

O CAMBIO CLIMÁTICO. ALGÚNS PROBLEMAS DE ACTUALIDADE

Francisco Díaz-Fierros Viqueira
Universidade de Santiago
de Compostela

INTRODUCCIÓN

Nas primeiras semanas de decembro do ano 1997 tivo lugar na cidade xaponesa de Kioto a terceira conferencia dos países que máis contaminan a atmosfera; tratábase de concreta-las medidas que deberían tomarse para “evita-las interferencias antropoxénicas perigosas para o sistema climático”. No mes de marzo de 1998 publicáronse os documentos oficiais e durante o resto do ano os países asistentes terían prazo para asina-los seus compromisos. Para moitos a conferencia supuxo un fracaso porque non se conseguiron acordos de alcance mundial (só os países desenvolvidos asinaron o Protocolo de Kioto), non se recalcou abondo na urxencia do problema e a redución proposta semellaba insuficiente. Outra visión, quizais non tan cobizosa pero si máis acorde coa situación de precariedade na que se atopan aínda os acordos internacionais no tocante ós problemas ambientais globais, considera que se deron pasos importantes e, sobre todo, que se definiron estratexias que, se a cegueira dos gobernos non as estraga, poden servir para principiar un camiño

que endereite a perigosa tendencia na que nos achamos: unha tendencia a destruí-lo mellor dos nosos recursos e a provocar cambios de alcance global que no futuro fuxirán do noso control.

Os cambios ambientais debidos ás actividades antropoxénicas iniciáronse na China e en África hai máis de catro mil anos cos cultivos de rozas e outros xeitos de explotación dos solos e dos recursos forestais; e aínda que estas actividades tiveron fondas repercusións no ambiente local, os seus efectos globais foron cativos. Esta situación, sen embargo, cambiou radicalmente a partir dos primeiros anos do século XIX coa chamada revolución industrial. Esta revolución baseouse na utilización masiva do carbón e o ferro como fontes de enerxía e materias primas para a construción de máquinas, edificacións e obras públicas. Foi especialmente activa, primeiro, no vello continente e despois en Norteamérica, puntos do planeta onde se puido concentrar o coñecemento científico e técnico necesario, así como enerxía, forza de traballo e capital abondos.

Os logros da revolución industrial non se acadaron sen un prezo ambiental

alto. Da masa de materiais que se extraían da terra e se convertían en produtos, máis do 90 % orixinaron refugalloos residuais e, como consecuencia, producíronse as primeiras emisións masivas de gases á atmosfera, que aínda continúan hoxe. É salientable que actividades que hai douscentos anos constituía as fontes principais que deitaban gases á atmosfera, como a xeración de enerxía a partir de combustibles fósiles e a obtención de metais por fusión, seguen sendo aínda arestora os procesos que máis impacto lle causan á atmosfera (T. E. Graedel, e P. J. Crutzen, 1993).

Canda a revolución industrial, xeráronse importantes cambios nunha agricultura en rápido desenvolvemento. O comezo da mecanización agraria xunto co emprego da fertilización química e outras medidas produciron uns rendementos das colleitas xamais vistos. O crecemento da poboación e a emigración a terras menos poboadas deu orixe á colonización de moitas áreas virxes onde os novos medios productivos aceleraron os procesos de cambio. As deforestacións masivas e a oxidación da materia orgánica do solo por mor do cultivo intensivo ocasionaron tamén fortes emisións de CO₂ á atmosfera.

No século XIX comezaron tamén a organizarse as primeiras redes estables de observación meteorolóxica (en Galicia, o Observatorio da Universidade de Santiago, o máis antigo dos que seguen activos, iniciou as súas observacións no ano 1850), e, xa neste século, as análises químicas sistemáticas da composición da atmosfera. A partir deste

conxunto de datos, cando se dispuxo de series de observacións dunha certa densidade espacial e lonxitude temporal, xurdiu das interpretacións que se fixeron delas a evidencia do cambio climático. Estudiado xa de vello por algúns científicos como Arrhenius, no ano 1903 (J. Martínez Alíer, 1991), só a partir da segunda metade deste século se dispuxo de información abonda para que non existisen dúbidas sobre a existencia de cambios no clima provocados polo home. A manifestación destes cambios deu orixe a moitas hipóteses e teorías, moitas delas aínda en discusión. Só a existencia dun quecemento global da atmosfera a partir dos anos da revolución industrial e ultimamente o buraco no ozono acadaron un consenso xeneralizado. Ámbolos dous problemas foron a razón de moitas reunións internacionais que están conseguindo que, aínda que con moitos receos, os gobernos empecen a tomar decisións para atallalos.

