



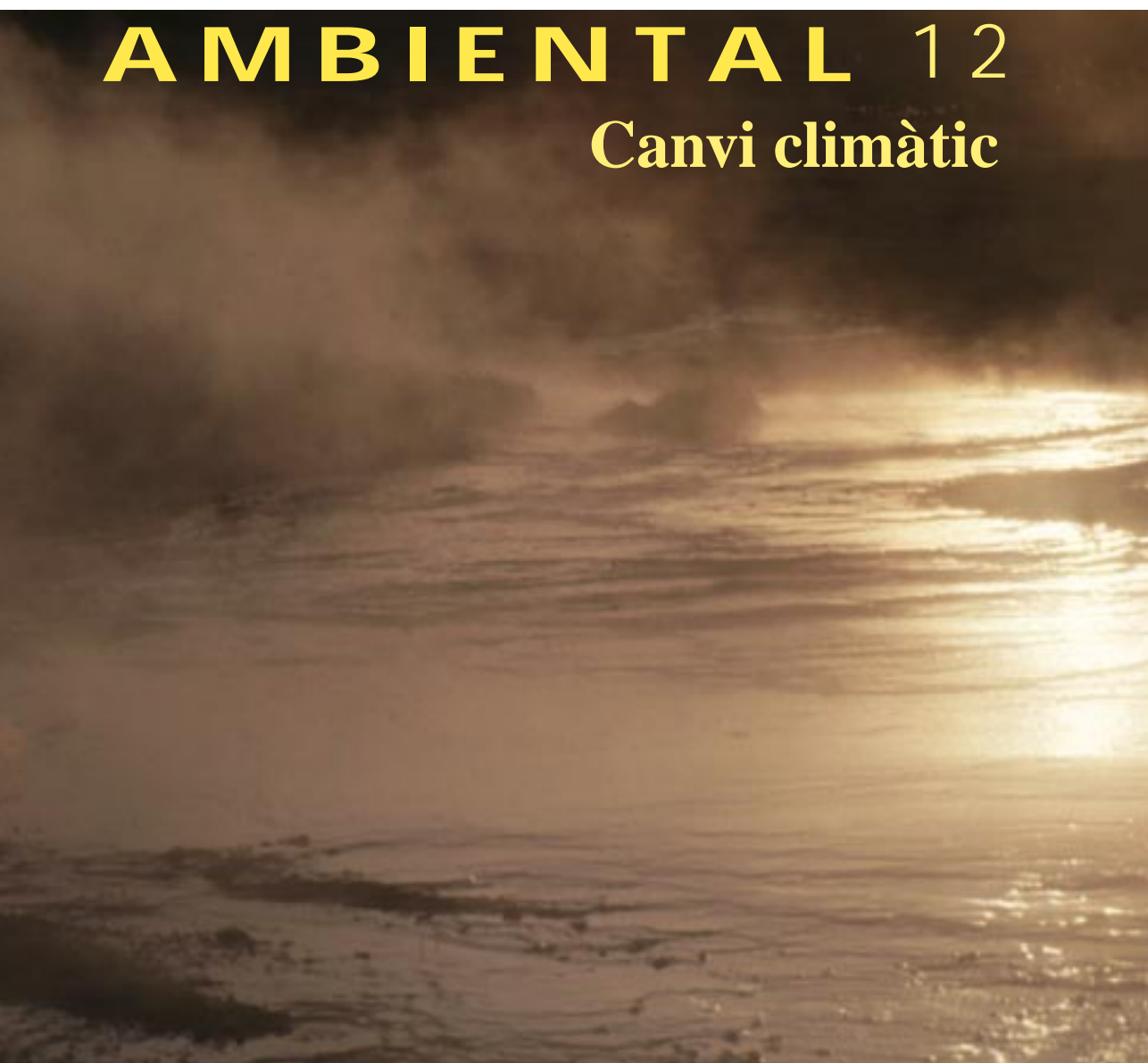
SUPLEMENT DE  
**PERSPECTIVA**  
ESCOLAR

Març 1998

# **PERSPECTIVA**

# **AMBIENTAL 12**

## **Canvi climàtic**



Març 1998

P E R S P E C T I V A  
A M B I E N T A L 12

**Edició:**

Associació de Mestres Rosa Sensat  
Còrsega, 271 • 08008 Barcelona  
• Tel: 93-237 07 01 • Fax: 93-415 36 80

Fundació TERRA  
Avinyó, 44 • 08002 Barcelona  
Tel/Fax: 93-319 52 80

**Redacció:**

Jordi Miralles, Ralf Massanés i Anja Evers

**Fotografies:**

Fundació Terra, TFM, Ecotecnia i diverses fonts.

**Assessorament:**

Imprès amb el sistema computer to print  
Imprès en paper ecològic

**Impressió:**

Romanyà-Valls

**Dipòsit Legal:** B. 2090-1975

**El canvi climàtic**

L'herència de la industrialització  
Un planeta en crisi  
El clima un sistema dinàmic  
Què és l'efecte hivernacle?  
Els gasos hivernacle  
La baldufa orbital  
El paper dels éssers vius  
El clima i l'evolució de la Terra  
Els factors sorpresa  
Els capricis d'El Niño  
Les catàstrofes climàtiques  
La desertització  
Les Conferències mundials del clima  
Un problema moral  
Actuant contra el canvi climàtic  
**No et posis calent**  
Els petits canvis són podersos  
Cercant els orígens  
Mapegem el futur  
La conferència escolar sobre el clima  
Climes i microclimes  
L'aigua més dolça

*Amb el concepte de canvi climàtic expressem la inquietud davant dels efectes d'un escalfament accelerat de l'atmosfera per causa de les emissions gasoses de l'activitat humana. Desconeixem si podem provocar un canvi climàtic global, però hi ha evidències suficients per ser cauts i aturar-ne les causes.*

## El canvi climàtic

*Fundació TERRA\**



\* La Fundació TERRA és una fundació privada que té per objectiu canalitzar i fomentar iniciatives que afavoreixin una responsabilitat més gran de la societat en els temes ambientals.

## L'herència de la industrialització

Les emissions de diòxid de carboni van començar durant la revolució neolítica en la qual l'espècie humana va començar a cremar boscos per conrear i pasturar. Fins a mitjan segle XIX la concentració de diòxid de carboni a l'atmosfera era força estable i al voltant de 280 parts per milió en volum (ppmv). En un segle i mig s'ha incrementat gairebé un 30%, la temperatura mitjana global ha pujat 1 °C i la població s'ha multiplicat per 6 (de 1.000 milions a més 6.000 milions). Durant aquest període més del 80% de les emissions de diòxid de carboni ha procedit dels països industrialitzats. El creixement econòmic i industrial experimentat per un 20% de la població mundial, que consumeix el 80% de l'energia, s'ha traduït en un proporcional i constant increment del diòxid de carboni acumulat a l'atmosfera. Podem afirmar que el progrés

assolit per la nostra cultura s'ha fet a costa d'una important degradació de l'entorn, fins al punt d'amençar l'habitabilitat del nostre medi vital.

La major part de la demanda d'energia primària necessària per al progrés prové de cremar el carbó i el petroli i derivats. La combustió d'aquestes substàncies produeix com a resultat l'emissió de vapor d'aigua i gasos carbònics que tenen com a propietat atrapar la radiació solar i impedir que retorni cap a l'espai. Aquesta propietat és la causant de l'anomenat efecte hivernacle, que provoca l'escalfament de l'atmosfera.

Cremant els combustibles fòssils en realitat no fem altra cosa que retornar a l'atmosfera el diòxid de carboni que componia la primitiva atmosfera terrestre i que l'activitat d'organismes durant milions d'anys va retirar tot fixant-lo en forma de petroli, carbó, gas natural o pedra calcària. (Recordem que l'atmosfera terrestre primitivament era majoritàriament composta de diòxid de carboni i sense oxigen. *Vegeu el Perspectiva Ambiental*, núm. 9: *L'ozó*.)

Heus ací, doncs, que per primera vegada un ser viu, l'espècie humana, evoluciona i provoca una alteració de l'entorn que té un abast planetari. Després de més d'un segle de progrés basat en la industrialització i el consum excessiu d'energia, ens adonem que hem de cercar altres fonts d'energia i processos industrials que no alliberin els anomenats gasos hivernacle.

Per això, si volem que hi hagi futur per a la civilització humana basada en el progrés per fer avançar la racionalitat és imprescindible adoptar un nou model o estil de vida que entre altres coses exigeix utilitzar fonts d'energia que no contaminin l'atmosfera i lògicament no amenacin l'essència mateixa de la vida com la radiació nuclear.

La complexitat dels efectes de l'actual civilització es resumeixen en un concepte prou complex i imprevisible: el canvi climàtic. No podem condensar les milions d'hores de milers de científics estudiant el tema, però no volíem deixar d'oferir algunes de les claus per comprendre que hi ha darrera del que podria ser una pandèmia planetària.



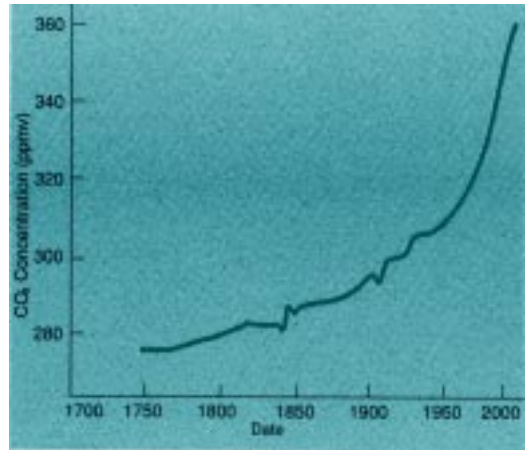
Esquema amb els principals component del sistema climàtic i algunes de les interaccions que alimenten el canvi climàtic.

