

MEDIO AMBIENTE

Felipe Macías Vázquez
Universidade de Santiago
de Compostela

INTRODUCCIÓN: OS PROBLEMAS AMBIENTAIS

O século XX foi o século del medio ambiente. Ó longo destes pasados cen anos, e de forma particularmente acelerada nos últimos trinta, foise incrementado o noso coñecemento dos procesos que se producen de forma natural na biosfera, e a súa variación ó longo do tempo iniciouse, pero aínda queda moito máis por coñecer: a comprensión da heteroxeneidade e a complexidade das interaccións ambientais. Comprobouse que as actuacións humanas teñen agora un poder de perturbación e modificación das condicións locais moi superior ó existente nos restantes períodos históricos que poden chegar, nalgúns casos, a presentar un carácter global de consecuencias non perfectamente coñecidas pola excesiva simplificación que se realiza na modelización dos procesos ambientais.

Tamén se viu que os recursos necesarios para o desenvolvemento das sociedades humanas son cada vez

máis importantes e diversos, chegando, en moitos casos, ó forzamento da capacidade productiva dos sistemas naturais, e mesmo á súa deterioración ou destrución, con consecuencias serias de modificación de hábitats, perda de biodiversidade e creación de áreas contaminadas que, para seren restauradas requiren, ademais de tempo e coñecementos, importantes esforzos económicos non sempre dispoñibles.

Se a isto se engade o continuo incremento da poboación e as demandas (plenamente xustificadas) de xeneralización da calidade de vida dos países avanzados ós menos desenvolvidos —polo menos das súas manifestacións máis positivas (dispoñibilidade de alimentos, sanidade, acceso á cultura e a unha vida digna para tódolos habitantes...)— compréndese a necesidade de introducir mecanismos legais e políticos de actuación que freen a deterioración dos recursos, controlen a degradación ambiental e permitan un desenvolvemento das sociedades

* Catedrático de Edafoloxía.

humanas en harmonía co seu contorno. Así é que o medio natural pasou neste século de ser simplemente un subministrador de recursos (en moitos casos de bens libres) a converterse nun elemento importante nos campos científico, económico, lexislativo, político e incluso a ser parte fundamental de moitas das visións ou concepcións do mundo das nosas sociedades.

Emporiso, isto non quere dicir que antes deste século non tivesen importancia os problemas ambientais. Coma en todo, somos herdeiros do noso pasado, das actuacións transformadoras do medio natural realizadas polas sociedades anteriores das que recibimos aspectos negativos como a deforestación (probablemente iniciada desde as primeiras manifestacións humanas pero fortemente acelerada coa Revolución Neolítica e a chegada das 'culturas do lume mediterráneas' coas súas importantes consecuencias de erosión de solos), a intensa transformación en solos agrícolas da maior parte da superficie europea cunha enorme perda de biodiversidade e unha gran simplificación dos hábitats existentes mailos problemas puntuais (nalgúns casos globais) de contaminación dos sistemas naturais, con liberación de elementos retidos nos materiais xeolóxicos á atmosfera, as augas, os solos e organismos bióticos. Cada etapa de desenvolvemento deixou as súas pegadas, sendo particularmente importante o período romano e, sobre todo, desde a Revolución Industrial ata o século XX, se ben hai que dicir que

para a maior parte dos procesos de mobilización de elementos e substancias perigosas de orixe natural e, sobre todo as de orixe antrópica, os últimos trinta ou corenta anos do século XX supoñen cantidades superiores ás do conxunto de tódolos períodos históricos anteriores. Analizaremos este aspecto da contaminación mediante dous esquemas (figs. 1 e 2).

O primeiro, a evolución da liberación de chumbo (un dos metais pesados máis perigosos) á atmosfera ó longo do tempo, para a que existen un gran número de métodos de estudo baseados na análise do contido de

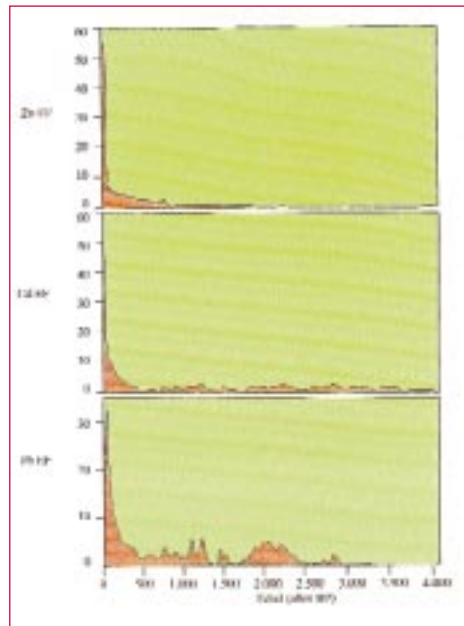


Fig. 1. Variación do contido de Pb, Zn e Cd nos últimos 4000 anos nunha turbeira ombrotrofica da Serra do Xistral. (Martínez Cortizas, *et al.*, 1997).

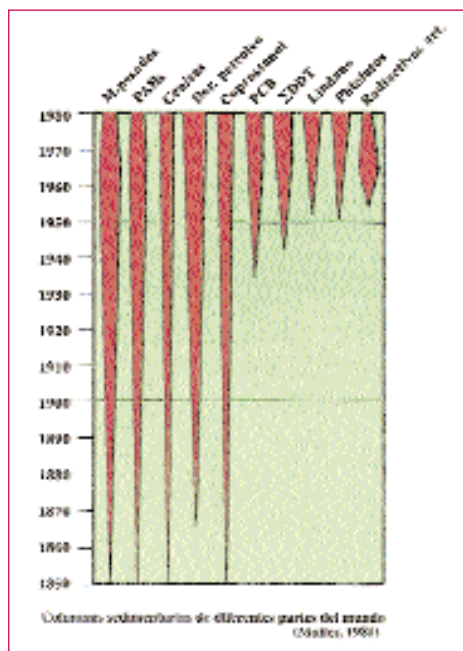


Fig. 2. Presencia de contaminantes en sedimentos de diferentes idades. (Forstner, 1989).

chumbo existente en rexistros de idade coñecida, tales como sedimentos lacustres ou columnas de xeo acumulado nos casquetes polares. No noso caso, dispoñemos dun dos mellores arquivos históricos das condicións paleoambientais, as turbeiras ombrotroóficas de Galicia, que foron utilizadas como indicadores das variacións da contaminación metálica atmosférica e como rexistro das variacións de temperatura (Martínez Cortizas, *et al.*, 1997 e 99).

