats per a la prevenció de les conseqüències negatives del canvi global.



* President de la Societat Europea de Conservació de Sòls (ESSC); Centre d'Investigacions sobre Desertificació - CIDE (CSIC, Universitat de València, Generalitat Valenciana)

BIBLIOGRAFIA:

- AUBREVILLE, A.: *Climats, forêts et désertification de l'Afrique tropicale*. Soc. de Editions Géographiques Maritimes et Coloniales. París, 1949.
- CARTER, V.G.; DALE, T.: *Topsoil and civilization*. Univ. Oklahoma Press, 1955.
- "Convenio de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación en los Países Afectados por Sequía Grave o Desertificación, en particular en África". Secretaría de la Convención de las Naciones Unidas de Lluita contra la Desertificació, 1999. <http://www.unccd.de>
- CCD- FI 14 "Convenio de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación en los Países Afectados por Sequía Grave o Desertificación, en particular en África". Secretaría de la Convención de las Naciones Unidas de Lluita contra la Desertificació; fitxa informativa 14, 1999.
- FANTECHI, R.; PETER, D.; BALABANIS, P.; RUBIO, J. L.: *Desertification in a European context: Physical and socio-economic aspects. Proceedings of the European School of Climatology and Natural Hazards Course* (el Campello, del 6 al 13 d'octubre de 1993). Oficina de publicacions oficials de la Comunitat Europea, EUR 15415 EN, Luxemburg, 1995.
- RUBIO, J. L.; CALVO, A. (eds.): *Soil degradation and desertification in Mediterranean environments*. Geoforma Ediciones. Logronyo, 1996.
- UNEP: *Desertification revisited*. UNEP, Nairobi, 1990.

«UN ASPECTE MOLT MENYS CONEGUT, PERÒ NO PER AIXÒ MENYS IMPORTANT I AMB MÚLTIPLES CONSEQÜÈNCIES, ENCARA NO BEN AVALUADES, ÉS EL DE LA INFLUÈNCIA DE LA DEGRADACIÓ DELS SÒLS EN L'ESCALFAMENT GLOBAL»



El caràcter sostenible d'una explotació forestal ve donat per la comparació entre la velocitat d'extracció de fusta i la velocitat de recuperació natural del bosc. Si la primera és menor, l'explotació és sostenible. Si és major, l'explotació no és sostenible i el bosc es degradarà i desapareixerà en unes dècades.

© Albert Miró

CANVI GLOBAL I SOSTENIBILITAT

Ramon Folch*

GLOBAL CHANGE AND SUSTAINABILITY. THE NEO-LIBERAL MODEL, DISHONEST GLOBALISER AND CLEARLY UNSUSTAINABLE, IS BASED ON A LOCAL STRATEGY OF GLOBALISING SOME MARKETS. THE DEVELOPED COUNTRIES ARE CONSIDERED AS EVIDENT WINNERS OF SUCH A PROCESS. IT IS, THEN, NECESSARY TO BUILD AN ALTERNATIVE THAT ALLOWS US TO MOVE FORWARD TO A WORLD ADJUSTED TO THE ECONOMIC, SOCIAL AND ENVIRONMENTALLY SUSTAINABLE PRINCIPLES.

Globalitzar l'economia és molt més que mundialitzar els mercats. Comecem per aquí. La principal dificultat de l'actual globalització econòmica és que no existeix, em sembla. Segurament deu ser molt agosarat afirmar-ho, és clar. Sona a plat trencat, a *boutade* per a cridar l'atenció, ara que els carrers, justament, s'omplen de manifestants antiglobalització. Que soni com vulgui: penso que no tenim globalització de l'economia mundial ni res que se li assembli. En efecte, se'm fa incomprensible que d'una miserable estratègia localista de mundialització d'alguns mercats més o menys captius se'n digui globalització. Trobo que fins i tot mundialització és un terme excessiu, de fet. La globalització, per força, ha de ser una altra cosa.

■ QUÈ VOL DIR 'GLOBAL'?

L'exaltació de l'efecte hivernacle com a conseqüència de la combustió a l'engròs de carbó i d'hidrocarburs és un fenomen global. En realitat, tota l'atmosfera és un fenomen global, aquest sí. Per

això, atmosfera i efecte hivernacle constitueixen un referent excel·lent a l'hora de parlar de globalitzacions veritables. Al llarg de milions d'anys, els gasos despresos per la Terra i retinguts gravitatoriament han anat conformant, globalment, aquest tel eteri que embolcalla el planeta, una de les seves singularitats més vistents.

L'atmosfera primitiva –ja com ara– era un abocador, un espantable indret carregat d'oxigen, gas letal per als primigenis organismes anaerobis, que miraven de mantenir-se'n allunyats. Una amenaça per als anaerobis i una oportunitat per als aerobis, és clar, que trobaren la manera de fer de la necessitat virtut. Al final, diòxid de carboni, oxigen i vida arribaren a un compromís que encara dura, accentuat pels benèfics efectes filtradors de radiacions i moduladors dels salts tèrmics dispensats per la bombolla gasosa. Una bombolla nascuda de les emanacions i fixacions globals, globalment compartida i admirablement regulada: a altitud constant, l'aire té la mateixa composició arreu del planeta (contaminacions a banda, naturalment). L'atmosfera està de debò globalitzada.



I les nostres emissions gasoses, també. A la vertical de cada país hi ha escreixos de CO₂ de paternitat impossible de determinar. D'on procedeix cada molècula dels gasos atmosfèrics? No es pot saber, perquè el sistema està globalitzat, hi ha una lliure circulació absoluta, i des de fa mil·lennis, a més. I com que el sistema està globalitzat, també està globalitzat el problema de les nostres emissions excessives. Un cop abocats localment els gasos, se'n globalitzen les conseqüències. I les responsabilitats? Les responsabilitats, segons sembla, ni es globalitzen, ni es localitzen: es dissolen...

Es dissolen, en efecte. Per això els Estats Units es neguen, escandalosament, a fer-se càrrec dels seus abocaments. Si les molècules de CO₂ portessin banderetes, el món sencer seria un voleiar constant de barres i estrelles... Recordem-ho: els Estats Units emeten el 36% del total mundial de gasos-hivernacle (diòxid de carboni, metà i d'altres de menys importants), en concret 21 tones de CO₂ per habitant i any. Segons el Protocol de Kioto –a qui el 2007 arribéssim a uns

nivells d'emissió global d'un 5,2% menys que el 1990 i, així, tornéssim a poc a poc a la "normalitat"–, els Estats Units haurien de reduir les seves emissions fins situar-les un 7% per sota de les de 1990. La realitat és que l'any 2000 van emetre un 11% més que el 1990...