## Un planeta en crisi

L'any 1990 un important col·lectiu de científics agrupats per l'ONU en l'anomenat Panel Intergovernamental pel Canvi Climàtic (IPCC) va concloure que hi havia un risc clar d'escalfament global de l'atmosfera. L'any 1996, les emissions de carboni al món procedents de la crema de combustibles fòssils van assolir les 6.250 milions de tones. Es-

tudis arreu del planeta anunciaven que la possibilitat d'una concentració de gasos hivernacle era una certesa tot i que no es podien avançar hipòtesis sobre l'abast d'un canvi climàtic. Tanmateix, d'acord amb models matemàtics i simulacions informàtiques es podien preveure uns increments globals de 1 a 3,5 °C de temperatura mitjana planetària (recordem que un canvi de temperatura d'1 °C equival a un canvi latitudinal de 100 a 150 km, és a dir, que incrementar un grau la temperatura vol dir que l'actual vegetació de Castelló seria la comuna a l'àrea de Barcelona). El resultat més immediat d'aquest increment de temperatura seria una pujada del nivell del mar entre 15 i 95 cm al llarg del proper segle. Però, el veritable perill rau en els canvis en la temperatura superficial dels oceans ja que és fonamental tant per a la vida planctònica (base de tot l'ecosistema marí) com per a la dinàmica atmosfèrica global (pluviositat, vents, etc.). Els efectes de la inundació de terres planes costaneres actualment emergides serien catastròfics per a les àrees litorals de molts països (com ara Bangladesh o Holanda) i moltes de les petites illes de l'oceà Pacífic.

L'any 1997 ha estat el més calorós del segle, essent la temperatura mitjana de 14,4 °C, és a dir 0,4 °C per damunt dels 14,0 °C acumulats fins ara. Un estudi de la Universitat de Viena ha detectat que algunes plantes alpines han estat enfilant-se a un ritme de 3,7 m per dècada en els darrers 90 anys cercant temperatures més fresques. A la península occidental de l'Antàrtida durant els darrers deu lustres les temperatures hivernals han estat de 4 a 5 °C per damunt de la mitjana. Aquest fet ha repercutit en les poblacions del *krill* planctònic i de rebot sobre la població dels pingüins d'Adelaida, les poblacions del qual han caigut un 40%. I lògicament, les geleres alpines i dels glaciers estan re-

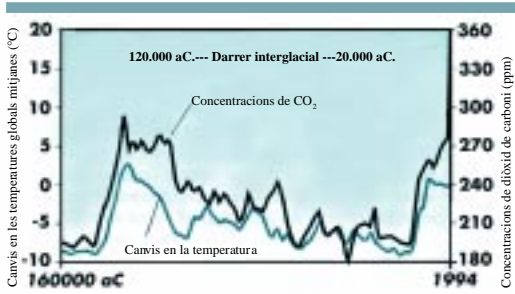


Evolució de la concentració de diòxid de carboni a l'atmosfera des dels inicis de la revolució industrial. Les dades anteriors a 1957 són estimacions a partir de l'anàlisi de l'aire atrapat als gels, mentre que de llavors ençà és amb medicions directes.

trocedint de manera alarmant. D'evidències, doncs, no en manquen.

Desconeixem quin ritme porta el canvi climàtic, quins impactes locals pot tenir un escalfament global o els efectes sobre el creixement de les plantes agrícoles i la resposta dels biomes terrestres i marins. Tanmateix, hi ha un fet evident. Des de l'era preindustrial les concentracions de diòxid de carboni per la crema de combustibles fòssils ha augmentat a un ritme equivalent al 0,5% anual i que actualment són un 30% superiors que en aquell moment (any 1750). Per tant, es donen les condicions físiques de l'atmosfera per què es produeixi l'efecte hivernacle. Tot i que aquest increment de temperatura no es pot relacionar directament amb un canvi climàtic, el fet és que el càlcul de probabilitats per avaluar el risc demostra que un canvi climàtic és real, tot i que els efectes locals d'aquest canvi són molt incerts.

Les dades i les controvèrsies científiques posen de manifest un risc planetari que podria ser especialment greu no tant a la flora i la fauna silvestre com per a la civilització humana tal com la coneixem. Un egoisme



Els nivells de CO<sub>2</sub>, històricament, han anat lligats a les tendències de la temperatura global. L'espectacular increment en els darrers 150 anys ens posa en un situació de risc total.

lògic i l'esperit de conservació com a espècie haurien de ser les veritables raons per preocupar-nos i canviar l'actual estil de vida de la nostra societat.

Quan comprem un cotxe o una casa l'assegurem perquè en cas d'accident no ho perdem tot. Tanmateix, és clar que l'assegurança no ens malmet la convicció que pretenem no tenir cap accident i en canvi ens tranquil·litza davant del risc demostrat per simple càlcul estadístic. Prendre mesures per fer front al canvi climàtic hauria de ser equivalent a adquirir una assegurança per garantir la qualitat de vida per al futur.

«El diagnòstic mèdic més encertat emana sempre de l'autòpsia, però l'interessat no ho agraeix: sens dubte hauria preferit un diagnòstic a mitges i una teràpia a temps. És la sàvia prevenció contingent davant de l'obtusa reclamació fora de termini. Arriscar-se responsablement és, també, una actitud científica. No podem esperar a saber-ho tot sobre els problemes raonablement albirats per actuar aleshores "científicament"» (R. Folch, *Tots: quaderns d'educació ambiental*, 1993).

## El clima, un sistema dinàmic

El clima es defineix habitualment com una descripció estadística del temps a partir de les mitjanes i de l'evolució temporal de certes variables al llarg d'un mínim de tres dècades.

Aquestes variables defineixen moments de l'atmosfera terrestre els quals podem mesurar des de la superfície. Són la temperatura, la velocitat del vent, la pressió i humitat de l'aire o la quantitat de pluja caiguda. La suma d'aquestes variables acaben caracteritzant un clima.

Tanmateix, el clima és un sistema complex determinat per la radiació solar, la rotació de la Terra, la composició química de l'atmosfera i les variacions físiques dels oceans. En aquest sistema hi intervenen igualment alguns elements físics com ara el glaç, la neu i la superfície terrestre, però també els biomes terrestres. Les parts d'aquest conjunt es relacionen a través d'intercanvis energètics i de fluxos de materials que són l'origen que el clima no sigui una variable exclusiva d'una localitat concreta sinó de regions més o menys grans.

Els components del sistema climàtic condicionen el clima mundial o regional ja sigui:

- modificant la composició de l'atmosfera terrestre, modulant l'absorció i la transferència de l'energia solar i la reflexió de l'energia infraroja cap a l'espai;
- alterant les propietats de la superfície terrestre ja sigui cobrint-la en alçada com fan els núvols o tapant-la arran de terra com fa la neu i el glaç;
- redistribuint horitzontalment i verticalment la calor d'una regió a l'altra per causa dels moviments de l'atmosfera i els corrents marins.

En condicions naturals les diferents variables que poden incidir sobre el clima es troben compensades per la pròpia dinàmica dels sers vius que conformen la biosfera. I això ha estat així fins a l'inici de la revolució industrial. Fins que, de sobte, una sola espècie, la humana, s'ha convertit en un factor de modificació primordial de les condicions del sistema climàtic.

## Què és l'efecte hivernacle?

L'atmosfera terrestre es parcialment permeable a la radiació solar; gairebé el 50% es rebotada cap a l'espai i una altra part queda retinguda o filtrada en la capa d'ozó. Això pel que fa la radiació UV. En canvi, al voltant del 90% de la radiació infraroja (calor) enviada pel Sol s'absorbeix per l'atmosfera. Aquest tipus de radiació, quan arriba a l'atmosfera, és d'ona curta i traspasa amb facilitat les diferents capes fins arribar a la superfície. En canvi, la radiació calorífica que retorna la Terra és d'ona llarga, la qual cosa fa que quedi retinguda per diferents gasos presents a l'atmosfera, entre altres el diòxid de carboni, el vapor d'aigua, el metà i l'ozó. Tots ells, però, presenten una propietat física comuna: poden absorbir el raigs infrarojos i d'aquesta manera escalfar l'atmosfera. A mesura que incrementa la concentració d'aquests gasos, la radiació infraroja es capturada a l'atmosfera i la temperatura del globus terraquí augmenta, d'escalfar l'atmosfera. A mesura que s'incrementa la concentració de diòxid de carboni la radiació infraroja retinguda per l'atmosfera s'incrementa i l'efecte és l'escalfament. Es parla d'efecte hivernacle perquè aquest mateix fenomen de retenció del calor o radiació infraroja també el fa el vidre i certs plàstics amb els quals es fabriquen els hivernacles per mantenir temperades les collites.

Si desaparegués el diòxid de carboni i altres gasos hivernacles la temperatura planetària mitjana baixaria dels actuals 15 °C a -18 °C. Per contra un augment es tradueix en un increment de la temperatura mitjana.

ANY	1950	1955	1960	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	1996
Tones de Carboni (Millions)	1.620	2.020	2.543	3.095	4.006	4.527	5.170	5.286	5.943	6.080	6.251

*Tones anuals de carboni llançades a l'atmosfera.*

## Els gasos hivernacle

Els gasos atmosfèrics que es considera que contribueixen a l'efecte hivernacle són: el diòxid de carboni, el metà, l'òxid de nitrogen, el vapor d'aigua, l'ozó i els halocarbons. Els quatre primers es troben de forma natural a la composició de l'aire. Els halocarbons són d'origen artificial i es van començar a fabricar de manera massiva a partir dels anys 40 i tenen una llarga permanència a l'atmosfera pel fet de ser molt poc reactius. Ara bé, l'activitat industrial pel fet de cremar combustibles fòssils com a font d'energia desprèn grans quantitats de diòxid de carboni i òxid nítrós.