Unha turbeira ombrotroófica é un solo orgánico constituído por restos vexetais, máis ou menos transformados (turberización), de comunidades

bióticas que viven en posicións de cima da paisaxe en ambientes nos que a velocidade de mineralización dos restos vexetais (por mor do frío ou do predominio das condicións de anaerobiose) é inferior á de produción, o que conduce á acumulación dos residuos orgánicos na superficie cun ritmo variable en función das condicións ambientais. A medida que a turbeira aumenta de espesor, as raíces das comunidades vexetais non alcanzan o substrato litolóxico e deben alimentarse fundamentalmente das achegas atmosféricas de chuva e partículas arrastradas polo vento (o que as diferencia das turbeiras mineralotróficas nas que a vexetación se alimenta do substrato litolóxico e das disolucións acuosas que xa tomaron contacto cos solos e material xeolóxico), polo que a composición de cada capa de turba (que se pode datar con C-14) está relacionada coas condicións de equilibrio entre a vexetación da turbeira e as condicións ambientais existentes no período de vida das plantas. Estas formacións atópanse en áreas de montaña do norte de Europa e teñen o seu límite sur nas zonas montañosas do norte de Galicia (fundamentalmente nas serras do Buio e Xistral). Canto maior é o seu espesor, máis longo adoita ser o período histórico recollido; en Galicia dispoñemos das turbeiras ombrotroóficas de maior idade de Europa (superiores a 5000 anos), o cal é lóxico se se considera que esta zona foi unha das primeiras áreas europeas con glaciario que foron liberadas dos xeos do último período frío. Pola súa

importancia, estes rexistros deben ser estudiaados e protexidos, por iso están incluídos nas zonas propostas pola Xunta de Galicia para a Rede Natura 2000 derivada da Directiva Hábitat.

Na figura 1 obsérvase a distribución do chumbo nunha turbeira ombrotrofica do Xistral. Ponse de manifesto que o primeiro sinal de contaminación por chumbo (aínda que moi feble) se produce hai uns 4000 anos, polo que dado que este metal foi un dos primeiros en ser utilizados polo home debido á súa doada extracción a partir de sulfuros, o seu baixo punto de fusión e a súa capacidade para se aliar co Sn, permite supor que esta data é o comezo do seu aproveitamento en Galicia. Con pequenas fases de incremento e descenso chégase ó período romano, no que o sinal de contaminación se amplía fortemente en intensidade e duración temporal ata a caída do Imperio, cando de novo hai un importante retroceso do sinal de chumbo atmosférico. Seguen pequenas pulsacións de incremento que coinciden cos reinos visigodos, o esplendor do período musulmán e as guerras dos reinos católicos, ás que segue un novo descenso que coincide co descubrimento de América, quizais pola existencia de períodos de paz en España ou polo traslado das actividades extractivas e de beneficiación do chumbo ó novo continente.

O inicio da Revolución Industrial eleva outra volta o sinal ata niveis similares ós do período romano e o da aparición do automóbil; a utilización

do chumbo nas gasolinas leva as concentracións de chumbo atmosférico retidas a valores moi elevados que só comezan a decrecer coa chegada das gasolinas sen chumbo.

Neste caso viuse que a actividade antrópica, mesmo a das culturas relativamente incipientes, foi quen de modificar fortemente un parámetro de indubidable relevancia como é o contido de chumbo atmosférico. Compróbase a clara relación entre este e a intensidade das actuacións humanas en períodos especiais da historia (guerras, desenvolvemento...) e tamén que hai unha resposta, nese caso rápida, ás medidas de corrección (substitución por gasolinas sen chumbo), se ben aínda non sabémo-las consecuencias que puido ter sobre a herdanza xenética de tódolos seres vivos a exposición ás concentracións de chumbo no aire, na auga e nos alimentos que produciu nestes dous últimos séculos. Efectivamente, a contaminación, en especial a dos medios con escasa capacidade de amortecemento como o aire, a auga e os organismos, é un dos principais problemas ambientais que vai asociado ó avance das culturas humanas con maior ou menor intensidade e variedade de produtos.

Na figura 2, elaborada por Forstner en 1989 a partir do estudio de sedimentos datados e da presenza e abundancia de determinados contaminantes, pode apreciarse que a maioría destes pertencen ó noso século e que conservan unha tendencia crecente ó longo da centuria en moitos casos ou

cun intento de mitigación a partir da década dos sesenta ou setenta noutros. Sen dúbida, estas datas, como logo imos ver, teñen unha gran relevancia na dinámica das actuacións ambientais.

Para unha gran parte dos autores que falan dos problemas ambientais, o acento incide sobre a contaminación polo elevado número de substancias perigosas, moitas delas artificiais, que se liberaron ó ambiente a causa das actividades humanas. É o caso dos organoclorados (DDT, dioxinas, PCB, clorofluocarbonos, lindano...), nitro e fosfoderivados orgánicos (diferentes explosivos, herbicidas, insecticidas), organometálicos (estannosos, mercuriais, arsenicais...), hidrocarburos (carbonos orgánicos volátiles, PAH...), radioactivos procedentes das explosións nucleares ou das centrais nucleares, etc., para os que o 5º Plan Ambiental da Unión Europea consideraba, en 1993, que había máis de dous mil produtos químicos de alta produción dos que debería establecerse unha avaliación da súa actividade no ambiente, mentres que o obxectivo fixado para o ano 2000 era a análise de cincuenta destes produtos e a elaboración de programas de redución de riscos ambientais derivados da súa presenza na biosfera.

A liberación de substancias contaminantes na biosfera é, sen dúbida, unha das nosas principais preocupacións. Para outros autores hai outros problemas tamén importantes: unha das síntesis realizadas asegura que os

principais inimigos da calidade ambiental do noso século poden agruparse en “a serra, a vaca e o automóbil”, expresando que son a deforestación (coa súa perda de biodiversidade, solos, poder de absorción de CO₂ e depuración do aire e da auga, etc.), a transformación de solos forestais e de cultivos en praderías monoespecíficas ou de baixa variabilidade específica adaptados ás necesidades do gando de alta produción cárnica e láctea e os contaminantes liberados nas actividades gandeiras (metano, compostos nitroxenados, fertilizantes fosforados, antibióticos...) xunto coas consecuencias do automóbil (liberación á biosfera de chumbo e outros metais, óxidos de nitróxeno, CO₂, compostos orgánicos volátiles e persistentes... e a necesidade de creación de infraestructuras viarias cada vez máis amplas e numerosas que compartimentan a biosfera e limitan a capacidade de rexeneración de moitas especies) os procesos antrópicos que causan a gran maioría dos nosos problemas.

Sen dúbida, a lista queda curta e podería discutirse a orde de agresividade, pero non é menos certo que a urbanización, a industrialización, a minería, as actividades recreativas... son outras moitas actividades humanas que ocasionan agresións ó medio ambiente. En último termo poderíamos dicir que as agresións ambientais están simplemente producidas polo feito de que unha das especies do planeta, a humana, escapou ós mecanismos reguladores que impuxera a natureza e fíxose

excesivamente numerosa e destructiva, ó ir eliminando paulatinamente tódolos seus competidores polos recursos naturais (desde hai tempo xa só se compite entre humanos) ó tempo que incrementaba exponencialmente as súas necesidades e capacidades de alteración ata facelas de carácter global.