QUECEMENTO DO CLIMA E CARBONO

O quecemento da atmosfera que reflicten os rexistros meteorolóxicos desde o século XIX (figura 1) atribúese a un desequilibrio no balance de enerxía da atmosfera coñecido como 'efecto invernadoiro'. A enerxía solar que entra na atmosfera atópase nun xusto equilibrio coa que sae, polo que as temperaturas do planeta que derivan desa enerxía radiante serán máis ou menos constantes ó longo do tempo. Só os coñecidos ciclos diurno e anual e algún que outro episodio illado, como as erupcións volcánicas,

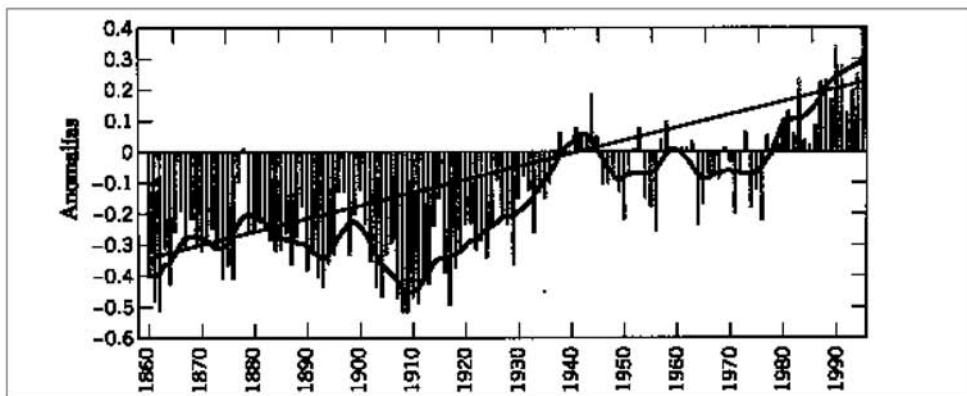


FIGURA 1. Evolución das temperaturas no período 1860-1995, expresadas como anomalías fronte os valores medios do período normal 1961-90 (de J. Horel e O. Geisler, 1997).

alterarían esa constancia. Pero sempre se volvería á situación inicial, polo que a estabilidade a longo prazo ficaba garantida. A partir da revolución industrial, coa entrada de gases de orixe antropoxénico a un ritmo acelerado, ese equilibrio enerxético crebouse, e orixinouse unha barreira que, ó xeito dos cristais dun invernadoiro, dificultaba a saída da radiación producida na base da atmosfera. Xerábase máis enerxía da que saía e a atmosfera ía quecendo paseniñamente.

Existen diferentes gases que teñen esta capacidade para altera-lo equilibrio radiativo; os máis importantes son o vapor de auga da estratosfera (H_2O) e o anhídrido carbónico (CO_2), o metano (CH_4), o óxido nítrico (N_2O) e os produtos clorofluorocarbonados (CFC) da troposfera. Todos eles viron incrementada a súa concentración con máis ou menos intensidade nos últimos douscentos anos (táboa I).

TÁBOA I .- Características dos gases con efecto invernadoiro.

	CO_2	CH_4	CFC12	N_2O
Concentración preindustrial (pmm)	280	0,8	0	0,288
Concentración actual (pmm)	360	1,7	0,005	0,310
Ritmo de acumulación anual (%)	0,5	0,9	4	0,25
Tempo de residencia	3	10	100	150

Para valora-la incidencia particular de cada un destes gases no quecemento global utilízanse normalmente tres parámetros: *a)* a *radiative forcing*, que é a cantidade que mide o quecemento producido pola incorporación dunha unidade dun determinado gas á atmosfera, *b)* o ritmo de incremento anual, e *c)* o tempo de residencia na atmosfera, que é un índice da capacidade de renovación dese gas e que determina a súa permanencia.

Na figura 2 preséntase a evolución da chegada á *radiative forcing* dos diferentes gases desde os tempos preindustriais; se a estes datos se lle engaden os da táboa I pódese chegar á conclusión de cales son os máis preocupantes. Así, pola súa importancia na *radiative forcing* global sobresaen o anhídrido carbónico, pero polo seu ritmo de incremento e polo tempo de residencia na atmosfera, son os CFC os máis salientables. De feito, o Protocolo de Montreal (1987), asinado

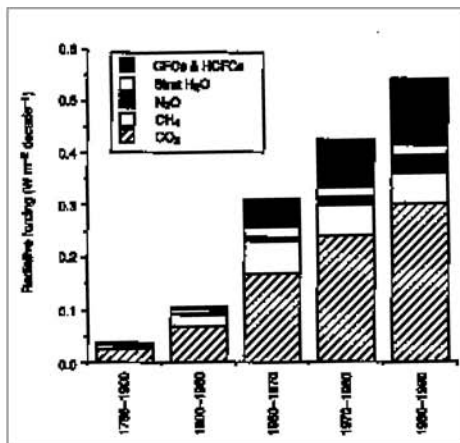


FIGURA 2. Evolución da *radiative forcing* correspondente ós diferentes gases con efecto invernadoiro (de T. E. Graedel e P. J. Crutzen, 1993).

por moitos gobernos, propoñía o cese na produción destes produtos para o ano 1995.