El metà, en canvi, es genera sobretot com a resultat de l'activitat agrícola i ramadera. Al planeta hi viuen uns 10.000 milions de caps de bestiar que generen al voltant de 100 milions de tones de metà. El metà és producte de la fermentació intestinal del bestiar i, per tant, és un producte de la digestió que s'expulsa en forma gasosa. Una altra font important de metà és genera també per fermentació en les aigües estanyades dels arrossars arreu del planeta. El bestiar també genera diòxid de carboni, però aquest queda compensat per l'activitat fotosintètica de les plantes. El principal problema del metà procedent de la ramaderia és que s'haurà incrementat al voltant d'un 45% cap a l'any 2025. Noves tecnologies de gestió ramadera com ara afegir substàncies riques en urea a la dieta del bestiar poden reduir les emissions de metà per unitat de ferratge entre un 25 i un 75%. Una altra fórmula és fer més eficient l'aprofitament dels ramats. El tema no és fàcil, però cal emprendre accions innovadores.

Mercès als canvis en la concentració dels gasos hivernacle el balanç energètic de l'atmosfera terrestre s'incrementa en 2,4 watts per m<sup>2</sup>, en altres paraules, al voltant d'un 1% de l'energia rebuda serveix per escalfar el sistema climàtic global. Tot això s'esdevé mentre l'increment de diòxid de carboni és aproximadament d'un 0,5% anual.

Dades	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CFCs	O <sub>3</sub>
Datada mitjana a l'atmosfera (any)	5.200	7.10	150	CFC 11 - 75 CFC 12 - 110	hores/dies
Contribució a l'efecte hivernacle entre 1950 i 1985 (%)	53	13	6.7	20	variable al voltant de 0
Concentracions atmosfèriques (en volum)	275 ppm	0.7 ppm	228 ppb	0	15 ppb
Concentracions estimades el 1990 (en volum)	354 ppm	1.7 ppm	310 ppb	CFC 11 - 0.26 ppb CFC 12 - 0.44 ppb	35 ppb
Efecte acumulatiu de les emissions de 1990 al proper 100 anys (%)	61	15	4	11.5	8.5

No cal dir que el clima varia de forma espontània per raons purament físiques. Per altra banda, al llarg del curs de la història geològica ha sofert fins i tot canvis sobtats. Ara bé, en períodes més curts, com és ara un segle o, fins i tot, un mil·lenni és manifesta estadísticament força estable, encara que mostri oscil·lacions temporals.

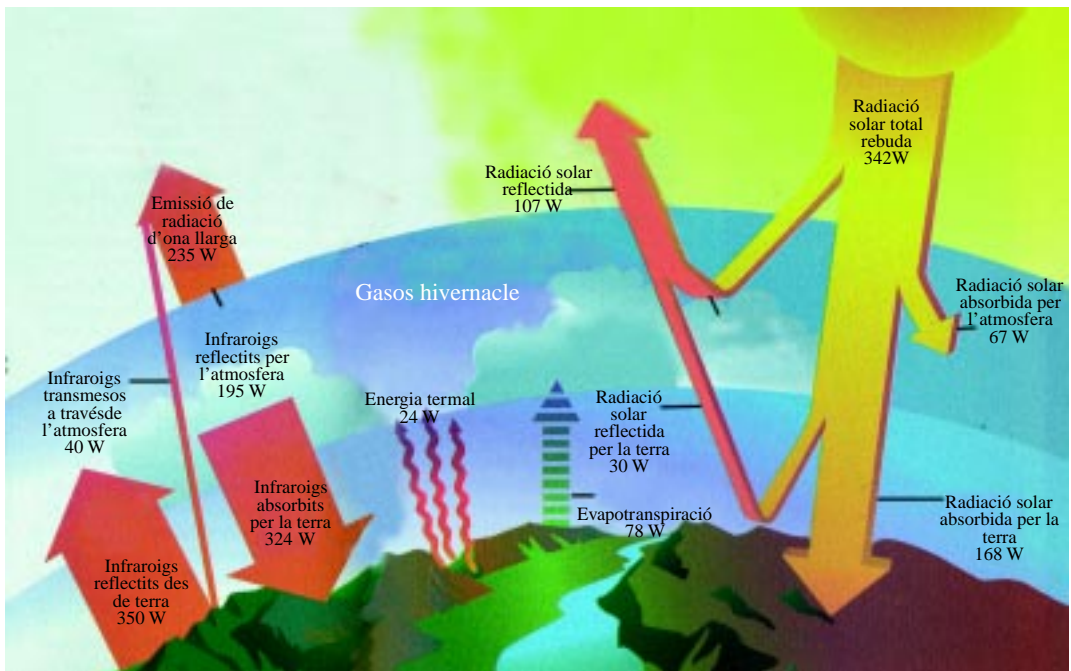
Per un costat, la radiació solar que rep el planeta no té sempre la mateixa intensitat i els oceans són com grans magatzems d'energia que l'alliberen lentament i harmonitzen el clima planetari. Tot plegat fa que la interacció entre els diferents elements del sistema no sigui fàcil de preveure en un moment determinat i que presenti oscil·lacions naturals. Per això, parlem del temps meteorològic com l'expressió dels fenòmens atmosfèrics al llarg de l'any. En canvi, el clima seria la mitjana del temps meteorològic i, per tant, allò que podem

esperar per pura certesa estadística. Per això, tot i les grans fluctuacions meteorològiques, pot ser que el balanç anual no variï.

Ara bé, hi ha algunes situacions dinàmiques entre els elements del sistema climàtic que poden presentar oscil·lacions més llargues i que es tradueixin en fluctuacions climàtiques. Aquest seria el cas del fenomen de El Niño.

Finalment, hi ha evidències que els éssers vius, especialment el fitoplàncton i les plantes terrestres també intervenen en la regulació climàtica. Les recerques encaminades a demostrar la teoria Gaia de l'eminent científic James Lovelock han trobat moltes proves que demostren la bioregulació del planeta.

Sigui com sigui, el clima varia al llarg del temps i l'estudi del registre de pol·len de plantes en els sediments, o l'aire que queda empresonat en el gel ens han permès conèixer l'evolució del clima al llarg de la història del



Balanç energètic de la radiació solar (groc) i els infraroigs (vermell) a través del sistema climàtic en watts per  $m^2$  de superfície terrestre. La radiació absorbida de mitjana per la terra és de  $168 \text{ W/m}^2$ , però l'escalfament de l'atmosfera per la radiació emesa és com a mínim del doble dels  $324 \text{ W/m}^2$ .



L'estudi del gel ha permès conèixer la història climàtica de la Terra.

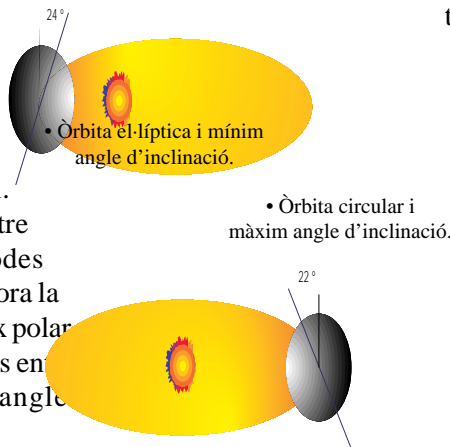
Geleres	1980 (ha)	1991 (ha)	% disminució
Aneto	324	302	6,8
Mont Perdut	107	90	15,8
Posets	66	48	27,3
Balaifçes	18	15	16,6
Tallçà	10	2	80

planeta. Gràcies a aquest estudi seqüencial al llarg dels segles podem afirmar sense cap mena de dubte que s'està produint un canvi climàtic. Potser és per causes naturals, però en tot cas l'activitat humana està incidint sobre algunes variables del sistema climàtic que tenen un gran poder de modificació. Per això, més val ser previsor i aturar les causes que alteren alguns dels elements del sistema climàtic com ara el diòxid de carboni.

## La baldufa orbital

L'efecte de la rotació de la Terra i les diferències de temperatura entre els oceans i la terra provoquen els moviments d'aire atmosfèrics.

A principis dels anys vint el matemàtic servi Milankovitch va teoritzar que els canvis climàtics a la Terra podien ser deguts a lleugeres variacions en l'angle del pla d'inclinació orbital. L'òrbita de la Terra varia entre elíptica i circular en períodes d'uns 100.000 anys. Però alhora la seva inclinació respecte a l'eix polar ho va en cicles de 40.000 anys en 22° i 24°. Actualment, l'angle d'inclinació és de 23,4°.



La coincidència d'una òrbita el·líptica (que provoca que la radiació solar rebuda sigui menor). Si a més l'angle d'inclinació disminueix propicia que a la franja subpolar hi hagi un estiu fred i la neu no es licüi. La persistència de la neu sobre extensos territoris afavoreix un increment de l'albedo o pèrdua d'energia cap a l'espai per reflexió i, per tant, la temperatura disminueix. Per altra banda, el corrent marí del Golf que arrossega aigües temperades del tròpic al xocar amb l'aire més fred litoral de les terres septentrionals propicia la condensació de l'aire calent que cau amb forma de neu sobre la terra ferma. El resultat és una potenciació de l'albedo i el refredament entre en un cercle viciós que pot durar milenis. Curiosament, una glaciació s'inicia per un estiu fred sobre les terres septentrionals i no pas per un hivern gèlid.

Per sortir d'una glaciació es necessita que hi hagi una major radiació solar sobre les terres septentrionals, això vol dir una òrbita circular i un augment en l'angle d'inclinació. Alguns científics especulen que la propera glaciació podria començar en menys de 2000 anys. La darrera, va començar fa uns 115.000 anys i va acabar ara fa uns 10.000 anys. La temperatura mitjana actual és de 15°C.

Tanmateix, les evidències de Gaia explicarien que l'estabilitat d'alguns paràmetres climatològics com ara les concen-

tracions de gasos atmosfèrics són per l'acció dels éssers vius. Tanmateix, sembla que aquests res poden fer davant l'eventualitat d'oscil·lacions dels paràmetres astronòmics que puguin afectar al nostre planeta.

## El paper dels éssers vius

El boscos i les grans masses d'aigua planetària actuen com a reservori d'aproximadament 39.000 milions de tones de carboni, i en fixen cada any al voltant de 4.000 milions més. Tot i així, l'home, l'any 1992 ja produïa 6.000 milions de tones de carboni amb la seva activitat, que correspon a uns 22.000 milions de tones de diòxid de carboni. Aquesta gran producció fa que la capacitat d'engolir de la biosfera es vegi superada per les emissions humanes, sense que se'n puguin saber les conseqüències. Encara hi ha massa incògnites per resoldre en relació la biosfera i les seves interaccions.