De quina globalització parlem, doncs? El Brasil, un país diguem-ne emergent i no gaire mirat en qüestions ambientals, emet 1,6 tones de CO₂ per habitant i any, és a dir que calen tretze brasilers per a emetre com un sol nord-americà. Però brasilers i nord-americans respiren de la mateixa atmosfera, sota el mateix efecte hivernacle en exaltació creixent. Per no parlar d'equatorians, albanesos o mauritans, és clar. El problema sí que està globalitzat, doncs; la responsabilitat de les actuacions, no.

■ GLOBALITZACIÓ, MÉS QUE ECOLOGIA

Així que de global de debò només tenim, de moment, el sistema planetari, el medi atmosfèric, la bios-



© Bartomeu Borrell

El model industrial convencional ha considerat que l'atmosfera i els mars dilueixen la contaminació. De manera que els residus líquids s'abocaven a corrents d'aigua o directament als mars, mentre que els residus gasosos s'emeten per ximeneies que, en alguns casos, superaven els cent metres d'altura.





fera en definitiva. L'estratègia productiva de la societat industrial s'ha basat tradicionalment en el creixement de la facturació i en l'externalització del màxim nombre possible de costos, els ambientals per començar. Ara la mundialització permet –ens permet– importar més recursos encara que abans, exportar com mai abans i externalitzar encara més conflictes que abans, tot plegat a costa de comprometre més i més les possibilitats d'una globalització veritable.

Per això la veritable globalització plena és l'objectiu final de l'opció sostenibilista. La sostenibilitat és un procés d'internalització de paràmetres, cosa que, a la llarga, no es pot aconseguir, si no és instaurant un sistema productiu i de distribució global. Altra cosa és que a tot arreu es pugui trobar de tot. Això és l'eficàcia del comerç, no pas la mundialització de l'economia. I no és nou, a més. La Ruta de la Seda ja duia productes d'un cap a l'altre de món, les caravanes de mercaders fa segles que travessen els deserts i les companyies d'Índies, angleses o holandeses, tant se val, segles enrere ja solcaven els oceans de cap a cap. Ara ha crescut la intensitat del procés, però no n'ha variat gaire la natura, al capdavant.

Naturalment que hi ha diferències i que, no ja els productes valuosos, sinó el més banal dels objectes quotidians ve de qui sap on, però això, en el fons, no és qualitativament nou. El canvi de debò està en les companyies que governen aquests processos, en la seva estructura empresarial, en la procedència dels seus capitals i en les seves estratègies de producció i de venda. El canvi consisteix en la concentració local de poder d'aquestes imponents transnacionals i en la millora dels processos per a imposar les seves estratègies localistes. Internet funciona com un sistema global; les transnacionals, no.

El cas és que la idea de “desenvolupament” ha permès dividir falsament la humanitat en dos grans grups: d'una banda, els països industrialitzats o desenvolupats i, d'una altra, els països no ben bé, escassament o gens ni mica industrialitzats, que són, segons aquesta lògica, els subdesenvolupats. Això comporta que cultures mil·lenàries, com les asiàtiques, caiguin en el descrèdit subdesenvolupista. De manera ben injusta, perquè certament són pobres, però de cap manera subdesenvolupades. Així que industrialitzat, ric i occidental esdevenen, subliminal-

ment, termes correlatius de progrés i desenvolupament, mentre que l'immens bagatge cultural d'una part considerable de la humanitat –amb expressa inclusió de molta saviesa empírica sobre l'ús dels recursos naturals, per cert– es veu arraconat per la ventada desenvolupista, prou sovint operada per grandíssims bàrbars simplement dotats de maquinària potent o de ressorts financers decisius.

En aquest context simplista i fins i tot pervers, la globalització neoliberal seria el nou evangeli a què s'haurien de doblegar els gentils subdesenvolupats. Res de nou, un cop més: els rics del nord ja fa temps que enviem missioners a posar les idees dels altres en ordre. Només que ara les esglésies matrius són societats mercantils, més interessades a tenir clients que conversions. La vandalització ambiental que se'n segueix és certament enorme i coneguda, des dels camps de petroli nigerians, a les selves tropicals, pas-

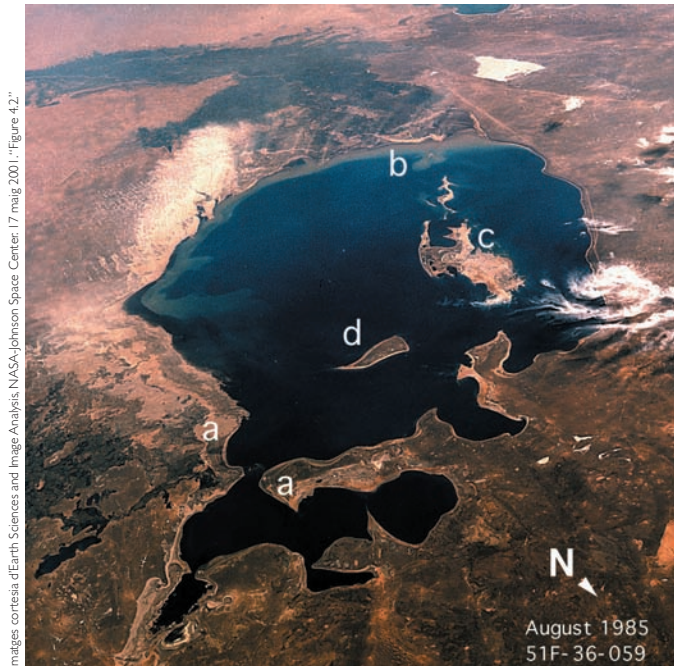
sant pels abocaments i cementiris de residus una mica per tot arreu, però no tan brutal com la social. Per això la indignació ecologista, que s'està desplaçant de les balenes a les pasteres, camina cap a una més ampla santa indignació civil. Dit d'una altra manera: quan a Frankfurt o a Filadèlfia es pugui pagar el diari amb francs rwandesos o amb ringgits malaisis, i quan el preu del cafè o del cacau no es fixi a la borsa de productes de Chicago, la globalització de

l'economia començarà a ser veritat.