Máis problemático e complexo resulta o control do anhídrido carbónico, que ten como fontes fundamentais de emisión á atmosfera actividades de sectores tan estratéxicos na economía dos países desenvolvidos como son as produtoras de enerxía e as industriais en xeral. De feito, tódalas medidas propostas, fundamentalmente polo IPCC (*Intergovernmental Panel of Climate Change*, equipo de expertos promocionado polas Nacións Unidas) tiveron ata o de agora unha feble acollida, a pesar de que semella evidente que, se non se actúa axiña, a medra na concentración de anhídrido carbónico nos próximos anos será imparable, e como consecuencia tamén o será o quecemento global.

De tódolos xeitos, o contido do anhídrido carbónico na atmosfera non depende só das emisións industriais (incluíndo nestas as derivadas dos procesos fornecedores de enerxía), con seren as máis importantes. Outros procesos, que hoxe se comezan a coñecer mellor e que teñen o seu asentamento fóra dos territorios industrializados, poden ter tamén importantes implicacións sobre a concentración do anhídrido carbónico atmosférico. E se, como xa se albisca, determinadas actuacións sobre estes procesos e territorios poderían atenuar algo as drásticas medidas que, á forza, se han tomar para o sector industrial, a súa rendibilidade económica e social estaría xustificada. Para comprender estoutros procesos que regularían as emisións

industriais de anhídrido carbónico cómpre desentrañá-las claves do que hoxe se deu en chamar a 'ecuación do carbono'. Un terreo de investigación da máxima actualidade, onde as controversias e hipóteses contradictorias propias dun campo de estudio emerxente non impiden ve-las liñas de forza cara ás que todas converxen.

A ECUACIÓN DO CARBONO

Esta ecuación, tal como a propoñen R. A. Houghton (1995) ou W. H. Schlesinger (1995), exprésase inicialmente así:

$$\begin{array}{l} \text{Emisións} \\ \text{industriais} \\ \text{e agrícolas} \end{array} = \begin{array}{l} \text{Incremento} \\ \text{atmosférico} \end{array} + \begin{array}{l} \text{Absorción} \\ \text{oceánica} \end{array} + \begin{array}{l} \text{Sumidoiro} \\ \text{descoñecido} \end{array}$$

A súa orixe sitúase hai máis de vinte anos nos traballos de Bacastow e Keeling (1973) que demostran cómo os

océanos, polo balance entre produción primaria e respiración (sempre máis favorable a primeira), son uns importantes sumidoiros para o anhídrido carbónico atmosférico. Este exceso de carbono sería retirado do ciclo biolóxico pola súa sedimentación cara ó fondo dos océanos polo mecanismo denominado 'bomba biolóxica'. As diferentes avaliacións que se fixeron dos termos desta ecuación (táboa II) amosan sempre un desaxuste numérico que só podía explicarse pola existencia doutro sumidoiro, de orixe problemático, que tamén contribuíra, ó xeito dos océanos, a retirar-lo anhídrido carbónico da atmosfera.

Os últimos traballos (M. Cao e I. Woodward, 1998) coinciden en lles asignar a orixe deste sumidoiro descoñecido ós procesos localizados nos ecosistemas terrestres. Con todo, esta hipótese entra en fonda contradición coas teorías clásicas

TÁBOA II.- Avaliacións feitas por diferentes autores da ecuación do carbono en Gt de C/ano (de W. H. Schlesinger, 1995).

Emisións Combust. Biomasa	Incremento atmosfera	Absorción océanos	Sumidoiro descoñecido	Autor		
5,2 + 1,3 =	2,5	+	2,0	+	4,0	Woodell (1983)
5,0 + 1,3 =	2,9	+	2,4	+	1,0	Trabalka (1985)
5,4 + 1,6 =	3,4	+	2,0	+	1,6	Houghton (1990)
5,3 + 1,8 =	3,0	+	1,0-1,6	+	2,5-3,1	Tans (1990)
6,3 + 1,1 =	3,4	+	2,0	+	2,0	Schimel (1998)