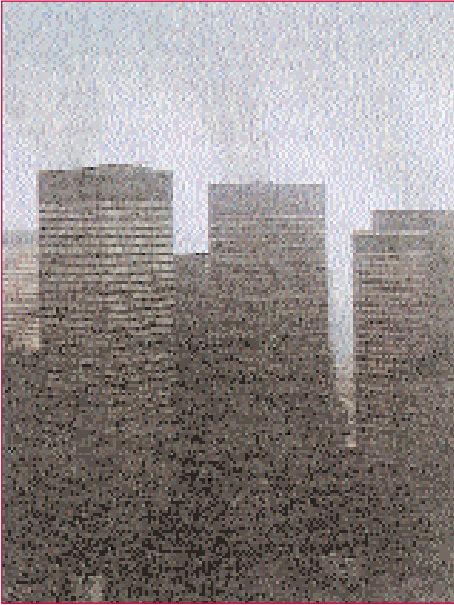
Se somos herdeiros e actores dos problemas ambientais, tamén o somos dos coñecementos xerados polas sociedades anteriores. Como outras moitas, as Ciencias Ambientais son ciencias de terceira, cuarta ou quinta xeración que se basean na aparición previa de conceptos e métodos de estudio desenvolvidos noutros campos do saber ó longo da historia da Humanidade e, particularmente, nos séculos XVII, XVIII e XIX, nos que o avance da Física e a Química primeiro, xunto coa aplicación dos conceptos matemáticos, abriaron o camiño para converter coñecementos meramente descritivos nas súas orixes nas bases das Ciencias Ambientais, a Xeoloxía e a Bioloxía, e, máis tarde, noutras moitas derivadas delas, pero con maior capacidade de comprensión da heteroxeneidade e de integración da globalidade dos sistemas naturais terrestres como a Edafoloxía, a Bioxeografía ou a Ecoloxía, nas que o compoñente xeográfico desenvolvido polos grandes viaxeiros-científicos do século XIX foi clave. É, polo tanto, este carácter globalizador do medio ambiente, xerado nos séculos anteriores e desenvolvido no XX, no que “todo inflúe en todo” (primeira lei da Ecoloxía segundo Barry Commo-

mer) ou, levándoo ó extremo, “no que o bate-las as dunha bolboreta na China pode se-la causa dunha tormenta no outro extremo do mundo”, o paradigma das nosas concepcións ambientais actuais.

A GLOBALIZACIÓN: ANTECEDENTES E POSIBLES EXCESOS

A finais do século XX o termo ‘globalización’ pasou a ocupar, xunta outros similares, a expresión de moda para manifesta-la interrelación existente entre todo o que ocorre na parte da Terra na que se realiza a actividade humana. O termo aplícase nas Ciencias Ambientais, pero xa foi adoptado ata polas Ciencias Sociais e Económicas. Sen embargo, non é un concepto novo senón que ten antecedentes bastante antigos e moi ben definidos ó longo do século XVIII nas Ciencias Naturais e, por suposto, moito antes, no pensamento filosófico-relixioso.

Deixando á parte as ideas unitarias filosóficos-relixiosas sobre a natureza e o seu funcionamento, quizais o concepto científico ambiental mellor desenvolvido fora o de biosfera. Vernadsky foi o gran divulgador deste termo que, parece, xa utilizaba Lamarck a comezos do século XIX, e posteriormente foi retomado por Suess (1875) para quen a biosfera é a “envoltura específica da codia terrestre na que asenta a vida que é quen rexe a súa composición, propiedades e dinámica”. Estas ideas básicas foron



Arriba, polución atmosférica en Nova York.
Abaixo, polución de auga en Chicago.

ampliadas e dotadas de formato científico por Vernadsky ó longo dos seus numerosos escritos e, particularmente, na súa obra *La Biosfera*, publicada en ruso en 1926 e en francés en 1929. Segundo este autor “a Biosfera é a esfera terrestre resultante da interacción da atmosfera (máis ben da troposfera xunto coa capa protectora da ozonosfera), hidrosfera, biosfera e litosfera”. Idea moi parecida á de que “o solo é a interacción da litosfera, hidrosfera, biosfera e atmosfera” ou de que “o solo é o produto da interacción ó longo do tempo dos factores de formación clima, rocha ou material orixinal, topografía e organismos”.

Segundo os inventores do termo e o seu desenvolver principal, a biosfera ten, ademais do seu carácter complexo, o aspecto esencial de que é a propia vida a que leva o papel activo da creación de substancias, da súa dinámica de transformación e, en consecuencia, dos procesos e leis que a rexen. En palabras de Vernadsky, “a biosfera pode definirse como unha rexión da codia terrestre sementada de transformadores que converten as radiacións cósmicas en enerxía terrestre activa, enerxía eléctrica, química, mecánica, térmica, etc. Os compostos que eran estables no campo termodinámico da materia viva, vólvense inestables cando penetran, unha vez que perece o organismo, dentro do campo termodinámico da biosfera onde orixinan unha fonte de enerxía libre”. É dicir, é a vida a que capta a enerxía solar transformándoa en compostos que só son

posibles mentres existe vida, e que son posteriormente transformados noutros termodinamicamente estables no medio ambiente creado (máis ben modificado) pola propia vida, ó tempo que se logra un certo mantemento da enerxía captada mercé ós ciclos metabólicos que utilizan as substancias inicialmente formadas e os seus produtos de degradación ata que se alcanzan as condicións de equilibrio que, novamente, serán rotas pola actividade vital. En palabras de Vernadsky, “a vida perturba permanente e incansablemente a inercia química sobre a superficie terrestre”, o que nos leva á conclusión de que é o continuo cambio de enerxía, alimentos e información o que caracteriza os sistemas naturais, e que a globalidade de funcionamento dos sistemas ambientais é, simplemente, unha consecuencia de que todos están dirixidos pola actividade vital.

Segundo Margalef (1997), tralas achegas de Vernadsky, “la palabra biosfera ha pasado a ser de uso corriente para referirse a la porción de nuestro planeta habitada por seres vivos y manifiestamente organizada por ellos. La composición de las envolturas líquida y gaseosa no se entienden sino a través de la propia actividad vital y la propia litosfera está también sometida a la acción de los seres vivos en su parte externa”. A vida ten o papel clave nos ciclos principais dos elementos químicos na superficie terrestre, en substancias como o O_2 e o CO_2 , ata o punto de modifica-la propia atmosfera terrestre que pasou de ser anosixénica nos dous

mil primeiros millóns de anos da súa existencia a osixénica nos seguintes ata os nosos días. É pois o continuo cambio inducido polas manifestacións vitais na súa interacción coa capa externa da Terra o que, ó cabo, mantén a vida sobre a Terra. Margalef expresábo así en 1980: “los cambios en la biosfera han estimulado la evolución. Las áreas que han estado menos sometidas a alteraciones, son, notoriamente, un archivo de especies que en una buena proporción tienen carácter arcaico o de reliquia” e, repetindo as súas palabras de 1974, “la climax es la utopía de los ecólogos”.

Heteroxeneidade, globalidade, cambio e control e dirección destes pola propia vida é entón o que caracteriza a biosfera e, polo tanto, o medio ambiente a partir das ideas de Vernadsky ampliadas e comentadas por Margalef (1980 e 1997). Os problemas xorden cando os cambios se producen a un ritmo anormalmente rápido producido por unha das especies viventes que, como xa se dixo, quizais escapara ó control natural en moitos aspectos.