«L'ESTRATÈGIA PRODUCTIVA DE LA SOCIETAT INDUSTRIAL S'HA BASAT TRADICIONALMENT EN EL CREIXEMENT DE LA FACTURACIÓ I EN L'EXTERNALITZACIÓ DEL MÀXIM NOMBRE POSSIBLE DE COSTOS, ELS AMBIENTALS PER COMENÇAR»

■ EL FÒRUM SOCIAL MUNDIAL, UN ANUNCI

La municipalitat de Porto Alegre m'encarregà un projecte ambiental la primavera de 1994, projecte amb el qual vaig estar involucrat durant tres anys. Aleshores fou que vaig conèixer –poc, tot s'ha de dir– Olivio Dutra, Raul Pont i Tarso Genro, que per a Europa i en aquella època només eren, o havien estat, uns desconeguts alcaldes d'una quasi ignorada ciutat de l'altre cap de món. Quan jo explicava per aquí que a Porto Alegre els pressupostos municipals es redactaven, discutien i aprovaven en assemblees populars, la gent no s'ho creia. I quan deia que el PT (Partido dos Trabalhadores) era una organització d'esquerra marxista en el poder municipal i estatal –autonòmic, diríem nosaltres– que anava en alça incontenible, ja tothom em prenia



Imatges cortsia d'Earth Sciences and Image Analysis, NASA-Johnson Space Center. 17 maig 2001. "Figure 4.2."

Durant la dècada de 1950, el Govern de l'URSS va decidir crear una zona de regadiu per a conrear cotó. Per a això van utilitzar l'aigua de dos grans rius de l'Àsia Central que desaiguaven al mar d'Aral. El 1980, l'aigua aportada pels rius a aquest mar s'havia reduït a la cinquena part i, el 1990, a la desena part. El nivell del mar d'Aral es trobava l'any 1995 15 metres per davall del nivell de mitjan segle XX, i la seua superfície s'havia reduït a menys de la meitat.

per boig. Olivio Dutra governa actualment l'estat de Rio Grande do Sul, Tarso Genro ocupa novament l'alcaldia de la ciutat i el seu company Luiz Inacio "Lula" da Silva és un dels més fermes candidats a ocupar la presidència del Brasil en les properes eleccions.

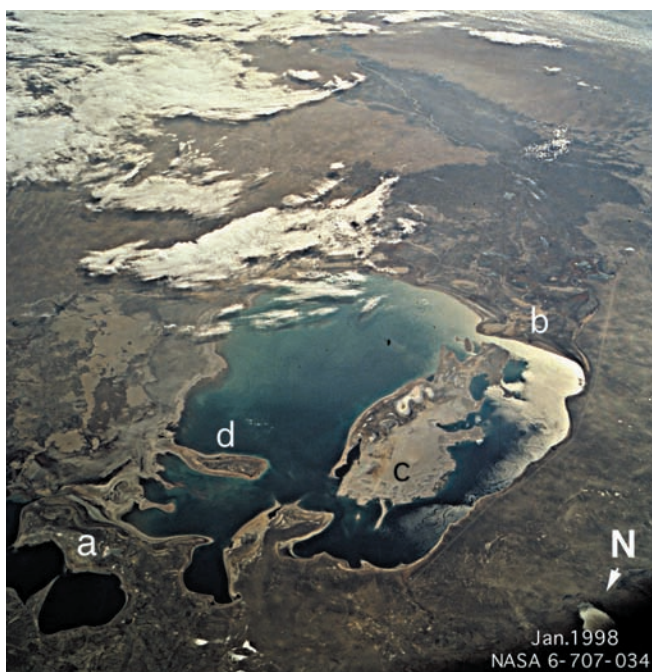
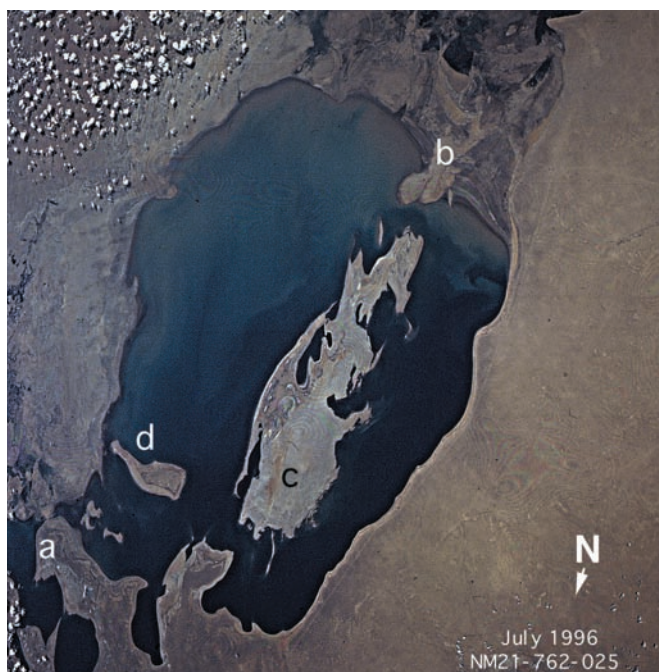
No cal estranyar-se, doncs, que a François Hollande, primer secretari del PS francès, se'l mengés l'envveja a Porto Alegre: "Si a nosaltres ens aclamessin així...", digué en veure "Lula" en olor de multituds. No els aclamen així, i tant que no, i això que aleshores no podia ni imaginar la desfeta electoral que sofriria el PS a penes tres mesos més tard... El cas és que, a Porto Alegre, Samir Amin, als seus reposats setanta anys llargs, no s'estava de col·locar Bush, Blair i Schroeder en el mateix bloc ideològic, òbviament el de la dreta o, a tot estirar, el del centre liberal, que són si fa no fa el mateix, vistos des del Sud. I és que el moll de l'assumpte, en el fons, és prou clar: distintes ales d'un pensament acomodaticí de dreta s'han apoderat de la classe política occidental quasi

del tot, a la vista de la qual cosa, i després d'uns anys de desconcertada estupefacció, el món comença a reaccionar i a engegar-los a dida.

El Fòrum Social Mundial és un toc d'atenció al respecte. La novetat absoluta és l'estret maridatge que aquesta neoesquerra emergent —és dir, l'esquerra de tota la vida posada a l'alçada de les circumstàncies— és una esquerra ecosocialista o, potser millor, una esquerra sostenible. Aquest "altre món possible" —per millor, no simplement per distint— que reclama Porto Alegre és un món ajustat als principis de la sostenibilitat econòmica, social i ambiental, és a dir de la

sostenibilitat *tout court*. El mateix FSM ha assumit aquests principis en la darrera segona edició celebrada enguany, perquè la qüestió restà en un pla menor aleshores de la primera convocatòria, l'any 2001. Ara, aquest altre món possible que invoca l'eslògan del FSM ja es basa en gran mesura en els principis sostenibilistes que, tímidament, comencaren a treure el cap a Rio de l'any 1992.