En aquest sentit s'ha investigat la

impedir l'entrada de les sals marines al seu interior i mantenir la pressió osmòtica dins la cèl·lula.

L'emissió de DMS per part de les algues marines s'ha descobert que pot jugar un paper important en la regulació del clima. De fet, el DMS s'oxida molt ràpidament generant una sulfat de sal no marina que per la seva forma col·loïdal podria proveir de nuclis de condensació per a la formació dels núvols sobre els oceans. La cobertura de núvols podria augmentar el retorn a l'espai de la radiació solar i, per tant, mantenir una temperatura lleugerament inferior que facilitaria incrementar la velocitat del vent. D'aquesta manera, el mateix oceà gaudiria de tempestes que contribuirien a facilitar que

els nutrients enfonsats pugessin a la superfície, fet que beneficiaria les algues.

El descobriment dels nuclis de condensació de DMS produïts pel plàncton marí dona suport a la teoria Gaia que argumenta que els éssers vius intervenen en la regulació global de les condicions ambientals del planeta a fi de facilitar-ne la supervivència.

## El clima i l'evolució de la Terra

Fa uns 65 milions d'anys la Terra va rebre l'impacte d'un meteorit d'uns 16 km de diàmetre sobre els territoris del nord-est del Canadà que va provocar l'extinció d'un 60% dels organismes vius, entre ells els dinosaures. La capa d'iridi situada entre el període Cretàcic i l'era Terciària és una prova inequívoca del xoc d'un meteorit ja que l'iridi és un metall

### La teoria Gaia i el canvi climàtic

James Lovelock i la biòloga Lynn Margulis a principis dels anys setanta van formular la hipòtesis, anomenada Gaia, segons la qual els sers vius del planeta Terra es comportaven com un sistema que s'autoregulava. En altres paraules, que l'evolució dels organismes vius estava estretament lligada a l'evolució del seu entorn físic i químic i que conjuntament formaven un únic procés evolutiu que és autoregulator. Així, doncs, el clima, la composició de les roques, l'aire i els oceans a més de ser una conseqüència geològica també estan determinats per l'activitat biològica. A través dels processos vitals dels organismes aquests aconseguixen mantenir les condicions del planeta favorables per al seu bon desenvolupament. Qualsevol espècie que afecti negativament el seu entorn posa en perill no només la seva supervivència sinó també la d'altres éssers evolutivament més fràgils. Les recerques per demostrar Gaia contribueixen a comprendre la dinàmica planetària.

important relació que hi ha entre les boires i algunes algues marines. Diverses algues unicel·lulars flotadores emeten a l'atmosfera petites concentracions de DMS (dime-tilsufoni de propionat). Aquesta substància es forma de la descomposició de la betaïna, una sal de sofre amb càrrega elèctrica neutra que algunes algues marines sintetitzen per

comú en aquests cossos espacials i en canvi molt rar a la Terra.

Sigui com sigui, la immensa energia alliberada en la topada hauria provocat una densa capa de pols producte de la fusió del meteorit i la mateixa superfície terrestre. El registre fòssil de les plantes d'aquesta època fan palès que es va produir un augment d'uns 10 °C en la temperatura mitjana del planeta durant un milió i mig d'anys. Com a resultat dels nombrosos incendis forestals i la mateixa fusió de roques el diòxid de carboni també va augmentar i contribuï a mantenir l'efecte hivernacle.

L'estudi biogeològic d'aquest moment de la història del planeta posa de manifest que va ser necessària la intervenció dels organismes vius perquè la temperatura global retornés a unes condicions acceptables. El temps necessari per reduir a la meitat un augment tan important de diòxid de carboni fou de gairebé un milió i mig d'anys.

Tot i que el nivell de diòxid de carboni actual és molt inferior, l'experiència demostra que la ferida de la contaminació atmosfèrica pot durar molts segles i tenir efectes imprevisibles.

La vida també està implicada en la producció de gasos hivernacle com ara el metà o l'òxid nitrós produït per alguns bacteris i, sobretot, del vapor d'aigua com a resultat de l'evapotranspiració tant de les plantes com, en menor mesura, dels animals. El vapor d'aigua contribuiria a mantenir un equilibri amb el diòxid de carboni i altres gasos hivernacle. Ara bé, el vapor d'aigua es condensa i forma núvols quan hi ha una variació en la temperatura i nuclis o partícules que facilitin la condensació. En aquest cas, l'estreta relació establerta amb les algues marines com a alliberadores de nuclis de DMS facilitaria explicar el fenomen d'autoregulació del clima terrestre a partir de la vida.

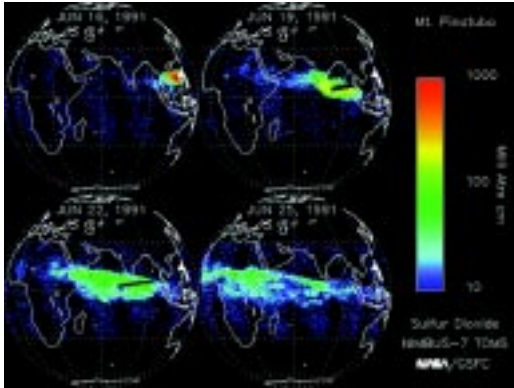
Desconeixem com pot reaccionar el planeta davant d'un increment sobtat del diòxid de carboni. Només sabem que durant la darrera glaciació la concentració de diòxid de carboni era de 180 ppm i la temperatura mitjana 2,5 °C més baixa que l'actual. A principis de l'era industrial la concentració de diòxid de carboni era de 280 ppm. Probablement a l'increment d'uns 100 ppm de diòxid de carboni li correspon un increment de 2 °C. Tanmateix, l'increment de metà i altres gasos hivernacle com els CFC en realitat és com si haguéssim afegit 40 ppm més de diòxid de carboni. Amb la teoria Gaia a la mà podria aventurar-se la hipòtesi que el planeta intentés oposar-se a l'escalfament. Malauradament, l'augment de gasos hivernacle també podria provocar una fallida temporal del sistema homeostàtic de la Terra i, per tant, convertir-se en un món gens favorable per a la vida humana. Tot i així, el cicle del carboni es calcula en un milió d'anys i els efectes dels increments actuals poden persistir durant segles.

## Els factors sorpresa

### • *Les erupcions volcàniques*

La Terra conserva al voltant d'uns 500 volcans actius, és a dir, que tot i no estar en





Imatges de satèl·lit de la Universitat de Hawaii que mostra la dispersió de diòxid de sofre dels núvols volcànics del Pinatubo al llarg dels nou primers dies de l'erupció.

erupció ho poden fer. L'erupció d'un volcà genera tota una sèrie d'efectes importants en la dinàmica atmosfèrica i, per tant, del clima planetari provocat per la projecció de gasos i cendres fins a més de 30 km d'alçada.

L'any 1783 Benjamí Franklin ja va especular que l'erupció del volcà islandès Hecla podia haver estat la causa d'aquell estiu fred. L'erupció del Krakatoa el 1883 va propiciar nombroses observacions de tipus meteorològic atesa l'espectacularitat dels cels per causa de la pols atmosfèrica que s'hi acumulà. Finalment, el 1913 W. J. Humphreys establí una relació entre la pols volcànica expulsada a l'atmosfera i els canvis climàtics relacionats amb els períodes glacials.

Avui sabem que les erupcions volcàniques provoquen efectes complexos, però que realment, encara que sigui temporalment, modifiquen l'albedo de la Terra, és a dir, la quantitat d'energia solar que el planeta rebota cap a l'espai, i per tant incideixen sobre el clima global. Una de les primeres erupcions de la qual s'ha estudiat a fons els efectes climàtics és la del volcà Pinatubo (Filipines) que va esclatar entre el 15 i el 16 de juny de 1991 i va expulsar durant unes 15 hores al voltant de 20 milions de tones de diòxid de

sofre en plena estratosfera a 25 km d'alçada. La dispersió d'aquesta pols volcànica es va estendre per gairebé tot el planeta en poc menys de deu dies. Segons els estudis, l'erupció del volcà Pinatubo ha estat una de les que més aerosols va dispersar per les capes altes de l'atmosfera. Després de l'erupció d'aquest volcà les temperatures globals van disminuir 0,8 °C els següents dos anys, però el 1994 havien recuperat el nivell d'abans de l'erupció.

Els volcans actuen com els glaçons per fer baixar la febre. La darrera erupció significativa fou la del volcà de l'illa caribenya Montserrat que després d'uns mesos d'activitat va llençar el 26 de desembre de 1997 una columna de cendra que assolí els 11 km d'alçada. En l'estudi de com afecten les acumulacions de diòxid de sofre causada pels volcans han estat decisius els sensors dels satèl·lits.

Els gasos emesos a l'atmosfera pels volcans són variats però essencialment es tracta de compostos de sofre que, a poc a poc acaben convertint-se a les capes altes de l'atmosfera en àcid sulfúric, que és el responsable de l'increment de l'albedo terrestre. I quan l'albedo augmenta vol dir que la quantitat de radiació solar reflectida cap a l'espai també s'incrementa i el resultat



L'activitat volcànica és una de les causes naturals d'influència sobre el clima.

## Els capricis d'El Niño

El Niño no és altra cosa que un fenomen sorprenent que comença pels volts de Nadal i es perllonga durant l'estiu austral i es produeix davant de les costes de l'oest sudamericà, però especialment de les peruanes. En aquesta àrea de l'oceà Pacífic afloren les aigües fredes que el corrent de Humbolt porta del Pacífic sud i que van carregades de nutrients. D'una forma periòdica, per això El Niño també es coneix per El Niño Southern Oscillation (ENSO), el corrent costaner fred de Humbolt no pot aflorar per causa de la forta intensitat i extensió que pren el corrent càlid sud-equatorial. La invasió d'aquestes aigües càlides que poden superar fins en 10 °C els només 12-18 °C de l'aigua profunda impedeix l'aflorament de les aigües profundes i estimula l'evaporació que provocarà pluges abundants al llarg de les costes peruanes i dels països veïns.