Antes de continuar, parece adecuado reflexionar sobre o personaxe de Vernadsky para tratar de comprendelas causas que o levaron ás súas xeniais intuicións. Nado en San Petersburgo en 1863, matricúlase no Departamento de Ciencias Naturais da Universidade de San Petersburgo onde estudia Física, Matemáticas, Química (con Mendeleiev) e Xeografía, Mineraloxía e Cristalografía con V. V. Dokuchaev, o fundador da Edafoloxía

científica, do que chega a ser axudante impregnándose das súas ideas sobre o solo, a súa formación, propiedades, distribución xeográfica e, sobre todo, a visión unificada da natureza (Demolon —1949— considérao o discípulo máis brillante da escola rusa fundada por Dokuchaev). Máis tarde estudia Cristalografía e Mineraloxía en Múnic e Mineraloxía, Termodinámica (con Le Chatelier), Química, Física e Cristalografía (con Pierre Curie) en París. Regresa a Moscova e é nomeado profesor non titular en 1898. Na Universidade de Moscova dá cursos sobre a historia da ciencia e, en particular, sobre a visión científica do mundo, así como de cristalografía e mineraloxía.

A obra do xeoquímico norteamericano Frank W. Clarke, *Los datos de la Geoquímica*, lévaos a esta ciencia, que el considera a de maior interese no século XX. En 1909 publica numerosos artigos e, finalmente, engade ós seus coñecementos sobre a materia inerte o seu interese polos ciclos biolóxicos. Coñece a Vavilov (o autor que estableceu os centros de diseminación das plantas cultivadas) e, progresivamente, establece que “os fenómenos xeoquímicos son a base da biosfera”. En 1923 fala xa do seu laboratorio como Laboratorio de Bioxeoquímica. Regresa a París onde ensina os seus saberes e coñece a Theilard de Chardin e Roy cos que crea o novo concepto de ‘noosfera’ ou “esfera da intelixencia que segue a biosfera na ruta evolutiva da materia”. Publica o seu libro *La Geochimie* en 1924 que, segundo Oparin, o inspirou fortemente

para a súa obra *El origen de la Vida*. Pouco despois, en 1926, publica *La Biosfera*, á que seguen libros e artigos sobre a xeoquímica das augas, isótopos e organismos vivos, oceanografía e xeoquímica, problemas da radioxeoloxía, ensaios bioxeoquímicos, a estrutura química da biosfera e o seu contorno... ata a súa morte en 1945.

Non cabe dúbida de que, ademais da súa inquietude, a súa importante formación básica en Química, Mineraloxía, Termodinámica, Edafoloxía, Bioxeografía... capacitouno para chegar ó campo da Bioxeoquímica cunha visión clara da interrelación de tódolos constituíntes da biosfera e unha gran capacidade para interpretar de forma sintética e unificada os procesos químicos nos que intervén a materia inerte e a actividade biolóxica. Cabe preguntarse se isto sería posible coa formación que reciben dos seus profesores e cos traballos tan especializados que realizan os nosos actuais e futuros ambientalistas.

A idea de globalidade de Vernadsky e outros moitos autores que estudiaaron os procesos bioxeoquímicos da Terra foi enormemente ampliada nalgunhas concepcións recentes que alcanzaron un certo recoñecemento público en amplos sectores sociais, pero que, en contraposición, teñen recibido fortes críticas por parte dos xeoquímicos e algúns ecólogos (Margalef, 1997, entre eles). Referímonos á idea de *Gaia*, tal como foi expresada por Lovelock e colaboradores (1982). Segundo este autor, “as respostas do

planeta como unha entidade unificada levan a recoñecer na propia biosfera enteira os trazos esenciais dun organismo ou superorganismo”, ó que denominan Gaia pola deusa ou personificación da Terra. Sen dúbida, desde o punto de vista científico, hai unha clara esaxeración ó considerar que procesos que na maioría dos casos se deben a mecanismos reguladores derivados da composición físico-química da biosfera, ou da interacción de diferentes organismos coa materia inanimada, son consecuencia da actuación dun organismo independente constituído pola totalidade da biosfera. Esta visión da natureza é similar á que se utiliza desde hai pouco nas Ciencias do Solo cando se di que un “solo nace, evoluciona e morre” ou cando se fala da “saúde dun solo”, conceptos que se ben parecen admisibles como figuras ou conceptos didácticos, non resultan correctos, xa que tanto o solo coma a biosfera son medios ou sistemas nos que se produce a vida e que a consecuencia da actividade dos organismos que conteñen adquiren determinadas propiedades, sen que por iso poidan ser considerados como sistemas vivos con funcionamento independente. Son medios de vida pero non organismos vivos.

DESENVOLVEMENTO E/OU MEDIO AMBIENTE

O medio ambiente é o marco onde se desenvolve a vida dos organismos, e os seus problemas derivan das transformacións producidas nese mar-

co por causas naturais ou antrópicas ás que os organismos que viven nel non poden adaptarse.

Sempre se fala das actuacións antrópicas como as grandes causantes da perda de biodiversidade e da calidade do ambiente, pero esquecese que na historia da Terra producíronse momentos de enormes extincións, provocados por cambios bruscos nas condicións ás que só uns poucos organismos foron quen de adaptarse. As grandes extincións do Precámbrico, do Pérmico ou do Mesozoico poñen de manifesto que a ecosfera está en continua mutación desde o principio dos tempos. Mutacións ás veces rápidas e traumáticas ás que non poden adaptarse moitos organismos prodúcense, aínda que son raras, pero predominan os cambios máis lentos nos que a adaptación é máis doada a través dunha serie de ‘desequilibrios sucesivos’ nos que as modificacións se producen pouco e pouco.

Algunhas modificacións naturais, como a que se supón causada polo meteorito que, entre outros, parece que causou a extinción dos grandes vertebrados da Era Secundaria, deberon de ser case instantáneas; outras, aínda que moito máis lentas como o cambio de atmosfera do Precámbrico, deberon de ter importantes consecuencias para o sistema e para os organismos que o habitaban. Sen embargo, a situación á que chegaron o home e a biosfera no século XX é nova, xa que se trata de investigar se o desenvolvemento da especie humana non acabará primeiro

co medio ambiente e, como consecuencia, consigo mesmo.

A actividade humana, ó utilizar productos naturais cunha velocidade e intensidade crecente, adquiriu a capacidade de producir cambios a ritmos que, sen dúbida, forzaron a capacidade de adaptación de moitos organismos e causaron a súa extinción. Moitas especies desaparecen sen que nos decatemos, como consecuencia directa ou indirecta do noso modo de vida. Ó longo da historia da Humanidade, esta capacidade variou espacialmente en función do predominio das diferentes culturas, pero a partir da Revolución Industrial e, sobre todo, da Segunda Guerra Mundial, esta capacidade de produción/alteración multiplicouse e xerou os grandes problemas ambientais do presente.

Por citar algunhas catástrofes con consecuencias graves para o ambiente e o home producidas desde a Segunda Guerra, temos: o *smog* de Donora (Pensilvania) de 1948, ou de Londres en 1952, con miles de mortos, a contaminación por dioxinas de Seveso (Italia) en 1976, a morte lenta por contaminación do lago Baikal en Rusia ou do Eire (EUA), o centenar de mortos por inxestión de peixes contaminados de Minamata (Xapón) en 1969, os accidentes das centrais nucleares de Harrisburg e Chernobil, a contaminación do Rin, a traxedia de Bhopal (India) que supuxo máis de dous mil mortos e decenas de miles de feridos polo escape de gases tóxicos, as mareas negras, as inversións de temperatura,

as chuvias ácidas de Sudbury (Ontario), etc.