«LA VELLA IDEA PROGRESSISTA DE REDISTRIBUIR AMB EQUITAT ES VEU ARRODONIDA AMB EL PRINCIPI DE PRODUIR NOMÉS EL QUE SIGUI RAONABLEMENT NECESSARI I AMB EL MENOR NOMBRE POSSIBLE D'EXTERNALITZACIONS DISTORSIONADORES»



La vella idea progressista de redistribuir amb equitat es veu d'aquesta manera arrodonida amb el principi de produir només el que sigui raonablement necessari i amb el menor nombre possible d'externalitzacions distorsionadores. Això trastoca el model d'una societat de consumidors que fan funcionar la màquina econòmica –l'ideal neoliberal, més o menys–, per a anar a l'encalç d'un sistema productiu més sensat que, a l'inrevés, es posa al servei de la societat a fi de satisfer les seves necessitats sense segar-li l'herba sota els peus. Si, com diuen els orientals, la felicitat és l'absència de desig, el model neoliberal falsament globalitzador deu ser la quintaessència de la infelicitat, car es basa en la constant renovació de desigs inabastables. En un món de recursos limitats, demografia globalment creixent i expectatives personals en augment confondre la bona marxa econòmica amb el creixement de la facturació és un error estratègic colossal. Per això el model sostenibilista en un món d'economia veritablement globalitzada és més que desitjable: segurament deu ser inevitable.

Tanmateix, és difícil pensar que el bigarrat ventall de tipus, actituds i proclames que s'expressà a Porto Alegre constitueixi una alternativa. No ho és. És un anunci. És l'anunci de l'alternativa. Veure la sociòloga Saskia Sassen, estudiosa de les ciutats globals, el lingüista Noam Chomsky, que ve a ser l'esquerra dels Estats Units ell tot sol, o el periodista Ignacio Ramonet, director de *Le Monde Diplomatique*, analitzant l'estat de l'art davant d'un atent auditori de milers de

persones de tota edat i condició, fa pensar. O també a José Saramago, Rigoberta Menchú, Adolfo Pérez Esquivel o el ja esmentat Samir Amin, per afegir només alguns dels molts pensadors activament presents al FSM d'enguany. No pot ser que cinquanta mil persones, moltes de les quals carregades d'obligacions i compromisos, es desplacin a Porto Alegre sense un motiu molt poderós. El rescat de l'equitat social i de la sensatesa productiva global certament que n'és.

Ara bé, aquest anunci no donarà pas a l'alternativa de debò sense l'oportuna concertació de moltes destres professionals. Vull dir que al succés que al succés ha de seguir el procés, la laboriosa seqüència de gests creatius i productius que presenta tot sistema que realment funciona. Però al servei de les noves idees sostenibilistes, naturalment. Un professor amic acabat d'arribar de Harvard em deia que els seus tibats col·legues es mostraven indiferents tant a Davos com a Porto Alegre: "qui en sap, som nosaltres", diu que li comentaven, creguts, a la factoria de premis Nobel. Doncs em sembla que no. L'autisme tautològic dels forats negres del coneixement no mena per a res a l'autèntica saviesa, em sembla. Justament per això en el món neoliberal falsament globalitzat i clarament insostenible sobren destres –i sinistres...– i manquen savis. El que ens cal són savis bons i operatius. Doctes insensibles al servei del millor postor –que sol ser el pitjor–, ens en sobren. Trobo. ©

*Doctor en biologia, socioecòleg, director d'ERF.

ELS COMPOSTOS ORGÀNICS PERSISTENTS A LA BIOSFERA: L'ENEMIC GLOBAL I INVISIBLE

Joan O. Grimalt*

PERSISTENT ORGANIC POLLUTANTS AND THEIR ACCUMULATION IN THE BIOSPHERE. THE MANUFACTURE AND USE, SINCE 1940, OF A SERIES OF PESTICIDES AND INDUSTRIAL ORGANIC PRODUCTS WITH HIGH LEVELS OF CHLORINATION HAS LED TO THE BIO-ACCUMULATION IN THE BIOSPHERE OF THESE NON-DEGRADABLE, FAT-SOLUBLE AND TOXIC COMPOUNDS. DUE TO THEIR SEMI-VOLATILITY THEY SPREAD THROUGHOUT ALL ECOSYSTEMS, PRINCIPALLY THOSE LOCATED IN COLD PLACES. THESE PERSISTENT ORGANIC COMPOUNDS BIO-ACCUMULATE IN THE FOOD CHAIN AND ANIMALS, PARTICULARLY THE MAIN PREDATORS, WHICH SUFFER THEIR HARMFUL EFFECTS. HUMANS ARE INCLUDED IN THIS GROUP SINCE THESE COMPOUNDS ARE FOUND IN ALL INDIVIDUALS AT LOW CONCENTRATIONS, E.G. MICROGRAMS PER LITRE IN BLOOD. THUS, THE SCIENTIFIC COMMUNITY MUST IDENTIFY THE PROBLEMS DERIVED FROM LONG TERM EXPOSURE TO THESE COMPOUNDS IN HUMANS, ESPECIALLY IN SOME INDIVIDUALS OVER 50 YEARS OF AGE OR EVEN AT ALL DEVELOPMENT STAGES.

En el planeta existeixen compostos orgànics i inorgànics. Aquests darrers són formats per molècules relativament senzilles i, encara que es poden transformar les unes en les altres, els seus elements constituents no desapareixen mai. En canvi les molècules orgàniques, un cop alliberades al medi ambient, acaben essent oxidades a CO₂ i aigua. Només en els casos de molècules dipositades en ambients mancats d'oxigen se'n preserva una part important, per exemple en la formació de petroli o carbó.

Malgrat això, en els anys quaranta es començaren a utilitzar una sèrie de compostos d'alta estabilitat que no es degradaven i, un cop introduïts en el medi ambient, han donat lloc als contaminants orgànics persistents. Aquests compostos deuen gran part de la seva estabilitat química al fet de tenir àtoms de clor com a substituents, que tenen un gran volum i blinden la molècula contra un atac oxidant.