La primera conseqüència és que la manca de nutrients en superfície fa minvar la pesca. Per altra banda, aquesta temperatura elevada de la superfície marina facilita l'evaporació i produeix pluges inusualment fortes. El fenomen té impacte a tot el Pacífic des de la costa nord-est de Llatinoamèrica fins al sud-est asiàtic i la Índia amb efectes diferents entre l'est i l'oest del Pacífic. A l'est s'esdevé un període càlid que produeix sequeres catastròfiques com les que van afectar Indonèsia i Austràlia el 1996. A les costes sud-americanes l'excés de pluges i la manca de pesca poden ser tràgics. Però, El Niño també sembla que té repercussions a altres indrets del planeta. Se li atribueixen les fortes pluges i inundacions que van afectar l'Europa Occidental l'hivern de 1993-94, així com els freds extremats que patiren als Estats Units.

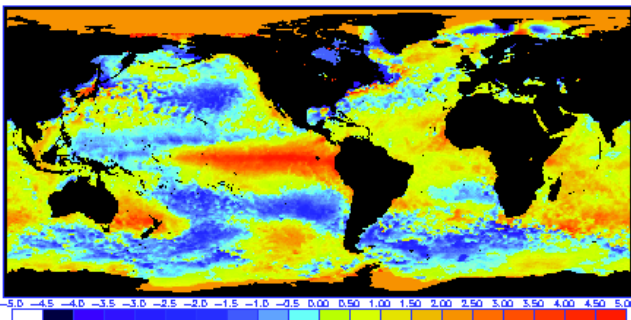
El Niño es produeix amb una certa regularitat i es registra des de 1791. Dels registres històrics s'ha pogut observar que més de la meitat dels episodis d'El Niño s'ha produït en el darrer segle i que darrerament s'esdevé amb una periodicitat d'aproximadament cada sis-set anys. Tot plegat fa pensar que la violència d'El Niño estigui relacionada amb el canvi climàtic.

Sortosament, els estralls sobre el paisatge per l'excés de pluges cada vegada és menor per les mesures preventives que s'han adoptat. Un dels darrers El Niño tràgics fou el 1983 només comparable als de 1925, 1891 i 1791. Tot i que El Niño és un fenomen esperat a la regió perquè contribueix a restablir l'equilibri silvopastoral del desert, els efectes sobre la pesca són tràgics per a l'economia local. Avui, gràcies a la informació proporcionada pels satèl·lits es poden fer previsions que permeten alertar la població i adoptar mesures correctives. El Niño 1997-98 és més catastròfic que el ja tràgic de 1982-83. El febrer de 1998 El Niño, a tot el continent americà, ja havia causat un miler de víctimes i centenars de mils de damnificats per causa de pluges que en un sol dia poden deixar caure l'aigua que cau en un any.

Avui sabem que El Niño és quelcom més complex que una anomalia regional. De fet, és el resultat d'una seqüència de situacions atmosfèriques més generalitzades sobre el Pacífic meridional. Potser aquest sincronisme periòdic de les fluctuacions pot ser degut a la dinàmica de l'intercanvi entre el sistema atmosfera-hidrosfera. Sigui com sigui, sembla que hi ha una relació entre les precipitacions i les temperatures de la zona tropical meridional de l'Atlàntic i les de l'oest del Pacífic. La definició més actual és que El Niño és un debilitament o inversió dels vents superficials al llarg del Pacífic equatorial causat pel canvi en les pressions atmosfèriques. Aquestes tendeixen

a bufar d'oest cap a l'est provo-cant que les aigües calentes de la superfície s'acumulin en aquest costat del Pacífic convertint-la en una regió humida i plujosa, mentre que a l'oest l'efecte és el contrari: la sequera. Les alteracions climàtiques que provoca en altres parts del planeta són encara objecte d'estudi.

NOAA Current SST Anomalies, 2/10/1998



En aquesta imatge del 10 de febrer de 1998 es pot apreciar l'aigua calenta superficial del Pacífic davant les costes americanes que és la causa de les anomalies de forta plujositat o aridesa.

és una davallada de temperatures (l'augment de les nevades també contribueix a incrementar l'albedo). En altres paraules, que l'activitat volcànica alimenta un descens de les temperatures globals i, per tant, pot conduir a períodes glacials temporals. Curiosament, el calor generat durant l'erupció no passa de tenir influències lleugeres sobre el clima dels voltants i en un àmbit molt restringit.

#### • *Les retroalimentacions*

Això del canvi climàtic no es tan senzill com dir: l'atmosfera s'escalfa, el mar puja de nivell i la vida tal com la coneixem s'extingeix. Tot plegat és molt més complicat. En primer lloc ja hem comentat el paper dels éssers vius. Però hi ha molts altres factors que no podem preveure com afectaran. Per exemple, a banda del desglaç polar cal considerar el desglaç dels sòls congelats de la tundra, l'anomenat permafrost, que podria incrementar les emissions de metà. La disminució de la neu i els gels incidiria fent baixar l'albedo i, per tant, concentrant encara més la calor atmosfèrica. L'augment de la temperatura del mar, tot i provocar la mort de moltes espècies del fitoplàncton, podria incrementar l'activitat d'altres organismes que s'aprofitessin de l'increment de carboni dissolt. És cert que moltes d'aquestes anomenades retroalimentacions sembla que condueixen precisament a agreujar els efectes del

canvi climàtic, però també n'hi poden haver de positives. Per exemple, les boires baixes reflecteixen la radiació solar.

#### **Les catàstrofes climàtiques**

Les sorpreses de la natura pel que fa al temps (és a dir, a la traslació del clima en termes entre diaris i anuals) poden ser francament desagradables. Una evidència clara, per exemple, és que a mesura que la temperatura mitjana del planeta segueixi pujant, hi haurà més evaporació i, per tant, en algunes regions hi poden haver fortes precipitacions que causin inundacions. Els efectes sobre les vides humanes i l'economia poden ser catastròfics. Les pluges de l'estiu de 1997 que van assolir l'Europa oriental van causar més de 100 morts i milers de milions de dòlars en pèrdues materials.

Quan l'aigua de l'oceà augmenta, s'expandeix i eleva el nivell mitjà del mar que afavoreix que les ones siguin més grans. Els oceans responen a les temperatures altes afavorint les tempestes. Hi ha milions de persones que viuen en àrees on el risc d'inundació és molt elevat. De fet, als voltants



de l'any 1100 ja es va produir un òptim climàtic natural que va provocar mareas vives responsables de la mort de més de 100.000 persones d'Holanda i d'Anglaterra. La regressió dels gels hauria facilitat l'expansió vikinga cap a Groenlàndia i Islàndia. Els efectes d'una pujada del nivell del mar, actualment, per exemple, causarien efectes tràgics a Bangladesh. El delta del Ganges és una plana litoral on el nivell del terreny és molt baix respecte al nivell del mar, però, en canvi, hi viuen 46 milions de persones. Aquest país podria perdre un 17,5% de la seva superfície si el nivell del mar pugés 1 m. Però el mateix problema afecta altres indrets del planeta, com ara les illes del Pacífic. Recordem que 2/3 de la població mundial viu a menys de 60 km de la costa. Les inundacions són també la causa de dues desestabilitzacions generals: la destrucció de terres de conreu, que provoca crisis locals o regionals de fam, i la d'emigracions massives que poden originar conflictes ètnics. Els danys als sòls agraris, especialment, deguts a l'erosió i també a la salinització ja es mantenen a un ritme d'entre 5 i 10 milions d'hectàrees cada any. Recordem que

l'expansió de les terres de conreu per degradació de les existents és la principal causa de deforestació, aproximadament és la responsable de destruir la meitat dels boscos tropicals del món. La població mundial de refugiats per catàstrofes naturals pot superar en un futur proper els més de 25 milions que ho són per qüestions polítiques o conflictes bèlics.

Un augment dels danys per inundacions i tempestes podria arruïnar les entitats asseguradores. Només als Estats Units hi ha hagut tants danys per huracans en els anys noranta com en els darrers vint anys anteriors. Les pluges de la tardor de 1994 a Catalunya van provocar danys valorats en 22.000 milions de pessetes.

Un altre fenomen important a considerar són les sequeres, és a dir, l'eixut perllongat sense pluges. Les sequeres poden ser anuals o poden durar temporades més llargues i causar veritables catàstrofes sobre l'agricultura i, per tant, el proveïment d'aliments.

Lligat a les sequeres es produeixen els incendis forestals. Un ambient sense humitat ambiental es converteix en un factor de risc màxim per a la propagació del foc al bosc.

Aquesta fou la causa dels paorosos incendis de l'estiu de 1994 a Catalunya i a l'Estat espanyol, on en total es cremaren més de 450.000 ha de bosc. L'hivern de 1997 també va ser marcat pels espectaculars incendis que calcinaren centenars de mils d'hectàrees de

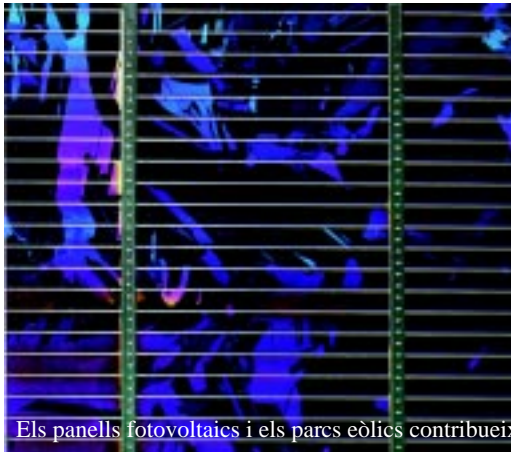


les selves indonèsies

Un altre catàstrofe lligada a la climatologia són els esllavissaments de terres que poden arrasar pobles i vies de comunicació.