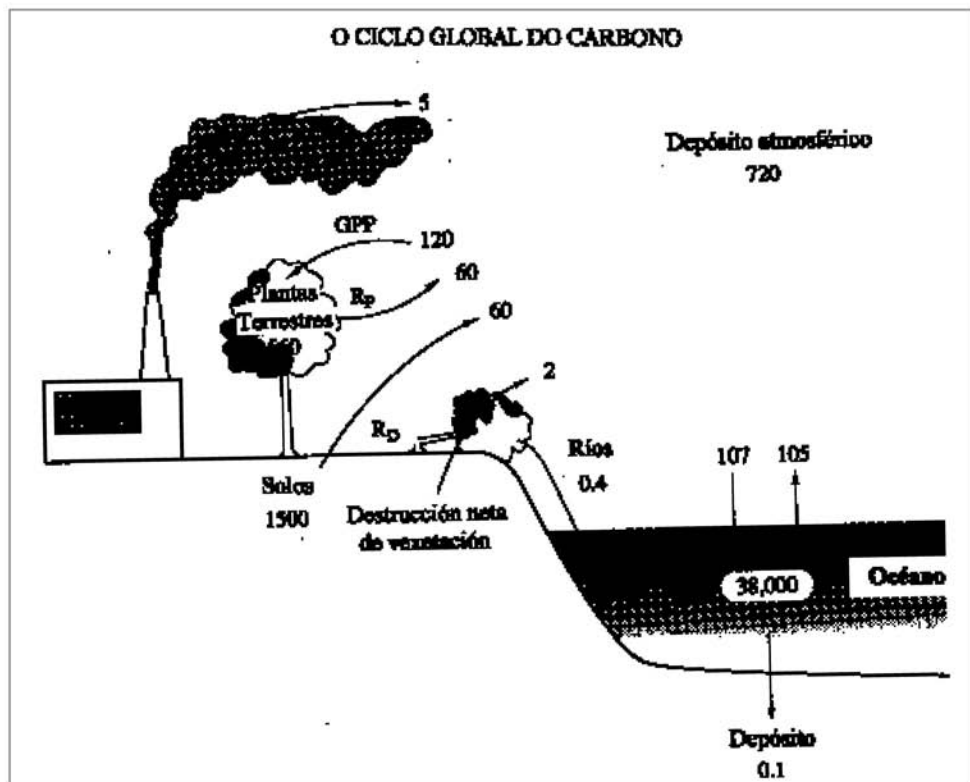


FIGURA 3. O ciclo do carbono segundo W. H. Schlesinger (1991). Os valores exprésanse en Gt/ano¹.

que lles atribúen ós ecosistemas terrestres un papel máis de emisor ca de sumidoiro do anhídrido carbónico a partir dos cambios tradicionais de uso do solo a través, fundamentalmente, das deforestacións.

Unha expresión destas teorías tradicionais pódese ver nos valores do ciclo do carbono que propón W. H. Schlesinger (1991) (figura 3). Nel apréciase que o contido en CO₂ da atmosfera (720 Gt) vai depender do balance de car-

bono que se desenvolve sobre dos continentes e dos océanos. Nos primeiros, hai un xeito de intercambios de carbono coa atmosfera, dependente dos ecosistemas terrestres, nos que os procesos de biosíntese das plantas (120 Gt/ano) se ven equilibrados polas perdas por procesos respiratorios destas (60 Gt/ano) e do solo (60 Gt/ano). Só os procesos de destrución de biomasa por mor dos incendios e as prácticas agrarias xerarían unha emisión neta de 2 Gt/ano á atmosfera e

1 Gt = equivalente a 1.000.000.000 Tm

de 0,4 Gt/ano ós sistemas acuáticos. A estes valores habería que lles engadi-las emisións industriais, que de acordo co dito balance serían de 5 Gt/ano. Os océanos terían un balance máis sinxelo, cunha absorción neta de 2 Gt/ano resultante das relacións entre os procesos biosintetizadores e respiratorios da biomasa mariña. Esta absorción neta no mar serviría só para compensa-lo 30 % das emisións continentais, polo que, ó final, o balance se resolvería cunhas emisións anuais continuas á atmosfera que xustificarian a medra en anhídrido carbónico de 5 Gt/ano, establecida como media para a década dos oitenta.

Deste ciclo do carbono pódense tirar dúas conclusións fundamentais:

1) Que as emisións netas á atmosfera dependen maiormente do balance sobre os continentes, e nestes, dos procesos industriais.

2) Estas emisións, responsables da medra en CO₂ da atmosfera, supoñen só unha mínima parte (o 4 %) do total dos intercambios de carbono que se establecen entre a terra e a atmosfera.

Disto pódese deducir que aínda que o incremento en CO₂ se reduciría máis directamente cun control das emisións industriais, outras actuacións sobre os diferentes termos do ciclo poderían chegar a ter a medio ou longo prazo importantes implicacións no equilibrio final.

Fronte destes valores da teoría tradicional habería agora que contraponellos novos, derivados da 'ecuación do car-

bono', que afectarían a esa pequena fracción do ciclo que amosa os ecosistemas terrestres como emisores netos. Segundo os recentes datos de D. S. Schimel (1998), os valores desas emisións para hoxe en día e para o ano 2070 seguindo o modelo IPCC-IS92 serían os seguintes:

	Schlesinger	Schimel	
	1980-90	1998	2070
Emisións industriais (en Gt/ano)	5,0	6,3	16,0
Destrución de biomasa (en Gt/ano)	2,0	1,1	0,5
Absorción ecosist. terrestres (en Gt/ano)	0,0	2,0	3,4

Polo cal pódese deducir que os ecosistemas terrestres actuarían coma sumidoiros do CO₂, cuns valores netos de 0,9 Gt/ano en 1998 e de 2,9 Gt/ano no ano 2070.