La majoria d'aquests compostos foren sintetitzats per a ésser utilitzats com a pesticides. Aquest és el cas dels insecticides DDT, lindà (γ -hexaclorociclohexà, γ -HCH), aldrín, toxafens, clordà, mirex, dieldrina i endrina. L'hexaclorobenzè fou utilitzat com a fungicida i enca-

ra es produeix com a subproducte en la fabricació de molts dissolvents orgànics clorats. En canvi, els políclorobifenils (PCB) es fabricaren per a ésser utilitzats com a dielèctrics en transformadors, retardants de flama, olis d'alta estabilitat tèrmica, etc. Alguns d'aquests compostos se sintetitzaren com a productes purs però sovint la producció i utilització es féu en forma de barreges, per exemple els PCB, els hexaclorociclohexans i els toxafens. Així el nombre de compostos introduïts al medi ambient va ser superior. En altres casos, aquests compostos han donat lloc a transformacions en altres productes, per exemple DDT en DDE, i això també augmentà el nombre total de contaminants orgànics persistents en els ecosistemes.

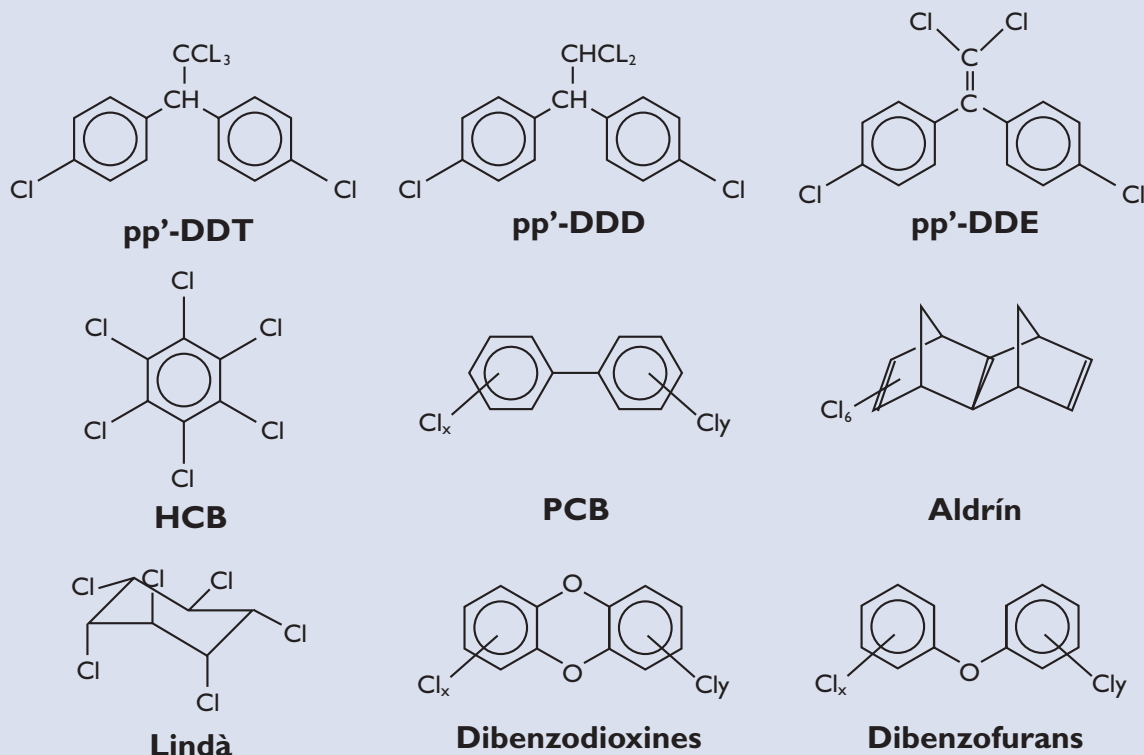
També s'han d'esmentar les dioxines i els dibenzofurans. Aquests compostos no es fabriquen expressament sinó que es generen a partir d'altres processos, per exemple la combustió de materials orgànics que tinguin àtoms de clor (qualsevol barreja de materials en té en petites quantitats) o també de processos industrials com certs tipus de blanqueig de pasta de paper.

Un altre grup és el constituït pels hidrocarburs aromàtics policíclics (HAP). Aquests no tenen àtoms de clor sinó que són

«...EN ELS ANYS 40 ES COMENÇAREN A UTILITZAR UNA SÈRIE DE COMPOSTOS D'ALTA ESTABILITAT QUE NO ES DEGRADAVEN I, UN COP INTRODUÏTS EN EL MEDI AMBIENT, HAN DONAT LLOC ALS CONTAMINANTS ORGÀNICS PERSISTENTS»



Algunes estructures dels contaminants orgànics persistents



Els compostos orgànics persistents són no degradables, liposolubles, semi-volàtils i tòxics. Per tant, es transporten per l'atmosfera, tendeixen a bioacumular-se al llarg de la cadena tròfica i produeixen efectes nocius fins i tot sobre organismes superiors que viuen en hàbitats llunyans a les zones de producció o ús.

formats per anells aromàtics (benzènics) fusionats. L'alta estabilitat química que es guanya com a resultat d'aquesta fusió també els dona propietats de contaminants orgànics persistents. Aquests compostos es produeixen majoritàriament en els processos de combustió (cotxes, centrals tèrmiques, incendis forestals, etc.) i també n'hi ha en el petroli. Per tant, els HAP, a diferència dels compostos organoclorats persistents, han estat sempre a la natura, ja que sempre hi ha hagut incendis i processos naturals que els produïen en petita proporció. Malgrat això, com a conseqüència de l'ús extensiu de combustibles fòssils per a produir energia engegat a mitjan segle XIX, el nivell d'aquests compostos en els ecosistemes ha augmentat uns quants ordres de magnitud (Fernández i altres, 2000).

Els compostos orgànics persistents són, a més a més, liposolubles, semivolàtils i tòxics. Per tant, es transporten per l'atmosfera, tendeixen a bioacumular-se al llarg de la cadena tròfica i produeixen efectes nocius fins i tot sobre organismes superiors que viuen en hàbitats llunyans a les zones de producció o ús.