Finalment, cal considerar els huracans, ciclons, tornados i tifons. Aquestes diferents tipologies de tempestes es caracteritzen per escombrar tot allò que troben al seu pas. Les ciutats costaneres tropicals són les més exposades als danys provocats pels vendavals, les maregasses, les pluges torrencials, l'erosió del litoral, etc. El setembre de 1988 l'huracà Gilbert en unes hores va devastar diverses illes del Carib. Només a Jamaica va deixar 500.000 persones

i el sòl per causa de l'aridesa tot desembocant a condicions semblants a les del desert és el fenomen que coneixem per desertització. Les causes directes de la degradació de la Terra procedeixen de diferents tipus de processos lligats a la qualitat natural dels sòls i de la climatologia. Les males pràctiques agrícoles i l'expansió de les zones urbanes contribueixen a la degradació dels sòls agraris, l'increment de temperatura, tot i ser favorable per al creixement d'algunes plantes, limita els recursos hídrics disponibles per garantir les collites). Els terrenys considerats com a terres àrides (amb una pluviositat de 100 a 400 mm/any) constitueixen el 12 % de tota



Els panells fotovoltaics i els parcs eòlics contribueixen a reduir les emissions en la producció d'electricitat.

sense sostre. Entre aquests terribles fenòmens meteorològics també cal esmentar una maregassa que va projectar sobre la ciutat de Chittagong (Bangladesh) la nit del 30 d'abril de 1991 una onada de 8 metres que va deixar sense llar 10 milions de persones i provocà 200 mil víctimes i 139 mil persones ferides. Els climatòlegs opinen que la freqüència d'huracans augmenta amb l'elevació de les temperatures de l'aigua marina.

### La desertització

El resultat de l'esgotament de la vegetació

la superfície del món i està habitada per uns 150 milions de persones. L'increment global de la temperatura pot conduir a la total destrucció dels terrenys àrids del món i, lògicament, a propiciar la desertització de les terres temperades. L'Estat espanyol és el país d'Europa més amenaçat per la desertització. La correcta gestió de l'aigua és imprescindible en aquestes zones sensibles. El canvi climàtic pot accentuar aquesta tendència. Anualment, la desertització malmet uns 6 milions d'hectàrees de sòl fèrtil i en el futur pot forçar 135 milions de persones arreu del món a l'emigració.



## Les Conferències mundials del Clima

L'any 1992 es va celebrar la Cimera de la Terra a Rio de Janeiro en la qual es va signar el Conveni sobre el Canvi Climàtic per «estabilitzar les concentracions de gasos hivernacle a l'atmosfera a un nivell que impedeixi interferències antropogèniques nocives en el sistema climàtic».

El desembre de 1997 a Kyoto (Japó) es va celebrar la tercera de les Cimera del Clima en la qual van participar 165 governs, al voltant d'uns 2000 científics agrupats en el Panel Intergovernamental sobre el Canvi Climàtic (IPCC), unes 160 organitzacions

Les negociacions de Kyoto volien servir per establir acords vinculants especificant els plaços, les mesures financeres per aconseguir-los i les quantitats de reducció d'emissions de gasos als nivells de 1990 a partir del 2005 o el 2010.

Els científics del IPCC han demostrat que cal reduir les emissions de CO<sub>2</sub> a nivells inferiors a les mesures del 1990 si es vol estabilitzar la concentració de diòxid de carboni atmosfèric. Per la seva banda alguns països com ara l'Aliança de Petits Estats Insulars (AOSIS) reclamaren que els països industrialitzats es comprometessin a reduir els seus nivells de CO<sub>2</sub> de l'any en un 20%



Només una bona xarxa de transports col·lectius pot contribuir a millorar el medi ambient urbà.

ecologistes agrupades a la Xarxa Acció per al Clima (CAN), i les indústries amb interessos en els combustibles fòssils i també les implicades en l'estalvi energètic i les energies renovables que actuaren a través del Consell d'Empreses per un Futur Energètic Sostenible. En total uns 12.000 delegats.

L'objectiu d'aquesta cimera de Kyoto era establir un protocol vinculant de reducció de les emissions «perquè els ecosistemes puguin adaptar-se de forma natural al canvi climàtic, a fi de garantir la producció d'aliments i que continuï el desenvolupament econòmic de forma sostenible».

abans del 2005. La Unió Europea proposava per acord intern reduir les emissions de gasos hivernacles en un 15% per al 2010 en relació als nivells de 1990. Tanmateix, a alguns països se'ls permetia un increment de les emissions a compte de la reducció d'altres. Mentre a Espanya se li permetia un augment del 17% fins al 2010, Alemanya assumia disminuir-les en un 25%. Els Estats Units oferien assolir els nivells de 1990 entre el 2008 i el 2012.

El resultat de la Cimera fou que 38 països industrialitzats es comprometeren a assolir una reducció dels gasos hivernacle en un

5,2% per al període 2008-2012 dels nivells de 1990. Els gasos hivernacle considerats foren el diòxid de carboni (CO<sub>2</sub>), el metà (CH<sub>4</sub>), l'òxid nitrós (N<sub>2</sub>O), els hidrofluorocarbons (HFCs), els perfluorocarbons (PFCs) i l'hexafluorur de sofre (SF<sub>6</sub>).

Així mateix es van redactar nombrosos procediments i polítiques per:

- promoure l'eficiència energètica;
- protegir i promoure els engolidors de carboni i les reserves de gasos hivernacles, propiciar pràctiques forestals sostenibles, reforestació i aforestació d'erms;
- promoure l'agricultura ecològica;
- promoure la recerca en energies renovables i les tecnologies segrestadores de diòxid de carboni;
- aplicar mesures fiscals i subvencions en aquelles activitats econòmiques compromeses en la reducció dels gasos hivernacle;
- limitar o reduir les emissions de gasos hivernacle en el sector del transport;
- limitar o reduir les emissions de metà derivades de la gestió dels residus sòlids urbans, així com en el transport i distribució d'energia.

Aquests tímids resultats assolits a Kyoto (Japó) hauran de millorar-se en una propera reunió a Buenos Aires (Argentina), la tardor de 1998, per tal d'elaborar una estratègia concreta que permeti reduir els riscos.

Recordem, tanmateix, que el 1992 a la Cimera de la Terra de Rio de Janeiro la signatura del Conveni del Canvi climàtic per la majoria dels participants significava reconèixer el perill identificat pels científics com un risc inacceptable.

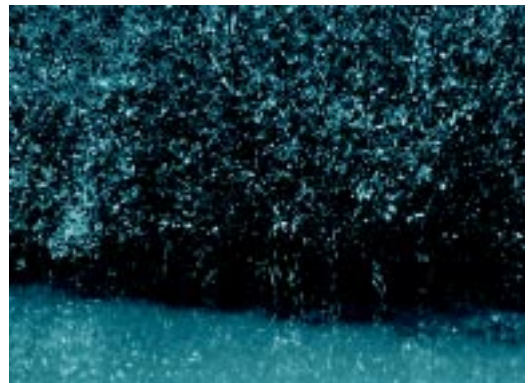
En inversions financeres s'afirma que per tenir seguretat cal disposar d'una cartera diversificada d'actius per tal de no acabar a la ruïna en cas de davallades en el mercat. En aquests moments, no jugar amb el risc del canvi climàtic exigeix tres accions ben concretes: continuar estudiant els efectes del

canvi climàtic, preparar una estratègia per fer front i adaptar-se als canvis climàtics, però el més urgent és reduir les emissions de gasos hivernacle a l'atmosfera.

## Un problema moral

El canvi climàtic posa la humanitat davant d'un repte sense precedents. Els mateixos científics reconeixen que el sistema climàtic és com una fera intractable i que reacciona de manera desproporcionada davant dels petits canvis. Els efectes de l'increment dels gasos hivernacle poden causar una veritable cascada d'esdeveniments sorprenents i catastròfics. No sabem com poden reaccionar els corrents marins o els boscos boreals davant de l'escalfament global.

La recerca científica ens pot ajudar a elaborar estratègies per adaptar-nos al canvi climàtic, però és evident que res no podrà evitar les traumàtiques adaptacions a què podem veure'ns obligats: migracions forçoses, canvis alimentaris, extinció d'espècies, pèrdua d'espais naturals, etc. D'aquí ve la importància de prendre's seriosament el problema del canvi climàtic.



Alguns ecosistemes de gran importància biològica, com els manglars, poden ser greument afectats pel canvi climàtic.



Els boscos són engolidors de carboni

Si no es pren cap tipus de mesura global els actuals 6.000 milions de tones de carbòni per any assoliran els 9000 milions de tones anuals cap el 2010, és a dir, un 40% per sobre del nivell de 1990. En aquests nivells el nivell del mar pot atènyer els 95 cm abans del 2100. Les repercussions per a la humanitat serien més destructives que diverses guerres mundials alhora, ja que damnificaria en diversos graus uns 118 milions de persones. Per un altre costat cal considerar que hi ha moltes malalties relacionades amb el clima. Molts vectors de malalties infeccioses poden incrementar-se per les condicions climàtiques. Els canvis en les temperatures i la pluviositat poden propiciar la propagació d'epidèmies a àrees abans no afectades. La febre dels ossos és provocada per un virus transmès per un mosquit (*Aedes aegypti*) en condicions caluroses; l'any 1993, per aquesta causa va assolir regions mexicanes que per la seva altitud no l'havien patit mai. El mateix es va observar al sud-oest dels Estats Units amb els brots d'Antavirus. La malària comença a aparèixer en regions on era desconeguda i el còlera causa estralls quan El Niño fuetja amb força. Per altra banda,

els brots de calor estival ja han causat en aquests darrers anys una mortaldat notable. L'any 1995 una setmana calorosa a la ciutat de Chicago va provocar la mort de 500 persones.