Estas discrepancias entre os valores tradicionais do ciclo do carbono e os actuais, derivados da 'ecuación do carbono', explícanse, en parte, por unha sobreestimación dos cálculos ó non ter en conta, por exemplo, nas zonas de destrución de biomasa, as perdas de produción desta producidas pola erosión e a degradación dos solos. Pero, sobre todo, estímase que as diferencias maiores proveñen do feito de ter considerado nos cálculos os ecosistemas terrestres en situación estacionaria fronte os cambios do medio que viñan acaecendo ó seu redor; por exemplo, os derivados da propia medra en anhídrido carbónico

atmosférico, que pode ter un efecto 'fertilizante' sobre os ecosistemas terrestres incrementando a súa capacidade productiva primaria. Ou, sobre todo, os cambios nos ciclos do nitróxeno e o fósforo, que actuarían no mesmo sentido (D. S. Schimel, 1998).

Con todo, esta función sumidoiro dos ecosistemas terrestres cun balance de carbono positivo só resultaría así a partir da década dos anos cincuenta, cando o contido en carbono da atmosfera acadaría determinados valores críticos (R. A. Houghton, 1995). Antes, o balance de carbono dos ecosistemas terrestres axustaríase ós que lle reconece a teoría clásica, actuando como un emisor neto.

AS PREVISIÓNS SOBRE O QUECEMENTO GLOBAL E OS PRIMEIROS COMPROMISOS INTERNACIONAIS

Os diferentes modelos propostos para simular a evolución do clima a medio prazo auguran, de se mante-lo ritmo actual das emisións á atmosfera, un quecemento xeneralizado do clima. O incremento podería ser, de acordo co modelo IS92 do IPCC (un dos máis recoñecidos actualmente), de preto dos tres graos na temperatura media da terra para finais do próximo século. Os seus efectos, cando menos, suporían unha subida do nivel do mar de 90 centímetros e fortes alteracións, aínda non fáciles de predicir, da circulación atmosférica cos correspondentes cambios da zonalidade climática. Outros expertos falan de secas e inundacións catastróficas en

determinadas áreas do planeta, fames, epidemias, etc. (J. E. Llebot, 1997).

Diante destas previsións, que ningún pon en dúbida nos seus termos máis xerais, os gobernos empezaron a tomar posicións e a adopta-los primeiros acordos internacionais para a limitación das emisións de gases con efecto invernadoiro. O primeiro acordo dunha certa transcendencia foi o que creou baixo o patrocinio das Nacións Unidas o equipo de expertos coñecido como o IPCC; o seu primeiro documento foi emitido no ano 1990. Nel propúñanse xa diferentes alternativas para a diminución das emisións de gases con efecto invernadoiro (GEI). O Cumio da Terra de Río de 1992, na convención sobre o cambio climático, volveu insistir no tema e diferentes países comezaron a toma-las primeiras medidas de control. Sobre todo é salientable a proposta do FCCC (*Framework Convention on Climate Change*) do ano 1993 de limita-las emisións dos GEI no ano 2000 ós valores que se contabilizaran en 1990, que foi ratificada por tódolos estados da Unión Europea amais doutros países desenvolvidos. De tódolos xeitos esta ratificación protocolaria non supuxo na práctica unha obrigatoriedade real, e así os chamados "Estados de Cohesión" da Unión Europea (Grecia, Irlanda, Portugal e España) seguiron aumentando as súas emisións co argumento de que os sacrificios que lles suporía a converxencia económica cara ás economías dos outros estados membros non lles permitiría afrontar esas limitacións. De feito, todos eles tiñan previsto incrementa-las súas emisións entre 1990 e

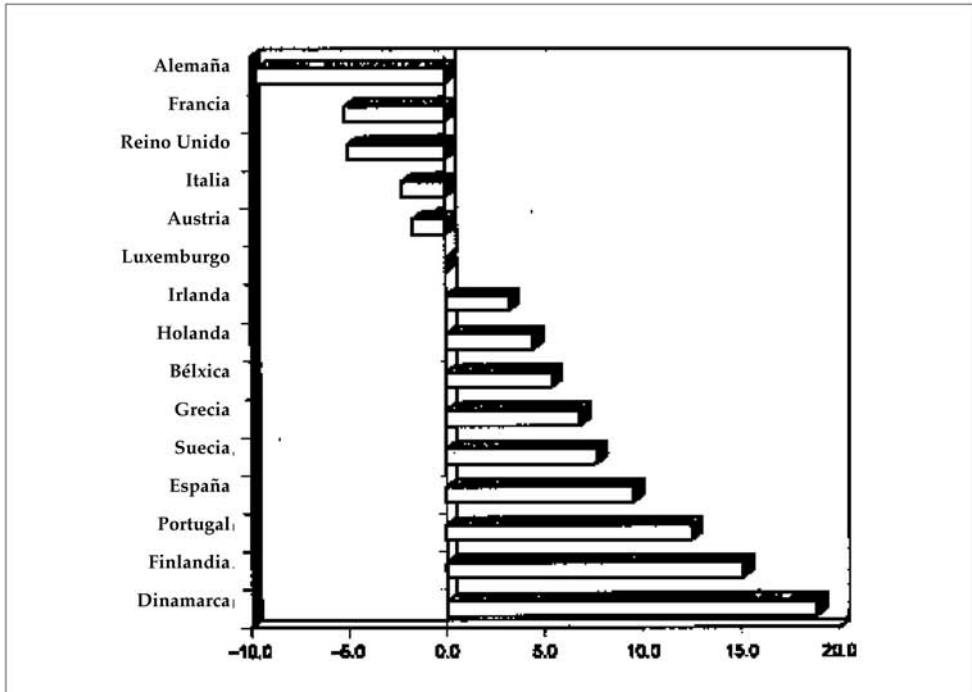


FIGURA 4.- Cambio nas emisións de dióxido de carbono nos países da U.E. no período comprendido entre 1990 e 1994 (de W. N. Adger, *et al.*, 1997).