Per aquesta raó, l'ús de la majoria d'aquests com-

postos és avui dia prohibit. Els països de la Unió Europea firmaren el conveni d'Estocolm (22-23 de maig del 2001) pel qual es comprometen a reduir o eliminar les emissions dels compostos orgànics persistents clorats, eliminar-ne l'ús en la majoria dels casos, investigar sobre la seva incidència en el medi ambient i la salut humana i altres mesures. És a dir, que en menys de seixanta anys després de l'inici del seu desenvolupament s'han hagut de prendre mesures totalment restrictives per a eliminar-los.

No obstant això, ens equivocaríem si pensem que aquests compostos són el resultat de les idees malèvols d'alguna ment perversa. Cal recordar que a l'inventor del DDT li donaren el premi Nobel. Aquest compost ha estat un dels insecticides més eficaços preparat per l'home. No hi ha dubte que ha salvat milions de vides perquè ha estat un agent essencial per a eliminar el mosquit *Anopheles*, el transmissor del paludisme (també conegut amb el nom de malària). A més a més, el DDT també ha estat eficaç en la salvació de molts d'espais naturals, especialment les zones humides. Aquestes zones eren conegudes com a

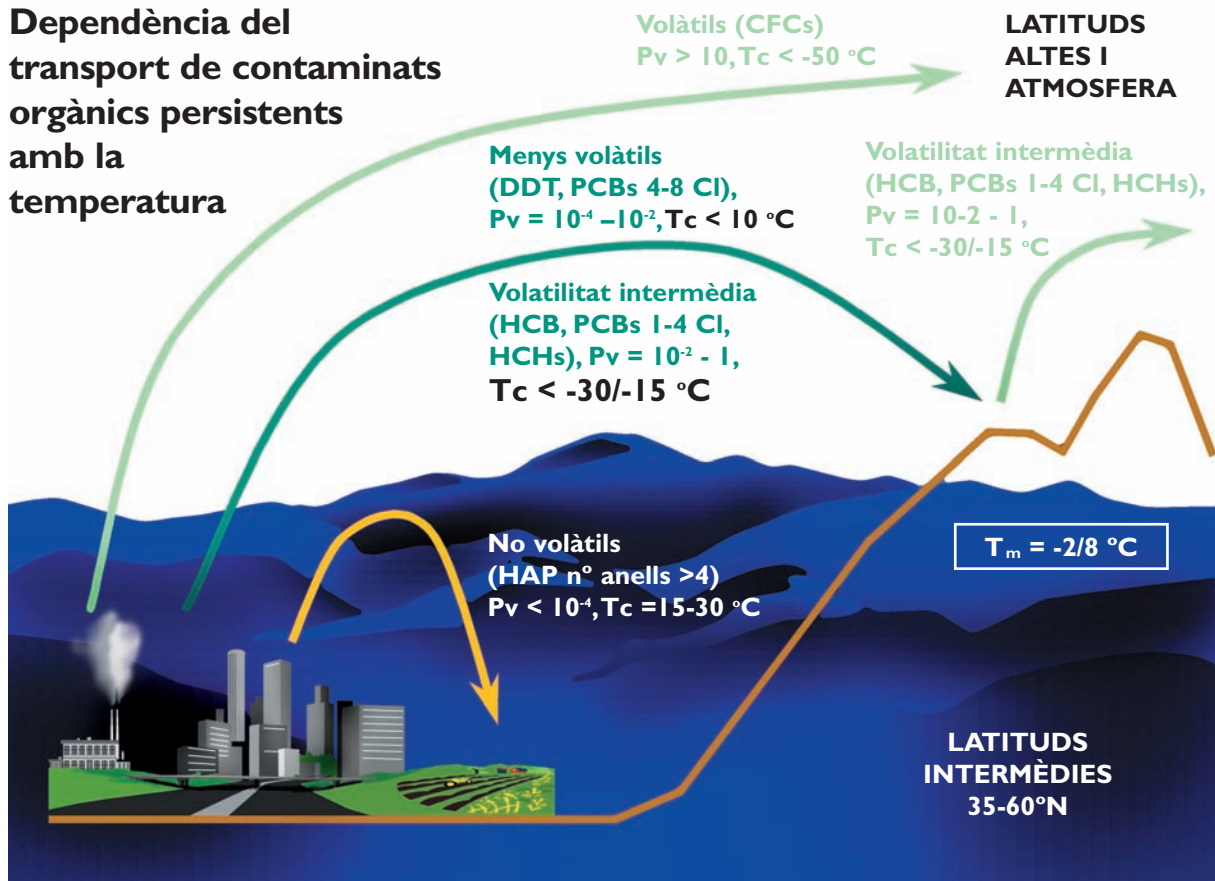
llocs on el paludisme era endèmic. Per tant, les mesures higièniques aplicades durant els segles XVIII, XIX i primers anys del XX consistien a assecar-les. Evidentment, carregar-se l'ecosistema solucionava el perill per a la població autòctona que hi vivia devora però aquesta mesura era aniquiladora i irreversible. Aquestes condicions de vida dura canviaren quan el DDT permeté eliminar el paludisme. Si avui podem apreciar la gran vàlua de l'Albufera de València, el Delta de l'Ebre o el Parc de Doñana, per esmentar alguns exemples, és perquè ja no representen cap perill per a l'home, i el DDT hi tingué un paper fonamental.

En tot cas, el DDT, a causa a la seva gran estabilitat i de les propietats característiques abans esmentades, s'ha estès per tot el planeta i ha entrat a les cadenes tròfiques, tot acumulant-se en la majoria d'organismes superiors. Els seus efectes encara estan per determinar en molts aspectes. L'any 1962, Rachel Carson escrigué un llibre, *Silent Spring*, que al·ludia als grans problemes que originava el DDT per als ocells. En molts casos s'havia vist que aquells que vivien exposats a DDT ponien els ous amb closques

molt més primes i per tant les postes es perdien amb més facilitat. L'àguila calba americana (l'àguila de l'escut dels EUA) va estar a punt d'extingir-se per aquesta causa. Doncs la Rachel Carson deia en el seu llibre que arribarà un dia en què, quan sigui primavera, hi haurà el silenci, perquè la desaparició de tots els ocells farà que la primavera sigui muda. Aquest llibre remogué moltes consciències i esdevingué una de les pedres fonamentals en el desenvolupament del moviment ecologista. De fet el DDT es prohibí en la majoria de països occidentals l'any 1972. I a poc a poc el seu ús s'ha anat restringint. Entre els factors determinants de la prohibició va influir la constatació que en mamífers de zones remotes on no s'havia utilitzat mai, per exemple balenes i óssos de zones àrtiques, es trobaren quantitats importants d'aquest compost.