Sen embargo, malia estas catástrofes máis ou menos puntuais, a maior parte dos autores están de acordo en que os problemas do ambiente se producen, de forma insidiosa e continua, por mor do incremento de poboación e das necesidades humanas, o que conduce á explotación intensiva dos recursos naturais coa ameaza do seu esgotamento. Quizais o argumento máis forte neste sentido foi o exposto polo Club de Roma que, na súa primeira mensaxe realizada na década dos setenta, "Os límites do crecemento", indicaba a imposibilidade de mante-los ritmos do crecemento económico e da poboación. Segundo eles, os recursos non renovables estaban esgotándose en moitos casos e os renovables estaban sendo explotados por riba da capacidade de renovación, polo que cómpre enlentece-lo crecemento.



Medindo os niveis de radiación exterior en Chernobil.

Estas ideas de crecemento cero e da necesidade de aplicar fortes restricións ó incremento da poboación foron posteriormente moi discutidas e, tras algúns fallos importantes nas predicións, chegouse ó convencemento na década dos noventa de que as ideas do Club de Roma eran excesivamente catastrofistas e malthusianas (Margalef, 1987). A este cambio de filosofía contribuíron feitos como o descubrimento de novos depósitos, a aparición de substitutos dalgúns produtos que se consideraban imprescindibles, o menor crecemento da demanda, o claro enlenteceamento no crecemento da poboación, o grande incremento tecnolóxico e a demostración da capacidade de eliminar moitos dos produtos nocivos dos procesos industriais e de corrixi-los efectos degradativos producidos, etc., todo o cal contribuíu a crear unhas previsións moito máis optimistas cás que se tiñan no período da crise do petróleo.

Do tema de discusión dos setenta, “o límite dos recursos”, pasouse nos noventa a formula-los problemas dos “límites dos recipientes de residuos humanos”, o que indicaba que unha nova etapa productivista se iniciaba. Outros cambios de concepción entre o setenta e o noventa, indicados por diferentes autores, son, entre outros, o paso da preocupación polos impactos relacionados coa produción ó maior interese polos impactos producidos durante o uso dos produtos e, sobre todo, polos residuos; da atención ás fontes puntuais de contaminación e os danos

locais, á maior preocupación polas fontes difusas e os riscos; da preocupación pola escaseza do gas e o carbón á consideración de que hai e se utiliza demasiado. É dicir, pasouse dunha preocupación ambiental polas actuacións puntuais de contaminación industrial a considerar máis as consecuencias globais do noso modo de vida, o que sen dúbida ten que ver coas importantes modificacións que sufriu a actividade industrial, primeiro con solucións de ‘final de entubado’, que reduciron fortemente a emisión de contaminantes atmosféricos e, máis tarde, de ‘modificación dos procesos productivos’, o que permitiu un maior control ambiental na cantidade e natureza dos residuos producidos. Este cambio de situación e algunhas consideracións sociais sobre a necesidade dun certo crecemento reactivaron as ideas *desenvolventistas* na última década, se ben se conserva e amplía a preocupación polos problemas ambientais, sendo o ‘crecemento sostible’ a idea básica desta fin de século tal como o recolle o 5º Plan da Comunidade Europea (ampliado ata o 2002) que leva por título *Hacia un crecimiento sostenible*.

A pesar deste importante cambio de tendencia entre os setenta e os noventa, o certo é que continúa existindo un importante debate sobre as concepcións ambientais e coexisten posturas catastrofistas con postulados fortemente *desenvolventistas*. Non cabe dúbida de que existen problemas ambientais e que cómpre acometelos con rigor científico para atopar medi-

das tecnolóxicas e socioeconómicas que permitan evitalos o mitígalos. Hai produtos que comezan a ser escasos: petróleo, ouro, cobre. Tamén os recursos renovables están sometidos a uns límites de utilización xa que non se pode forza-lo seu uso cando se pon en perigo a sostibilidade da súa capacidade de renovación. Isto por exemplo é o que está ocorrendo coa auga nalgunhas rexións do planeta onde a contaminación supera a capacidade depuradora do ciclo hidrolóxico. Tamén a fauna salvaxe experimentou unha forte redución nos últimos cincuenta anos tanto en cantidade coma en variedade, debido á forte presión da caza e a pesca combinada coa destrución dos seus hábitats. No Programa para o Medio Ambiente das Nacións Unidas 2000-2001, afirmase que “ha desaparecido el 50 % de los humedales y de los bosques, la degradación ha afectado a los 2/3 de las tierras agrícolas en los últimos 50 años y el 60 % de los grandes ríos están fragmentados por presas y canales, ha desaparecido el 30 % de las especies marinas de agua dulce y se ha producido degradación incluso en terrenos antes inalcanzables tales como la tundra, el ártico o las profundidades más remotas”.

Á vista do anterior non é estraño que autores como Goodland (1991) afirmen que chegamos ós límites do crecemento, sinalando, para xustificar a súa afirmación as seguintes probas:

— O enorme incremento da erosión dos solos producido en amplas zonas da Terra.

— As importantes perdas de diversidade biolóxica.

— O excesivo consumo humano de biomasa: o home utiliza aproximadamente o 40 % da produción neta total da fotosíntese (25 % se se considera a fotosíntese, oceánica). Se se duplica a poboación (o que está previsto aproximadamente para o 2016), utilizaríase respectivamente o 80 % ou o 50 % da capacidade da fotosíntese co que a seguinte duplicación sería xa imposible a non ser que se incrementase a eficiencia do proceso fotosintético que, segundo a maioría dos autores, é moi baixa, de arredor do 1 % da enerxía solar ou se descubrisen outras formas de producir biomasa.

— O efecto invernadoiro: pola súa importancia, analizáremolo con máis detalle. O denominado ‘efecto invernadoiro’ ou ‘quentamento climático’ é un tema xa clásico nas discusións ambientais. A partir das medidas de concentración de CO₂ na atmosfera iniciadas por Keeling na cima do Mauna Loa en Hawai, a finais dos cincuenta, quedou en seguida claro que se estaba producindo un incremento do contido deste gas na atmosfera e, dado que as emisións producidas pola queima de combustibles fósiles experimentou un forte aumento desde finais da Segunda Guerra Mundial, atribuíuselle a este proceso o incremento do C atmosférico. Cálculos posteriores deron como resultado que se produciu un aumento da orde do 25 % nos últimos cento trinta anos e, de seguir ese ritmo, a concentración de CO₂ atmosférico (arredor do

0,03 % na década dos sesenta) duplicaría a do período preindustrial (IPCC, 1966). Este feito, xunto co incremento da presenza doutros gases de efecto invernadoiro, como o CH₄, NO_x e os clorofluocarbonos (a contribución ó efecto invernadoiro, segundo o European Environmental Assessment, é: CO₂: 65 %, CH₄: 20 %; CFC: 10 % e H₂O: 5 %) levou a diferentes expertos climáticos a predicir un incremento da temperatura media da Terra que inicialmente se estimou nuns 8 °C para o 2100 e na actualidade considérase que podería oscilar entre 1 e 3,5 °C (IPCC, 1998).