o ano 2000 dun 20 a un 30 %. E os datos do período 1990-94 así o amosaban (figura 4).

O PROTOCOLO DE KIOTO

En decembro do ano 1997 celebrábase na cidade xaponesa de Kioto a xuntanza internacional con máis transcendencia no tocante a medidas de control das emisións dos GEI. No Protocolo final adoptábanse acordos importantes de carácter xenérico, pero sobre todo reco-

mendábaselles ós estados que cada un en particular se comprometera a unha redución determinada das súas emisións para o período 2008-2012. Como base do cálculo adoptábanse as emisións do ano 1990², coas que se establecía unha porcentaxe de cambio que variaba do 92 %, escollido pola maioría dos países, ata o 110 % de Islandia. (Só 39 países dos 174 asistentes ó Protocolo definiron o seu compromiso de redución, entre eles España cunha taxa do 92 %). A Unión Europea acordou, ó cabo,

² Inclúe as emisións por combustións, procesos da industria, transporte, respiración de solos e raíces e incendios forestais, así como a absorción pola produción primaria de bosques e cultivos.

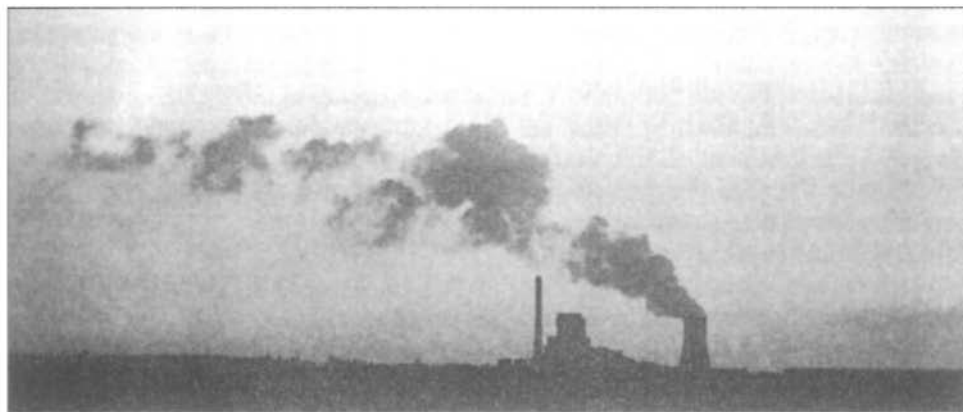
que o compromiso de redución o adoptaba toda ela como un conxunto, o que permitía que no seu seo os países tiveran diferentes taxas de emisión segundo o permitira a súa economía. Así, os países de cohesión poderían seguir aumentando temporalmente as emisións. De feito a España, na reunión de xuño deste ano, permitiúselle medrar un 15 % con relación ó nivel de 1990.

Un aspecto moi importante deste Protocolo, que levou a fondas discusións, foi a consideración da ecuación do carbono como un elemento máis para ter en conta nas reducións dos niveis de CO₂ na atmosfera. Deste xeito, os efectos que os cambios de uso do solo podían ter nas emisións ou nas absorcións dos GEI pasaron a ser obxecto de contabilidade cara ó resultado final. A dificultade dunha valoración exacta destes efectos foi a cerna das discusións e aínda que, certamente, se precisan moitas máis investigacións para definir con exactitude os diferentes termos destes procesos, o xa coñecido —como sinalaba recentemente o IGBP (1998)— abunda como para non desbotar inmediatamente as posibilidades de intervención sobre o ciclo global do carbono co manexo dos ecosistemas terrestres.