Sabem que al llarg de la història planetària les plantes s'han bellugat amb velocitats compreses entre 0,04 km/any i 2 km/any a fi d'adaptar-se als canvis de l'entorn. Les prediccions climàtiques fan pensar que seria necessari que les plantes prenguéssin velocitats entre 1,5 i 5,5 km/any. La major part de les espècies no podrien adaptar-se a les noves condicions canviant d'hàbitat a aquestes velocitats. El resultat seria l'extinció de nombroses espècies vegetals i de rebot d'animals. En definitiva, molts dels ecosistemes que coneixem desapareixerien. Manglars, esculls coralins, llacunes litorals, aiguamolls, deltes fluvials, etc. serien els primers a quedar afectats. Alguns d'aquests ecosistemes presenten els índexs de biodiversitat més alts de la biosfera.

Quan planegem el futur, habitualment, ho fem imaginant que el clima seguirà sent com sempre. Tanmateix, la neu, la pluja, la temperatura i la humitat ambiental condicionen la major part de les activitats humanes inclosos la salut pública, l'agricultura, el subministrament d'aigua i energia, etc.

Amb l'actual nivell de coneixements sabem que el clima és un sistema complex i que ens pot donar sorpreses en un futur proper. Imaginar el futur exigeix no oblidar la informació sobre el clima i adoptar comportaments que permetin reduir els efectes que està provocant l'activitat humana. Malauradament, tot i que es parla molt del tema, encara no se li ha donat la necessària dimensió moral perquè deixem de considerar el canvi climàtic com una possibilitat i no com un risc estadísticament cada vegada més probable.

## Actuant contra el canvi climàtic

Afortunadament es poden emprendre moltes accions eficaces per reduir les emissions de gasos hivernacle. La combustió de combustibles fòssils és la principal font d'emissió de diòxid de carboni. Només el sector del transport és el responsable del 28,3% de les emissions de CO<sub>2</sub>. Les emissions dels espanyols l'any 1996 foren d'unes 5,8 tones per habitant, és a dir un 45% per sobre la mitjana mundial situada en menys de 4 tones. Els països del Nord amb un 25% de la població mundial consumeixen el 66% de l'energia.

Les claus per incidir sobre el canvi climàtic rau en quatre eixos:

### *1. Millorar l'eficiència energètica i promoure l'estalvi.*

Un habitant de Catalunya consumeix el doble d'energia que la mitjana mundial i només un 18% menys que la resta dels ciutadans dels països rics de la Unió Europea. Catalunya és la comunitat autònoma que empra més energia per produir un milió de pessetes, gairebé el doble de la mitjana de les regions de la Unió Europea.

Actualment, disposem de la tecnologia necessària per reduir a 1/4 part el consum energètic. L'anomenada revolució de l'eficiència o factor 4 conjuntament amb un desenvolupament de les energies renovables permetria que abans del 2100 no calgués ja cremar més combustibles fòssils.

### *2. Canviar la política de transports.*

L'ús del cotxe privat a l'Estat espanyol aporta més del 50% de les emissions carbòniques. Sembla clar que cal incrementar tant el tràfic de viatgers (un 7,3% el 1990) com de mercaderies (un 5,8% el 1990) per transport ferroviari. Abans del 2005 aquests percentatges haurien de ser del 35 % i el 25 % respectivament. Malauradament, els plans d'infraestructures viàries segueixen priorit-

zan les carreteres i vies ràpides.

### *3. Potenciar les energies renovables, especialment, la eòlica i la fotovoltaica*

Per cada quilowatt hora generat amb energies renovables estalviem un quilo d'emissió de CO<sub>2</sub> a l'atmosfera. Per fer que una ciutat com Barcelona és pugués nodrir d'energia fotovoltaica caldria cobrir només 69 km<sup>2</sup> amb plaques (la superfície de la ciutat de Barcelona és de 92 km<sup>2</sup>).

Actualment, a la Unió Europea a la fi de 1997 hi ha instal·lats 4.425 Mw d'energia eòlica (l'equivalent a 5 centrals nuclears). Les energies renovables a la Unió Europea subministren un 5,3% del consum d'electricitat (1995). A finals de novembre de 1997 la Unió Europea va fer públic el llibre blanc Energia per al futur: les fonts d'energia renovables, en el qual s'estableix l'estratègia i el pla d'acció comunitari per doblar l'aportació de les energies renovables de cara el 2010.

### *4. Canviar la política de tractament dels residus sòlids urbans*

El 1990 els residus sòlids urbans espanyols emeteren unes 2,5 milions de tones de diòxid de carboni i unes 500 mil tones de metà. La matèria orgànica no es recull selectivament pràcticament enlloc per a poder-la metanitzar o compostar. El reciclatge en general no supera de mitjana el 10% i la política de minimització de residus, com ara la llei d'envasos i embalatges tindrà una repercussió mínima.

#### **Lectura recomanable:**

- Lovelock, J. *Gaia. Una ciència para curar el planeta*. Integral, Barcelona: 1992.

#### **Informació a la web:**

- <http://www.ozone.org/page20.html>
- <http://www.elnino.noaa.gov/index.html>

*A poc a poc anirem perfeccionant les simulacions climàtiques per conèixer millor el futur del planeta. Tanmateix, a banda de l'opinió dels experts hi ha un fet irrenunciable i és la necessitat de canviar la nostra actitud respecte a l'ús i consum d'energia.*

*Ben segur que calen moltes converses per assolir acords globals que comprometin. Ara bé, el millor camí per fer front al canvi climàtic comença amb l'actitud personal, des dels nens fins a la gent gran. Aquest és el repte per al qual cal educar.*

## **NO et posis calent**



La distribució de la vegetació i de les zones àrides pot canviar radicalment si no prenem mesures per aturar l'escalfament global.

## **Els petits canvis són poderosos**

En tots els aspectes que hem tractat fins ara sobre el canvi climàtic hi ha un fil conductor que és essencial i que són el gasos que provoquen l'anomenat efecte hivernacle. El més habitual d'aquests gasos és el diòxid de carboni o  $\text{CO}_2$ , que es produeix primordialment per la crema de combustibles fòssils. Però hi ha molts altres fenòmens naturals que produeixen diòxid de carboni, com ara la respiració dels éssers vius, els incendis d'origen natural, les erupcions volcàniques, etc.

Aquest gas té la capacitat d'absorbir calor i és per això que contribueix a l'escalfament de l'atmosfera i al manteniment de la temperatura ambiental planetària. Ara bé, si la seva concentració augmenta en excés, pot incrementar perillosament la temperatura planetària, la qual cosa podria tenir conseqüències insospitades, com ara el

desplaçament dels cinturons climàtics, la redistribució de la vegetació, la fusió parcial o total dels casquets polars, entre altres efectes.

Per exemplificar la capacitat d'absorció de la calor o radiació infraroja per part del  $\text{CO}_2$ , us proposem un experiment ben senzill:

Agafeu dos pots de vidre amb tap de rosca i dos termòmetres.

Dins de cada pot col·loqueu-hi un termòmetre.

En un dels pots, a més del termòmetre hi posareu una petita espelma.

- El primer dels dos pots, o sigui el que només conté el termòmetre, el tanqueu tal qual, amb tot l'aire a dins.

- El segon, que conté el termòmetre i l'espelma, hi encendreu l'espelma i tot seguit tanqueu el pot amb el tap de rosca. Al cap d'uns segons, el temps necessari perquè s'hagi cremat l'oxigen contingut en el pot, l'espelma s'apagarà i només quedarà una alta concentració de diòxid de carboni dins el pot.

Deixaeu passar uns minuts a fi que el pot amb l'espelma dins es refredi altra vegada. Llavors, apliqueu una font de calor a tots dos pots. Aquesta pot ser l'exposició directa al



sol o aplicant l'aire calent d'un assecador de cabells. Podreu comprovar que en el pot on hi havia l'espelma encesa la temperatura augmenta més de pressa que en el pot on només hi havia aire. Aquesta és una forma molt fàcil de fer veure que la combustió crea diòxid de carboni i que alhora aquest gas és capaç d'absorbir energia calorífica.



## Cercant els orígens

Sempre sentim a parlar de l'efecte hivernacle, i ara n'hem estat analitzant les causes i els possibles efectes a través de tot el text. Una cosa és clara: hi ha tota una sèrie de gasos que incrementen l'absorció de radiació infraroja o calor per part de l'atmosfera. En la figura següent es mostren algunes de les fonts que donen origen als gasos hivernacle.

A partir del diagrama es tractaria de traslladar la teoria a la nostra realitat quotidiana. O sigui, esbrinar les fonts immediates d'aquests gasos al nostre entorn

i quina és la nostra contribució diària personal.

Una vegada determinades les possibles fonts i les nostres contribucions, fora interessant cercar vies i mètodes per reduir-ne la producció, ja sigui a nivell global i/o a nivell personal. Només l'anàlisi del comportaments personals i la comprensió dels efectes globals aconseguiran canviar la nostra actitud enfront de problemàtiques globals de les quals la majoria de nosaltres pensa que no pot fer res per contribuir a la seva reducció.

Una vegada arribat a aquest punt, i amb els materials i dades recollits, es poden



- Millorar l'aïllament dels habitatges.
- Millorar l'eficiència energètica en l'àmbit domèstic i industrial.
- Desenvolupar i utilitzar noves tecnologies, com per exemple del sector de les energies renovables.
- Utilitzar i exigir transports energèticament eficients: transports públics, bicicletes, anar a peu, compartir el cotxe (*car-sharing*), nous conceptes de model urbà.

elaborar una sèrie de plafons gràfics informatius a col·locar als passadissos o l'entrada de l'escola per informar a la resta dels estadants sobre els coneixements adquirits.

Alguns exemples per millorar el nostre balanç de gasos hivernacle a nivell global són:

reforestació, programes de prevenció d'incendis i contra l'erosió.

- Reduir el consum de productes animals en la nostra dieta.



## Mapegem el futur

Si ens trobéssim en una nau espacial girant al voltant de la Terra i disposéssim d'una màquina del temps per anar cap el passat i el futur a plaer, potser podríem observar els canvis previsibles que s'esdevindrien en els propers cent anys de la història actual sino fem res per canviar el present.

Malauradament no tenim ni el plaer de ser cosmonautes ni de dominar el temps. Us proposem fer una simulació del que passaria al nostre país si el canvi climàtic es converteix en realitat i les temperatures augmenten a mesura que la concentració de gasos hivernacle afavoreixen l'escalfament de l'atmosfera.