As consecuencias dun quentamento como o previsto polo Panel Internacional do Cambio Climático (IPCC) serían moi graves para a biodiversidade e producirían importantes trastornos socioeconómicos. Fisicamente produciríase un incremento do nivel do mar (sobre 50 cm, IPCC 1998), causado pola fusión total ou parcial dos casquetes polares, co alagamento de grandes superficies de terreo e a práctica desaparición dalgúns países (pequenas illas do Pacífico ou zonas de extensos litorais como Birmania...), un cambio na circulación atmosférica con fortes modificacións das temperaturas e distribución das precipitacións e tormentas, o que leva consigo unha importante modificación dos cultivos e dos recursos económicos (o millo ou o eucalipto poderían cultivarse en Escandinavia e quizais as zonas de turismo estival se situasen ó norte de Escocia). Con todo, os maiores proble-

mas ambientais serían sufridos polas comunidades bióticas que non poden trasladarse seguindo os cambios climáticos, a vexetación, os invertebrados e sobre todo os microorganismos, verían modificado bruscamente o seu hábitat e os que non puideran adaptarse ás novas condicións serían eliminados.

Esta situación obriga a realizar importantes modificacións nas emisións ou ben nos sistemas de retirada do CO₂ e os outros gases de efecto invernadoiro da atmosfera. Deberían reducirse do 30 ó 35 % as emisións de gases de invernadoiros para que os incrementos sexan compatibles coa sostibilidade dos ecosistemas e do 50 ó 70 % para que no ano 2010 se tivese unha concentración de XO₂ similar á de 1990. Estas cifras son bastante superiores ás aprobadas na Conferencia de Kioto (Europa 8 % menos en 2010 ca en 1990), polo que algúns países europeos (Austria, Finlandia, Suecia e Noruega) propuxeron taxas engadidas para as enerxías térmicas obtidas a partir de combustibles fósiles.

Outros investigadores consideran que non está claro o grao de quentamento que se producirá (de feito o descenso das estimacións do propio IPCC dos 8 °C iniciais ós entre 1 e 3,5 actuais indica que a calidade das modelizacións primeiras era bastante mala) e que, polo tanto, hai dúbidas razoables para estima-lo grao de quentamento que se producirá, fundamentalmente porque os modelos de predicción son basicamente modelos físicos que non teñen en conta a capacidade de

amortecemento dos procesos que ten a Terra. Así, non se inclúen nos modelos o incremento da alteración mineral e do transporte de ións bicarbonato ó mar que se producirá como consecuencia da maior acidez das chuvias ó estar en contacto a auga cunha maior presión de CO_2 , nin tampouco se inclúen os efectos do incremento de absorción de CO_2 pola biomasa (efecto fertilizante do CO_2), nin o incremento da fixación de C en corais, moluscos, etc. É dicir, hai un gran número de mecanismos reguladores dos sistemas biosféricos que interveñen na temperatura da Terra e que non foron considerados, entre outras cousas porque se descoñece a súa capacidade e velocidade de actuación e, como consecuencia, utilízanse só magnitudes físicas. O debate está aberto e,

se ben queda demostrado que hai un incremento do CO_2 atmosférico claramente atribuíble á queima dos combustibles fósiles, non o é menos que se descoñece a capacidade reguladora dos mecanismos bioxeoquímicos e, polo tanto, as prediccións dos nosos modelos físicos poden ser erróneas. De aí que moitos investigadores falen só da 'hipótese do efecto invernadoiro' e non dun feito que se producirá inexorablemente.

De tódalas formas é importante sinalar que o efecto invernadoiro é un proceso natural producido pola presenza de pequenas cantidades de gases que teñen esta propiedade na atmosfera. Se esta só contivese osíxeno e nitróxeno, a temperatura da Terra

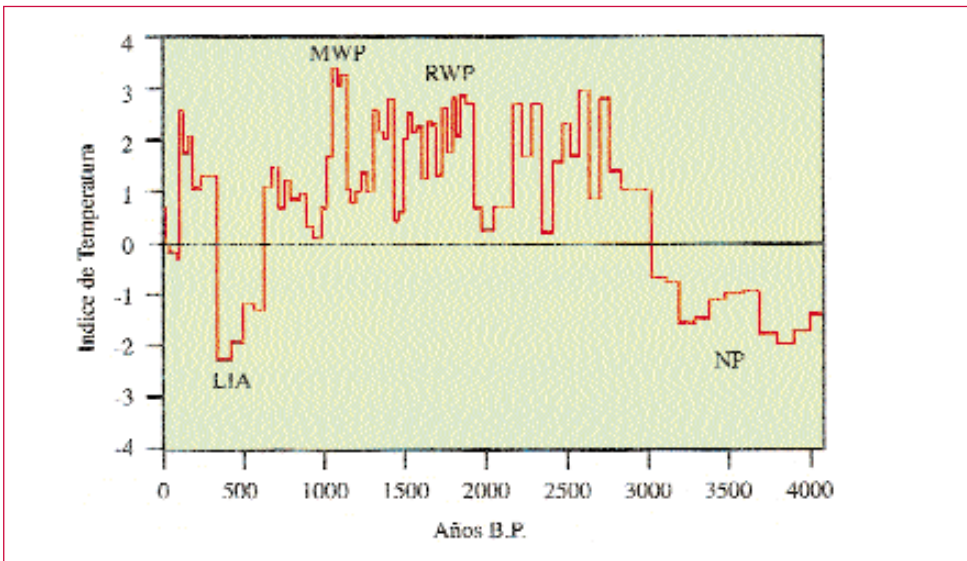


Fig. 3.- Variación do índice de temperatura nos últimos 4000 anos de acordo co contido de Hg nunha turbeira do Xistral (Martínez Cortizas, *et al.*, 1999).

sería duns 33 °C máis baixa, co cal a vida, tal como a coñecemos, non existiría. Tamén é preciso sinalar que non estamos nun dos momentos máis cálidos e de maior presión de CO₂ da historia da Terra, senón que en realidade estamos nun dos máis fríos e case acabados de saír do último episodio glaciario. Así, o modelo BLAG, elaborado por tres grandes xeoquímicos —Berner, Lasaga e Garrels (1983)—, indica que no Mioceno a concentración de CO₂ debía de ser en volta de dez veces a actual e no Cretáceo unhas cincuenta veces máis, coas consecuentes elevacións da temperatura que neste último período se estima que debía superalos 25 °C de media. Tamén as investigacións nas columnas de xeo de diferentes lugares —principalmente a gran columna de xeo estudada en Vostok, na Antártida, por un equipo franco-ruso (Lorius, *et al.*, 1990)— indican que a temperatura hai uns cento cincuenta mil anos era superior á actual e que tralo avance dos xeos se produciron diferentes períodos intermedios nos que a temperatura e a concentración de CO₂ atmosférico subiron a ritmos similares ós observados actualmente, é dicir, unha duplicación en períodos por volta dos cento cincuenta anos. Máis recentemente, Martínez Cortizas *et al* (1999) puideron precisar que os cambios de temperatura da orde dos que agora espera o IPCC son normais na historia recente do planeta: nos últimos catro mil anos presentáronse episodios fríos como a pequena glaciación, xunto a períodos máis cálidos, como os óptimos do ano 1000 e do período roma-

no (fig. 3) cando a temperatura era superior á actual (uns 3 °C) e similar á que se espera polo IPCC para o ano 2100. É dicir, que a suba de temperatura prevista na estimación máis desfavorable actual é semellante ás oscilacións naturais experimentadas na Terra incluso en períodos próximos, se ben quizais cunha variación algo máis rápida.