Altres contaminants orgànics persistents han donat lloc a algunes de les pitjors intoxicacions conegudes a nivell humà. Aquest és el cas del Kurdistan turc devers l'any 1957, on, a causa d'uns episodis de fam, diversos països europeus hi enviaren gra de blat per a sembrar. Aquest gra estava tractat amb hexaclorobenzè per pre-

Dependència del transport de contaminants orgànics persistents amb la temperatura



El procés d'acumulació per efecte de condensació dels compostos orgànics persistents està basat en un procés d'evaporació (dilució) i posterior condensació (concentració) que no afecta solament aquestes zones llunyanes a latituds molt al nord sinó també les zones d'alta muntanya.



imatges cortesia USDA



Una part molt important dels compostos orgànics persistents se sintetitzaren per a ésser utilitzats com a plaguicides. Sota la iniciativa del Programa de les Nacions Unides per al Medi Ambient es negocia un conveni, no lliure de polèmica, per l'eliminació d'aquests contaminants. Aquesta polèmica té a veure amb la prohibició total de l'ús del DDT. Anualment es produeixen entre 300 i 500 milions de casos de malària, sobretot en països en vies de desenvolupament, i aquesta malaltia produeix entre 1 i 3 milions de morts, molts dels quals nens. Molts metges pensen que el DDT és l'arma més efectiva per al control de la malària i que, per tant, la seva eliminació seria un desastre per a aquests països.

servar-lo dels atacs dels fongs. No obstant això, la gent d'aquell país féu pa directament amb el gra rebut i, com a conseqüència, es produïren molts episodis de malformacions congènites, alta mortalitat en nadons i s'observà el desenvolupament d'una malaltia del fetge, la porfíria cutània tardana, que fins aleshores es pensava que únicament es devia a aspectes hereditaris. Aquest episodi mostrà que aquesta malaltia també es podia produir per exposició a contaminants, i en medicina es definí una nova malaltia, la porfíria túrcica, com una forma de porfíria cutània tardana deguda a la intoxicació per hexaclorobenzè. L'ús de l'hexaclorobenzè com a fungicida és prohibit en l'actualitat. L'episodi del Kurdistan turc tingué molt a veure amb la presa d'aquesta decisió.

La comunitat científica té en l'actualitat dos reptes principals en relació a aquests compostos. Esbrinar quin és el seu impacte sobre els ecosistemes de tot el planeta i quina la seva importància sobre la salut humana.

Com hem indicat anteriorment, les seves propietats específiques fan que es distribueixin per tot el planeta però és molt important saber per quins mecanismes, quins processos i on queden acumulats. Hem de pensar que parlem de compostos que un cop fabricats no es destrueixen de manera significativa. Això vol dir que hem posat a la natura uns compostos que per bé o per mal hi seran molt de temps. Queden atrapats majoritàriament prop del lloc on es produïren o utilitzaren? S'acumulen en zones llunyanes? S'acumulen a l'atmosfera, al mar, als continents? Com es transmeten dins de la cadena tròfica? Quins efectes nocius produeixen en els organismes. Aquestes preguntes són importants i encara estan pendents de resoldre en la gran majo-

ria dels casos. No obstant això, les darreres investigacions ja han permès definir algunes parts del problema.

Per exemple, la quantitat global de PCB produïda ha estat d'1,3 milions de tones, un 97% d'aquesta quantitat a l'hemisferi nord. La major part d'aquests compostos han quedat retinguts en els sòls de les zones on s'utilitzaren o es produïren, és a dir, en zones temperades. Malgrat això, una part d'aquests ha passat a l'atmosfera i s'ha acumulat en zones fredes. Com s'ha esmentat anteriorment, en les zones àrtiques hi ha una acumulació d'aquests compostos tal com correspon al fet que són les zones més fredes del planeta. Darrerament s'ha vist, emperò, que aquest procés d'acumulació per efecte de condensació no solament afecta aquestes zones llunyanes sinó també les zones d'alta muntanya (Grimalt i altres, 2001). És a dir, que els europeus hem exportat una part de la nostra contaminació enfora però també l'hem transferida a les zones més ben preservades del nostre espai continental.

Aquest procés de transferència depenent de la temperatura té conseqüències ambientals importants. En l'esquema mental típic de la nostra civilització normalment

ensem que tot procés d'abocament a zones llunyanes comporta paral·lelament un fenomen de dilució que disminueix els efectes. En aquest cas, el que s'observa és una transferència neta de contaminants a ecosistemes de zones llunyanes produït per un procés d'evaporació (dilució) i posterior condensació (concentració). Per tant, l'efecte dels contaminants orgànics persistents sobre els ecosistemes no es dilueix, sinó que passa d'un lloc a altre.

La segona part del problema comporta el risc sobre la salut

«TÉ ALGUNS RISCOS L'EXPOSICIÓ A AQUESTS COMPOSTOS DURANT PERÍODES DE MÉS DE 40 ANYS? AQUESTA PREGUNTA ÉS ESPECIALMENT RELLEVANT PER A LA POBLACIÓ MÉS JOVE, EN QUÈ L'EXPOSICIÓ HA AFECTAT TOTES LES SEVES ETAPES DE DESENVOLUPAMENT»




Imatges cortesia USDA

A finals de la primavera del 1999 Bèlgica patí una greu crisi de salut pública. El gener d'aquell any, es mesclaren olis usats que contenien policlorobifenils i furans amb greixos i olis destinats a la fabricació de pinso. Amb aquest pinso s'alimentaren pollastres, porcs i vaques, i aquests contaminants s'acumularen en el seu greix. A començaments del mes de febrer els pollastres començaren a morir-se i la producció d'ous davallà a les granges. A mitjan mes de març, el ministeri d'Agricultura belga trobà nivells d'aquests contaminants centenars de vegades superiors als límits legals en el greix del pollastre i els ous. Les autoritats esperaren un mes abans d'informar-ne l'opinió pública i als països veïns. A finals del mes de maig es retiraren del mercat pollastres, ous i productes que els continguessin (maionesa, pastissos, galetes, ...), i els grangers sacrificaren qualsevol animal sospitós d'estar contaminat. Diferents països prohibiren la importació de productes animals belgues.

humana. En la població habitualment es troben nivells en sang de 10 mg/l de DDE, de 1 mg/l d'HCB i de 5 mg/l de β -HCH. Aquests nivells són típics de la població general no contaminada per alguna causa específica. També es troben concentracions semblants en llet materna. És obvi que excepte en casos d'intoxicació aguda com l'anteriorment esmentat per hexaclorobenzè al Kurdistan turc, l'exposició a concentracions traça d'aquests compostos organoclorats persistents no ha comportat malalties en un nombre elevat de la població. "La toxicitat és la dosi", diu un principi conegut de la toxicologia. Malgrat això, aquest concepte no té en compte el factor temps. La pregunta que sorgeix davant aquestes concentracions en humans és: té alguns riscos l'exposició a aquests compostos durant períodes de més de quaranta anys? Aquesta pregunta és especialment rellevant per a la població més jove, que hi ha estat exposada durant tota la vida i en totes les seves etapes de desenvolupament. Avui per avui encara no es pot contestar aquesta pregunta.