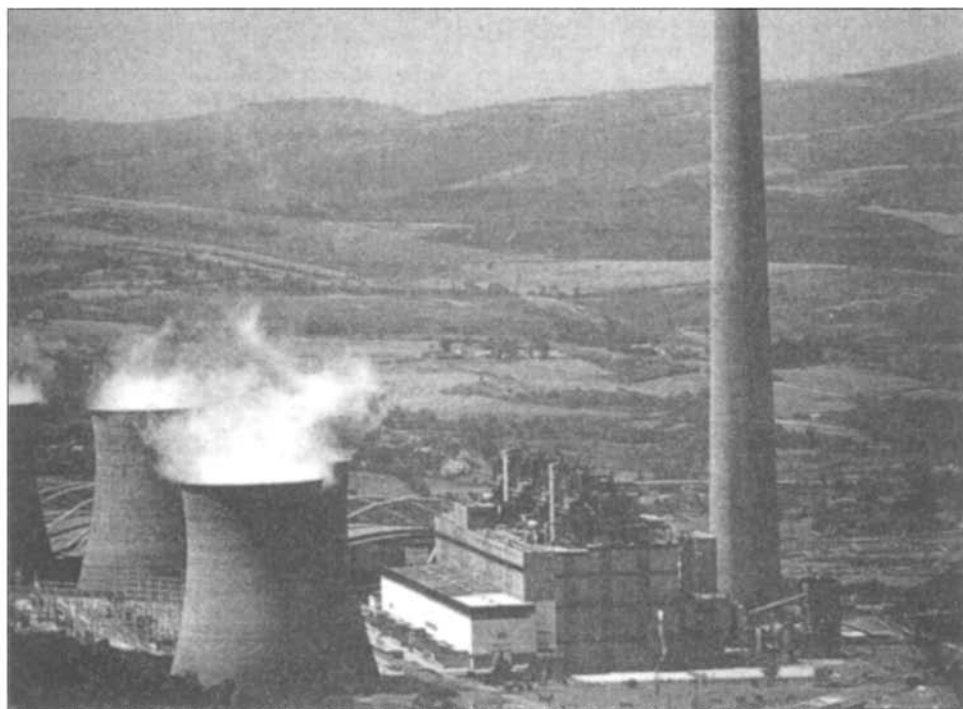
A modo de exemplo do que pode supoñer para España e Galicia o compromiso adoptado no Protocolo de Kioto van dedicadas as derradeiras consideracións.

No ano 1990 España emitía á atmosfera 270.000 kTm³ de CO₂ (das que Galicia achegaba aproximadamente o 13 % a partir sobre todo das emisións das centrais térmicas das Pontes e Meirama) (MOPT, 1990). A esixencia de Kioto de incrementalas só nun 15 % para o período 2008-2012 obrigaría a que estas emisións foran nesas datas de 310.500 kTm. A redución, polo tanto, na produción das enerxías de orixe térmica (as principais emisoras) debería ser drástica, sobre todo se se ten en conta que aínda non se adoptou ningunha medida seria nese sentido, polo que as emisións do ano 1995 foron de 289.000 kTm e na actualidade superaranse xa, con toda probabilidade, os 300.000 kTm. É dicir, que practicamente se leva xa consumido en oito anos o 74 % da taxa de medra admitida para España no seo da Unión Europea. O resto habería que distribuílo entre os próximos catorce anos. A tarefa non resultará doada pois moi pouco se leva andado do camiño cara á redución das emisións españolas. De tódalas maneiras, é de agardar que o bo siso que se lles supón ós gobernantes estableza axiña as medidas pertinentes para que as taxas de medra das emisións diminúan nos próximos anos e dun xeito progresivo se acheguen ós valores comprometidos en Kioto.

Como o mantemento da medra económica actual non se pode concibir sen unha achega proporcional de enerxía, só dúas alternativas se albiscaban para este sector: a substitución das fontes de enerxía actuais por outras con menos



As centrais térmicas de Meirama (arriba) e As Pontes (abaixo) son dúas das grandes emisoras de CO₂ á atmosfera.



emisións de GEI (como sucede, por exemplo, co gas natural) ou sen ningún tipo de emisións (coma no caso das enerxías de orixe eólica ou hidráulica), e accións intensas de aforro no consumo de enerxía. O Protocolo de Kioto ofrece agora outras posibilidades: que os procesos de reforestación (sobre terras que foron bosques outrora) e forestación (sobre terras que nunca o foron) supoñan un sumidoiro importante para o carbono emitido. Deste xeito, os 16 millóns de hectáreas de bosque que existen en España poderían actuar como un sumidoiro que, de acordo coa contabilidade presentada pola Secretaría Xeral do Medio Ambiente para España (MOPT, 1991), para o ano 1985 sería de arredor de 300.000 kTm de CO₂. Esa cantidade restada das emisións previstas para os anos 2008-2012 faría que o esforzo esixido para a redución das emisións por outras fontes fose significativamente menor.

O CAMBIO CLIMÁTICO E GALICIA

En Galicia as emisións de CO₂ á atmosfera pódense estimar a partir do inventario realizado para España pola Secretaría Xeral do Medio Ambiente para o ano 1985. Desde entón variaron algo as emisións dos diferentes axentes contaminantes, cunha tendencia xeral á medra. De tódolos xeitos, a fonte fundamental de emisións, que son as centrais térmicas das Pontes e Meirama, experimentaron só un incremento entre o 10-15 %, polo que desa orde sería o déficit de cálculo que se podería ter tomado ese

ano como referencia. Para estima-lo valor das emisións desde Galicia segundo os diferentes sectores que considera a metodoloxía CORINAR, que foi a empregada pola Secretaría Xeral, tívose en conta a participación porcentual de Galicia nas distintas actividades emisoras consideradas. Os resultados serían os seguintes:

Sector emisor	Emisións de CO ₂	% Emisións galegas
Combustións	33.470 kt	16,5
Procesos	1.850 Kt	8,5
Transporte	2.680 Kt	6,2
Natureza: Absorción	-68.000 Kt	20,8
Natureza: Emisión	64.000 Kt	20,5
Natureza: Incendios	720 Kt	25,0
Agricultura: Absorc.	-27.950 Kt	18,0
Agricultura: Emisións	28.750 Kt	18,0
TOTAL	34.800 Kt	13,0

As conclusións máis interesantes que se poderían seguir da súa análise serían:

a) As actividades emisoras fundamentais serían as das térmicas, que suporían o 78 % do total das combustións e o 67 % das emisións totais de Galicia.

b) O importante efecto sumidoiro que xeran os bosques galegos, que supón o 20 % do efecto sumidoiro total de España e que lle subtrae 4000 kt ás emisións totais.

c) Outros procesos como poden se-las combustións dos residuos sólidos urbanos (2.150 kt) ou os incendios

forestais (720 kt), revestirían moita menor transcendencia.

Por todo o cal dedúcese que, se se quere participar desde Galicia na redución das emisións á atmosfera a que se comprometeron en Kioto os países europeos, habería que actuar fundamentalmente sobre as emisións das térmicas cambiando os combustibles, mellorando os rendementos enerxéticos e mesmo reducindo a súa actividade se todo o anterior non abundara. O espallamento dos bosques tamén podería ser unha boa maneira de atalla-lo problema, pero neste caso habería que ter en conta que o proceso sería moito máis lento e limitado a longo prazo, xa que o efecto sumidoiro depende sempre do balance entre o ritmo de medra das repoboacións e o de cortas en madeira.

A capacidade do home de interferir nos procesos naturais acadou xa uns niveis de tal magnitude que os seus efectos poden chegar a ter consecuencias planetarias; consecuencias que poden, perfectamente, comprometer-lo benestar das sociedades futuras. Por iso, e de acordo cun elemental principio de precaución, deberíamos te-la responsabilidade necesaria para non mantermos actividades que puideran estraga-lo mundo no que lles tocará vivir ós nosos descendentes. Esas responsabilidades deben principiar polas decisións dos nosos gobernos pero, antes ou despois, han pasar polos compromisos individuais que cada un de nós se verá abocado a tomar.

BIBLIOGRAFÍA

- Adger, W. N., *et al*, "Land Use in Europe and the Reduction of Greenhouse-gas Emissions", en W. N. Anger *et al*. (coords.), *Climate Change Mitigation and European land-use Policies*, Londres, CAB. International, 1997.
- Bacastow, R. C. D. Keeling, "Atmospheric carbon dioxide and radio-carbon in the natural carbon cycle.II. Changes from AD 1700 to 2070 as deduced from a geochemical model", en G. M. Woodwell-E. V. Pecan, *Carbon and the Biosphere*, Virginia, U. S. Atomic Energy Commision. Symp., Series 30, 1973.
- Bolin, B., "Changes un land biota and their importance for the carbon cycle", *Science*, 196, 1977, 613-615.
- Cao, M., F. I. Woodward, "Dynamic responses of terrestrial ecosystem carbon cycling to global climate change", *Nature*, 393, 1998, 249-252.
- Graedel, T. E., P. J. Crutzen, "Atmospheric Change. An Earth System Perspective", Nova York, Freeman.Co., 1993.
- Horel, D., O. Geisler, "Global Environmental Change", Nova York, Wiley, 1997.

- Houghton, R. A., "Changes in the Storage of Terrestrial Carbon since 1850", en *Soils and Global Change*, Eds. R. Lal, *et al.*, Lewis Pub. Boca Raton (USA), 1995.
- IGBP Terrestrial Carbon Working Group, "The terrestrial Carbon Cycle: Implications for the Kyoto Protocol", *Science* 280, 1998, 1393-1394.
- Llebot, J. E., "El inicio del siglo XXI y el Cambio Climático", en *Crónica del Medio Ambiente 1997*, Barcelona, Novartis Hispania, 1998.
- Martínez Alier, J., "A valoración económica e a valoración ecolóxica como criterios da política medioambiental", *A Trabe de Ouro*, 5, 1991, 9-27.
- MOPT, "El Cambio Climático. Control del Efecto Invernadero", en *El Medio Ambiente en España*, 1989. Madrid, 1989.
- Schimel, D. S., "The carbon equation", *Nature*, 393, 1998, 208-209.
- Sarmiento, J. L. *et al.*, "Simulated response of the ocean carbon cycle to anthropogenic climate warming", *Nature*, 393, 1998, 245-248.
- Schlesinger, W. H., "An Overview of the Carbon Cycle", en *Soils and Global Change*, Eds. R. Lal. *et al.*, Lewis Pub. Boca Raton (USA), 1995.

(Revista Galega do Ensino, 22, febreiro, 1999)