Por outra parte, datos recentes demostraron que o normal da historia da Terra é que non existan polos (máis do 90 % do tempo). Non é estraño, logo, que se discuta bastante verbo da intensidade do forzamiento climático producido polo home e que, curiosamente, mentres científicos como os físicos, meteorólogos e ecólogos, que estudian series de tempo relativamente curtas, se pronuncian claramente polo cambio climático, outros, como os xeólogos, xeoquímicos... que estudian series maiores de tempo, poñan en cuestión a importancia destes mesmo admitindo que, efectivamente, hai un considerable incremento das emisións de gases de efecto invernadoiro e que o interglaciario no que nos atopamos está sendo algo máis longo do normal. Allégre (1990) sintetiza dicindo: ¿induciría o home un superinterglaciario? A resposta depende da capacidade dos sistemas de biorregulación da composición da atmosfera que teña a Terra e da súa velocidade de resposta, así como, por suposto, das medidas tomadas polo home, se ben parece claro xa que, considerando grandes períodos, a temperatura da Terra depende fundamentalmente da enerxía

que recibe do espazo, é dicir, da súa posición astronómica, sendo menor o efecto producido polos cambios na composición dos gases da atmosfera.

A controversia sobre o efecto invernadoiro creou un novo principio ambiental denominado 'principio de precaución' (WCED, 1987), que foi adoptado internacionalmente naqueles casos en que hai un risco de consecuencias ambientais irreversibles. Segundo este principio, a carencia de seguridade nas probas científicas non debe ser un argumento para frea-las accións e medidas que reduzan os problemas ambientais, ou, como se di en *World in Environmental Transition*, "os custos de rexeita-la hipótese de efecto invernadoiro, se é correcta, son moi superiores ós que se producirían aceptando a hipótese aínda que se probe posteriormente que era falsa". En esencia, este principio de prevención ou precaución para os *feddbacks difusos* deriva do feito de que resulta moito máis custoso corrixi-los problemas cando xa se produciron cós custos que se invisten na prevención para evitar que se produzan, que é o principio en que asenta a Avaliación de Impacto Ambiental.

Non cabe dúbida de que este principio debe ser aplicado sempre, pero tamén hai críticas no sentido de que moitos problemas ambientais con causas perfectamente coñecidas e cientificamente demostradas non son atendidos e, sen embargo, no caso do efecto invernadoiro hai un importante interese por parte dalgúns países en

consideralo como prioritario. Por outra parte, aplicar indiscriminadamente o principio de precaución podería levar a un certo colapso nas actuacións humanas, polo que autores como Cameron e Wade-Gery (1992) consideran que o principio de precaución debe utilizarse só cando existan bases científicas e só referíndose a procesos con consecuencias irreversibles. A mesma idea de poder aplica-los coñecementos dispoñibles atópase no concepto de 'Carga Crítica de Contaminantes', que na súa definición sinala que é a "máxima cantidade de contaminante que un sistema pode recibir sen que se modifiquen a longo prazo nin a súa composición nin a súa función, polo menos segundo os coñecementos dispoñibles", admitindo que a pesar de que non se coñece todo poden planificarse actuacións de acordo coa información existente. Este principio foi a base dos acordos internacionais para a redución das emisións de xofre dentro do Convenio de Contaminación Atmosférica Transfronteiriza (Convenio de Xenebra) e ultimamente da Directiva de Teitos de Emisión de S (2000).

En síntese, os problemas ambientais existen pero son complexos e non sempre se posúe o coñecemento científico suficiente para comprender tódalas interaccións, polo que non resulta extraña a polarización entre posturas catastrofistas ou excesivamente optimistas acerca da capacidade da Terra para soporta-las nosas actuacións. A pesar disto, parece que a postura europea é bastante coherente.

Medio ambiente e desenvolvemento poden ser compatibles se se realizan as consideracións precisas, localizando as actuacións que causen maiores impactos nos lugares resistentes e protexendo as zonas sensibles, é dicir, coñecendo previamente a sensibilidade do espacio ás nosas actuacións. Métodos como os Estudios de Avaliación de Impacto Ambiental e conceptos como o de 'cargas críticas' ou o de 'bombas químicas' (Macías, 1996) deben utilizarse como instrumentos básicos da planificación dun desenvolvemento sostible mesmo a pesar de tódalas dúbidas que efectivamente seguen existindo sobre a posibilidade da sostibilidade.

Para entender correctamente este concepto debe terse en conta que as Nacións Unidas consideran que "o desenvolvemento só o é se permite un incremento da calidade de vida". Neste sentido, é coñecida a conclusión da Conferencia de Nacións Unidas de Nairobi na que se afirma que a pobreza é a peor das contaminacións. Na mesma liña, o informe de 1987 da Comisión Mundial para o Medio Ambiente e o Desenvolvemento, máis coñecido como "Informe Brudtland", insiste en que a actividade humana ten que desenvolverse de xeito sostible para todo o planeta no camiño cara ó futuro, entendendo por desenvolvemento sostible o que satisfai as necesidades do presente sen poñer en perigo a capacidade das xeracións futuras para cubri-las súas propias necesidades. Isto implica que debe protexerse o equilibrio xeral e o valor da reserva de

capital natural e te-las seguintes características: mante-la calidade de vida xeral, permitir un acceso continuo ós recursos naturais, impedir que perdu-ren os danos ó medio natural. De forma didáctica: "Non cóma-las sementes coas que has sementa-la colleita de mañá".

A XESTIÓN AMBIENTAL: O MEDIO AMBIENTE E AS POLÍTICAS SECTORIAIS

Hai só trinta anos, os problemas ambientais eran similares ou incluso máis intensos, nalgúns casos, cós que se producen hoxe en día; sen embargo, a sensibilidade social fronte ás múltiples alteracións do contorno era moito menor. Os problemas da contaminación considerábanse consecuencias lóxicas e inevitables do 'progreso', polo que se asumían como algo que debía aceptarse a cambio das melloras no nivel de vida. Emporiso, xa daquela algúns científicos advertían sobre o perigo que se aveciñaba se as 'externalidades' ou os 'custos sociais dos procesos productivos' seguían medrando. Ó tempo naceron os primeiros movementos sociais sensibilizados pola crecente deterioración do contorno natural. Desde entón a sensibilidade ou o respecto á natureza incrementouse. En Europa, esta sensibilidade pasou a tódalas políticas de actuación. No cumio de 1972 aparece a primeira mención explícita dos xefes de Estado e de Goberno europeos sobre a necesidade de prestar unha atención especial ó medio. Esa primeira declaración

concretouse máis tarde nos Programas de Acción multianuais, dos que se desenvolveron cinco.