Pel que fa a l'exposició de població general, s'han trobat estudis que mostren que hi ha una relació entre la incidència del càncer de tiroïdes i de teixits conjuntius davant l'exposició a hexaclorobenzè (Grimalt et al., 1994). D'altra banda, també s'ha trobat una relació entre la mutació d'un oncogen, el *k-ras*, en malalts de càncer de pàncrees exocrí i una major concentració de DDT, DDE i alguns congèneres dels PCB en humans (Porta et

al., 1999). Aquests dos exemples il·lustren el tipus de recerca que cal fer per avançar en l'aclariment d'aquest problema.

La introducció dels compostos orgànics persistents en el medi ambient i en els humans constitueix una part fonamental del canvi ambiental a causa de l'acció humana que caracteritza l'inici del segle XXI en la història del nostre planeta. Aclarir quins seran els seus efectes és un repte molt important per a esbrinar el nostre futur. 

*Departament de Química Ambiental, Institut d'Investigacions Químiques i Ambientals, Consell Superior d'Investigacions Científiques

BIBLIOGRAFIA

- ALLEN-GILL, S.M.; LANDERS, D.H.; WADE, T.L.; SERICANO, J.L.; CURTIS, L.R. (1997): "Organochlorine Pesticides and Polychlorinated Biphenyls (PCBs) in Sediments and Biota from Four US Arctic Lakes". *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 33, 378-387.
- CARSON, R. (1962): *Silent Spring*. Houghton Mifflin. Boston.
- FERNÁNDEZ, P.; VILANOVA, R.M.; MARTÍNEZ, C.; APPELBY, P.; GRIMALT, J.O. (2000): "The historical record of atmospheric pyrolytic pollution over Europe registered in the sedimentary PAH from remote mountain lakes". *Environ. Sci. Technol.* 34, 1.906-1.913.
- GRIMALT, J.O.; SUNYER, J.; MORENO, V.; AMARAL, O.C.; SLA, M.; ROSELL, A.; ANTÓ, J.M.; ALBAIGÉS, J. (1994): "Risk excess of soft-tissue sarcoma and thyroid cancer in a community exposed to airborne organochlorinated compound mixtures with a high hexachlorobenzene content". *Int. J. Cancer* 56, 200-203.
- GRIMALT, J.O.; FERNÁNDEZ, P.; BERDIE, L.; VILANOVA, R.M.; CATALAN, J.; PSENNER, R.; HOFER, R.; APPELBY, P.G.; ROSSELAND, B.O.; LIEN, L.; MAS-SABAU, J.C.; BATTARBEE, R.W. (2001): "Selective trapping of organochlorine compounds in mountain lakes of temperate areas". *Environ. Sci. Technol.* 35, 2.690-2.697.
- PORTA, M.; MALATS, N.; JARIOD, M.; GRIMALT, J.O.; RIFA, J.; CARRATO, A.; GUARNER, L.; SALAS, A.; SANTIAGO-SILVA, M.; COROMINAS, J.M.; ANDREU, M.; REAL, F.X. (1999): Serum levels of organochlorine compounds and *k-ras* mutations in exocrine pancreatic cancer". *The Lancet* 354, 2.125-2.129

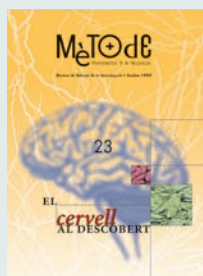
SUBSCRIPCIONS A MÈTODE

Ara pots subscriure't a Mètode, omplint i enviant-nos aquesta butlleta (o bé una fotocòpia) a la redacció de la revista o des del web de Mètode: <http://www.uv.es/metode> omplint el formulari de subscripció (i enviant-nos una fotocòpia de l'ingrès).

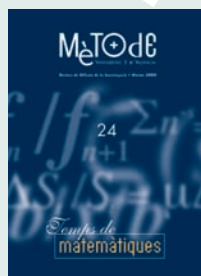
Preu de subscripció anual (4 números l'any): 12 € (per a Espanya, 18 € per a l'extranger)



Nº 22
"Hortes valencianes: La fi d'un mite"



Nº 23
"El cervell al descobert"



Nº 24
"Temps de matemàtiques"



Nº 25
"Col·leccions de la memòria"



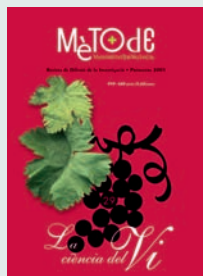
Nº 26
"Redescobrir el litoral"



Nº 27
"Matèria en moviment"



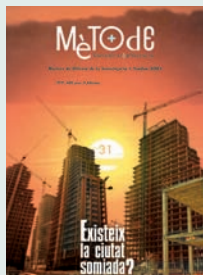
Nº 28
"Evolució, l'arbre de la vida"



Nº 29
"La ciència del vi"



Nº 30
"Sexe per a tots"



Nº 31
"Existeix la ciutat somiada?"



Nº 32
"Què hi ha darrere del genoma?"



Nº 33
"Abelles de mel"

Redacció Mètode:
C/ Batxiller 1, 1r-1a
46010 València
Tel.: 96 386 46 88 - 96 386 41 15
Fax: 96 386 40 67

<http://www.uv.es/metode>

Vull subscriure'm a la revista MÈTODE durant un any (12 € per a Espanya, 18 € per a l'extranger)

Nom i cognoms.....

Domicili.....

DNI.....

Codi Postal.....

Població.....

Telèfon.....

FORMES DE PAGAMENT:

XEC
(a nom d'"Universitat de València - Revista Mètode")

INGRÉS DIRECTE
Nº de compte: 2077-0735-89-3100159143
(a nom d'"Universitat de València - Revista Mètode")
Es prega enviar fotocòpia de l'ingrés)