En el mapa que es mostra a continuació hi ha delimitades les àrees afectades com a conseqüència de l'increment de temperatura que faria pujar 1 m el nivell del mar a tot el planeta.

Amb d'aquesta dada es tractaria de comparar aquest mapa europeu amb els corresponents sobre la distribució europea, la distribució de les grans regions de producció agrícola, la situació de les grans ciutats i, a partir d'aquí, fer previsions del que podria significar l'augment tan insignificant (o no) del nivell de l'aigua planetària.

Com a exemple, només cal dir que gran



Mapa de les zones afectades per una pujada del nivell del mar i les intrusions d'aigua salada.

part dels Països Baixos, guanyats amb tant d'esforç a la mar, desapareixeria altra vegada sota l'aigua (o el que és més probable, s'haurien de construir nous dics més alts i resistents per no perdre'ls). Ara bé, a altres indrets, com per exemple Bangladesh o l'Índia, els efectes serien de gran abast, ja que implicarien grans pèrdues de terres fèrtils, el desplaçament de milions de persones fora dels seus llocs de residència habitual, etc. El món canviaria. La pel·lícula *Waterworld* (1995) de Kevin Reymolds transcorre en un món on el gel polar s'ha fos i els oceans s'han menjat els continents. És una aventura sense pretensions, però pot servir de pretext per introduir el tema: la conferència escolar sobre el clima

Aquest pot ser un exercici de reflexió i una excusa per omplir una setmana verda

organitzada per l'escola. Amb les dades que es donen en aquest *Perspectiva Ambiental* i les referències sobre diversos materials de treball que es poden trobar sobre el tema, us animem a interpretar una de les conferències sobre el clima que els polítics de debó celebren periòdicament i de les quals no surten massa compromisos.

Per demostrar que potser la gent jove és més creativa i encara plena d'ànims per trobar solucions innovadores, potser la Cimera Escolar del Clima pot ser l'oportunitat de donar llibertat d'expressió i afavorir noves idees per millorar el nostre balanç de gasos hivernacle, tant a nivell personal, com de l'escola i el municipi.

Per organitzar la cimera podeu començar per preparar diferents panells informatius que continguin les dades científiques, les propostes per reduir les emissions a l'atmosfera, les polítiques empresarials, etc. Una vegada hem aconseguit fer una mica d'ambient, llavors podem començar un debat que es podria organitzar entre els grups classe i amb la participació dels docents i, fins i tot, del personal auxiliar de l'escola (manteniment, neteja, administració, etc). Les propostes que en surtin poden ser detallades en un document que seria recomanable d'enviar als mitjans de comunicació locals o comarcals i també als polítics de l'Ajuntament. D'aquesta manera no només demostrarem que les escoles podem ser un motor vital per a la societat, sinó que també participarem activament en els problemes que afecten el



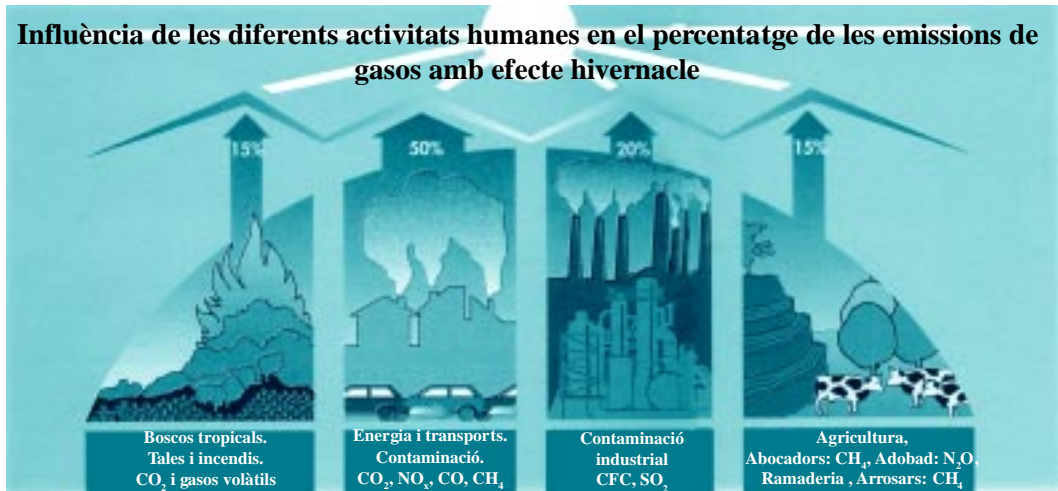
nostre món, i serem més responsables.

Si voleu anar més enllà, la conferència sobre el clima que hagueu organitzat a la vostra escola es pot convertir finalment en un joc de simulació o bé en una obra de teatre, on hi hagi diferents grups de persones o interlocutors per interpretar:

- Els polítics
- Els empresaris
- Els veïns
- Ecologistes
- Els científics
- Els joves i els nens

D'altra banda, els boscos per ells mateixos afavoreixen la creació de microclimes que no sols regulen l'ecosistema en l'àmbit local, sinó a tot el planeta quan considerem les grans masses forestals que en formen part. La desforestació massiva no sols destrueix els boscos, sinó que en molts casos altera de forma irreversible els ambients on aquests se situaven, amb conseqüències que tenen un abast molt més ampli que el local.

Per demostrar que els arbres i les plantes



## Climes i microclimes

Per exemplificar l'efecte de les plantes sobre el clima podem deixar que els alumnes facin una sèrie de senzills experiments amb la vegetació que tenen al seu voltant, ja sigui a l'escola o a casa. D'una banda, volem mostrar l'actuació de les plantes en el cicle de l'aigua a través de la transpiració, que significa que les plantes contribueixen a la formació de vapor d'aigua a l'atmosfera gràcies a l'expulsió d'aigua a través de les fulles. Aquest fet condueix a la formació de núvols baixos que, en el cas de les selves tropicals, serveixen a l'autoregulació de l'ecosistema.

en general contribueixen de manera decisiva en la formació de vapor d'aigua i, en definitiva, dels núvols, només haurem de fer ús d'un producte que tots tenim a casa i del qual necessitarem dues unitats: bosses de plàstic transparent.

Una d'elles la farem servir per tancar l'extrem de la branca d'un arbre o arbust amb fulles; l'extrem de la bossa l'escanyarem amb una gometa o un bocí de corda. L'altra bossa, l'omplirem d'aire i la tancarem amb un nus. Deixarem aquestes bosses per espai d'unes hores al sol i al cap d'una estona podrem detectar que a la bossa lligada a la branca de l'arbre s'hi ha condensat aigua a les parets. A l'altra bossa, que haurà fet les funcions de

control, observarem que no hi ha hagut condensació, la qual cosa ens demostra que els arbres «transpiren» i expulsen vapor d'aigua a l'atmosfera. El vapor d'aigua també és un gas hivernacle.

Una altra experiència pot tractar de prendre les temperatures dins d'un bosc o bosquina i comparar-les amb la temperatura que hi ha fora d'aquest. Si analitzem els resultats potser podrem determinar o preveure les conseqüències que això pot tenir sobre l'ecosistema bosc. Si repetim aquest experiment en diferents èpoques de l'any, podrem adonar-nos que el microclima comporta temperatures més baixes dins del bosc durant l'estiu i més altes a l'hivern (sempre i quan el bosc no sigui caducifoli).

Si ho extrapolem a les selves tropicals, els boscos boreals, etc., podrem elaborar tot un seguit de models casuístics de la significació que tenen com a engolidors del CO<sub>2</sub> de l'atmosfera i, per tant, de les conseqüències que comporta la seva tala massiva o la crema per aconseguir ràpidament pastures o terrenys de conreu. Cerquem informació sobre el que implicaria aplicar una gestió sostenible de tots els recursos forestals en l'àmbit planetari.

## L'aigua més dolça

Una conseqüència del canvi climàtic és la desertització d'algunes àrees del planeta. Una bona part de la península Ibèrica està sota aquest risc. De fet, ja actualment, és una de les àrees de la Unió Europea més afectades per aquest fenomen. Contra la desertització només hi ha una lluita possible: la revegetació. Tanmateix, perquè tingui èxit cal aigua dolça. Malauradament, escassetat d'aigua i clima desèrtic van força lligats. L'aigua dolça és un element limitant per als éssers vius. En

canvi, disposem de quantitats ingents d'aigua en el mar, però és salada. Tot i ser un brou molt important per al desenvolupament de la vida, no serveix a la terra ferma si no la dessalem. Extreure la sal de l'aigua marina és un procés possible però energèticament molt costós amb l'actual tecnologia de les plantes d'òsmosi inversa. Alberto Vázquez-Figueroa, conegut com a escriptor i periodista, ha estat l'inspirador d'un sistema tecnològic per dessalar aigua marina a un cost molt baix. L'aventura d'aquesta idea i les possibilitats d'aplicar el seu sistema podria ser molt útil no sols per evitar malmetre el territori amb embassaments i transvasaments de conca, sinó també per combatre la desertització.

Ens sembla una molt bona activitat llegir-se el llibre *El agua prometida* (Plaza & Janés, Barcelona, 1997). Aquest llibre permet fer reflexions molt interessants sobre els mecanismes que enterboleixen progressos tecnològics quan es tracta que hi hagi un benefici col·lectiu immens i no pas un gran negoci lucratiu. Hem cregut interessant destacar la lectura d'aquest llibre en aquesta monografia sobre el canvi climàtic perquè la proposta de Vázquez-Figueroa, a banda de ser útil per alleugerir la set de zones sense aigua, podria ser una veritable arma contra el canvi climàtic. Per altra banda, el relat ofereix nombroses reflexions sobre l'essència

vital de les persones. En realitat es tracta d'una narració autobiogràfica molt útil com a material didàctic. Estem segurs que seria inútil detallar una proposta pedagògica concreta perquè seria limitar aquesta aventura literària a favor de la lluita contra l'escassetat d'aigua. No us decepcionerà. Garantit.