Os Programas Comunitarios de Acción sobre o Medio Ambiente derivan da Conferencia de Nacións Unidas de Estocolmo (1972) e iníciase en 1973. Os dous primeiros estaban dirixidos a paliar os danos ambientais ocasionados polas actividades productivas. No terceiro (1983-86) postulábase unha política de protección baseada na prevención dos danos mediante a integración das esixencias ambientais na planificación e execución das actividades económicas, afirmándose que a prevención é máis barata cá reparación. No cuarto (1987, Ano Europeo do Medio Ambiente-1992), refórzase o proxecto integrador e rexéitase a concepción do medio ambiente como restricción ó desenvolvemento, recoñéndose pola contra que a política de protección ambiental pode e debe contribuír ó crecemento e á creación de empregos (Medio Ambiente motor de desenvolvemento). Derivado deste cuarto programa, a política ambiental alcanza unhas dimensións tales que a fan formar parte esencial de tódalas políticas económicas, industriais, agrícolas e sociais que poñan en práctica a Comunidade e os Estados membros. Sen embargo, é importante insistir en que a política ambiental non debe ser unha máis das políticas sectoriais (concepción baseada na vella idea napoleónica da organización do Estado) senón algo integrador que impregne tódalas demais políticas. De xeito paralelo a

este esforzo, a política ambiental foi subindo de nivel: a Acta Única Europea engade en 1987 un título específico no Tratado Constitutivo da Comunidade Europea e formula a relación co medio ambiente como un dos obxectivos e principios fundamentais da acción europea. Este tratado, asinado en Roma en 1957, non tiña en conta o medio ambiente entre os seus obxectivos de regulación e, por outra parte, o desenvolvemento económico da década dos sesenta acompañaase de agresións importantes contra o medio. A súa degradación vai creando na opinión pública un sentimento crecente de preocupación. O Cumio de Xefes de Estado e de Goberno da Comunidade Europea, celebrada en París en 1972, afirma na súa resolución final que se “concederá unha atención particular ós valores e bens non materiais e á protección do medio ambiente co fin de poñer-lo progreso ó servizo dos homes”. En 1973 iníciase o primeiro programa ambiental e, a partir de aí, produciuse unha enorme proliferación de normativas sobre augas, residuos, aire, natureza, etc. A Acta Única Europea modifica os Tratados Constitutivos da Comunidade Europea introducindo, entre outras cousas, un novo título na terceira parte do Tratado de Roma: “O medio ambiente”.

En 1993 dáse un avance de extraordinaria importancia coa entrada en vigor do Tratado da Unión Europea no que se introduce o crecemento sostible, respectuoso co medio ambiente, entre as misións da Comunidade Europea. No

apartado 2 do artigo 130 R dise que as “esixencias da protección do medio ambiente deberán integrarse na definición e na realización das demais políticas da Comunidade”, o que queda especificamente consagrado no artigo 6 do Tratado de Amsterdam en 1996. Tamén en 1993 se introduce o denominado ‘principio de cautela’ e en xuño de 1998 o cumio de Cardiff senta as bases dunha actuación coordinada a escala comunitaria no que se refire á integración das esixencias ambientais nas políticas da Unión. Os primeiros sectores para os que se elabora unha estratexia de integración son os de Enerxía, Transporte e Agricultura. No Transporte, esta política de integración incide na necesidade de reducir as emisións de CO₂ de acordo co cumio de Kioto, mentres que en 1992 a reforma da PAC introduciu algúns cambios para reducir a excesiva intensificación da agricultura que producira e que, se ben elevara moi considerablemente as cotas de produción de alimentos, tamén ocasionou graves desequilibrios ambientais. De acordo coa reunión de Cardiff en 1999, a Comisión presenta as “Orientacións para unha agricultura sostible”, expoñendo con forza os problemas ambientais da agricultura actual. En 1998, o Cumio de Viena invita os Consellos do Mercado Interior, Industria e Desenvolvemento a definir as súas propias estratexias de integración ambiental. En 1999 preséntase a Comunicación sobre Mercado Interior e Medio Ambiente con propostas de impostos e gravames ambientais. En abril do mesmo ano o Consello de

Industria presenta novos modelos de produción e consumo sostibles nos que se formula a necesidade de combinar a protección do medio ambiente coa competencia industrial. Tamén en 1999 se presenta a Comunicación sobre a Pesca, cunha estratexia sostible de redución da presión da pesca, a reordenación integrada das zonas costeiras, a mellora das investigacións científicas, etc. En novembro é o Medio Urbano o que se trata no Parlamento Europeo.

En resumo, xa é moi difícil que en calquera das políticas non se fale de medio ambiente e que non se discutan criterios ambientais. Agora o que se necesita é que se aumente o coñecemento, que este se poña en acción e que as consideracións ambientais pasen a realizarse desde unha disciplina máis, aínda que moi complexa e difícil, do campo do saber científico.

BIBLIOGRAFÍA

- Allègre, C., *Economiser la planète*, Ed. Fayard, 1990.
- Berner, R. A., A. Lasaga, R. M. Garrels, “The carbonate-silica geochemical cycle and its effect on atmospheric carbon dioxide over the past 100 million years”, *Am. Sci.*, 283, 1983, 641-683.
- Cameron, J., e W. Wade-Gery, “Addressing Uncertainty, Law, Policy and the Development of the Precautionary Principle”, *SERGE Working Paper*, GEC, Reino Unido,

- Norwich, University of East Anglia, 1992, 92-43.
- Commomer, B., *Making Peace with the Planet*, Nova York, Pantheon Books, 1990.
- European Environment Agency, *Europe's Environment: The Second Assessment*, Elsevier, 1998.
- Förstner, U., *Contaminated Sediments*, Berlín, Springer-Verlag, 1989.
- Goodland, R., *The case that the world has reached limits*, en *Environmental Sustainable Economic Development: Building on Brundtland*, París, United Nations Educational, Scientific and cultural Organization, 1991.
- Holmberg, J., *Principles and tools in planning for sustainability. In sustainability in the Municipal planning. SBI Report 92*, Copenhagen, The National Institute for Construction Research, 1992.
- Hoyer, K.G., *World in environmental Transition. In The Global Environment. Science, Technology and Management*, ed. By Brune, D, et al., John Wiley, 1997.
- Lorius, C., et al., "The ice-core record climate sensitivity and future greenhouse warming", *Nature*, 347, 1990, 139-145.
- Lovelock, J. E., *Gaia: A New Look at Life on Earth*, Oxford Univ. Press, 1982.
- Macías, F., *Nuevos conceptos de planificación y gestión ambiental. Evaluación de Impactos y Cargas Críticas de Contaminantes*, Conferencia invitada en XIII Congreso Latinoamericano de Ciencias do Solo, Brasil, CD Software Grafico Comercio e Serviços Ltda., 1996.
- Margalef, R., *La biosfera. Entre la termodinámica y el juego*, Ed. Omega, 1980.
- _____, *Prólogo de la Biosfera de Vladimir I. Vernadsky*, Fundación Argentaria, 1997.
- Martínez Cortizas, A., et al., "Four thousand years of a atmospheric Pb, Cd and Zn deposition recorded by the ombrotrophic peat bog of Penido Vello (Northwestern Spain)", *Water, Air and soil Pollution*, 100, 1997, 387-403.
- Martínez Cortizas, A., et al., "Mercury in a Spanish Peat Bog: Archive of Climate Change and Atmospheric Metal Deposition", *Science*, 284, 1999, 939-942.
- Naciones Unidas, *Guía Mundial de los Recursos 2000-2001: Pueblos y ecosistemas: la deshilachada red de la vida*, Naciones Unidas, Programa para el Medio Ambiente, 2000.
- Odum, E. P., "Input management of production systems", *Science*, 1989, 243.
- Vernadsky, V. I., *La Géochimie*, 1924.
- _____, *La biosfera*, Fundación Argentaria, 1997.