



**Arxiu històric** FUNDACIÓ JAUME BOFILL

# Les dimensions humanes del canvi global en el medi ambient

Manuel Ludevid Anglada

FEBRER 1993

FUNDACIÓ  
*Fundació*  
**JAUME**  
*Jaume*  
**BOFILL**  
*Bofill*

LES DIMENSIONS HUMANES DEL CANVI GLOBAL EN EL MEDI AMBIENT

Acció i percepció de l'home respecte al Medi Ambient: "L'Estat de la Qüestió" de la recerca de les Ciències Socials sobre el Canvi Global

=====

=

### Introducció

1. Sistema terrestre i canvi global: conceptes, processos i efectes potencials.
2. Les dimensions humanes del canvi global.
3. La població i l'us social dels recursos.
4. El nivell de coneixement, la percepció i la valoració.
5. El paper de les institucions polítiques, econòmiques i socials.
6. El canvi d'us de la terra.
7. La producció i el consum d'energia.
8. Els models de creixement industrial.
9. Canvi global i salut humana.
10. La cooperació internacional per a la seguretat medioambiental.

**FUNDACIÓ JAUME BOFILL. CENTRE UNESCO DE CATALUNYA**

## 2. ELS PROCESSOS I ELS SISTEMES NATURALS FÍSICS

Hem vist que el sistema terrestre es basa en un conjunt interactiu de sistemes naturals físics. Descriurem aquí, breument, com funcionen els principals d'aquests sistemes.

Per a fer-ho, cal distingir aquells processos o sistemes que operen dins del que hem anomenat la Terra sòlida, d'aquells que ho fan dins de la Terra fluida (aigua, aire) o biològica (éssers vius).

### 2.1. Processos que operen en la Terra sòlida

Els processos que operen en l'àmbit de la terra sòlida dominen la transformació del sistema terrestre en escales temporals llargues, és a dir, de milions d'anys o més.

Per aquesta raó, podem dir que operen en escales de temps molt més llargues que les que afecten les activitats humanes, i que ens interessen poc, atès l'objectiu d'aquest llibre (14).

Això es cert, amb algunes excepcions, com per exemple els fenòmens d'erosió i de deposició, que afecten als models d'ús de la terra o les erupcions volcàniques.

És bo, per tant, conèixer almenys que una part important de la recerca de les Ciències de la Terra s'adreça a comprendre aquests processos.

Els canvis que es produeixen en aquests processos estan dominats per les energies **internes** de la terra, molt en especial la **radioactivitat**.

Les principals recerques que s'estàn desenvolupant avui, pretenen determinar els moviments dels "plats" de l'escorça terrestre amb la consegüent deformació i evolució dels continents, dissenyar el mapa de la composició, estructura i models de "convecció" dels mantells terrestres, i elucidar com funciona el mecanisme de dinamo que opera en el nucli terrestre i que arranca el camp magnètic de la Terra (15).

També tenen interès els estudis que es fan de la història geològica de la Terra a partir de l'anàlisi de les roques sedimentàries que formen l'escorça terrestre. Aquest estudi permet observar la contínua tensió entre l'acció constructiva de les forces internes de la terra i els efectes destructius de l'erosió i del clima a la superfície terrestre.

inferiors dins l'atmosfera. Té, doncs, una influència indirecta, però significativa en el clima al nivell de l'escorça terrestre. Aquest subsistema l'analzarem més endavant (23).

#### **F. Els instruments de mesura: Models d'ordinador i història terrestre.**

El sistema climàtic és com una tela d'aranya en la que estan entreteixits els núvols, les corrents dels oceans, la radiació solar i mil altres elements.

Per aixó, a l'hora d'analitzar-ne el funcionament, s'ha treballat força en l'elaboració de **models d'ordinador**, mirant d'incorporar-hi els diferents elements climàtics com si fossin fluids que obeeixen lleis físiques bàsiques. La fiabilitat de les simulacions per ordinador no és, encara, completa. Sabem, per exemple, que aquests models no funcionen encara a l'hora de simular com funcionen els núvols o els oceans. És difícil aquesta tasca, doncs es tracta d'integrar elements molt diferents i interrelacionats, com són ara, per exemple, l'escorça terrestre, el vapor d'aigua en l'aire, el nivell de sal als oceans o els sistemes biològics.

Un altre instrument de mesura l'ha constituït l'estudi dels registres de que disposem sobre la **història de la terra**. Analitzant vegetals molt antics (com el pi Bristlecome que té 4.800 anys) o els fòssils i les roques que estudien els geòlegs. Aquestes recerques ens donen dades sobre com eren les condicions prèvies a la Terra, i ens ofereixen claus per entendre les causes del canvi climàtic. Vegem-ne alguns exemples.

Durant el període cretaci, ara fa cent milions d'anys, al final de l'era dels dinosaures, la temperatura era 10 graus centígrads més elevada que avui. El nivell del mar va pujar i els oceans desbordaren els continents, doncs aquests no estaven "tancats" pels grans blocs de gel dels pols. Les raons d'aquesta situació en part va ser deguda a un augment de diòxid de carboni a l'atmosfera, degut a l'activitat volcànica.

En els darrers dos milions d'anys, la Terra ha passat per diverses edats de gel, amb disminucions notables de la temperatura. Durant aquests períodes, la temperatura mitja fou de 5 graus centígrads menys que l'actual. Les raons semblen deure's a canvis periòdics d'òrbita de la Terra i a disminucions significatives dels percentatges de diòxid de carboni i de metà a l'atmosfera. Hom especula en que la reorientació de les corrents majors dels oceans durant les èpoques de gels pot haver fet créixer l'habilitat dels oceans per absorbir el diòxid de carboni de l'atmosfera. (24)

Aquest és el quadre global d'interrelacions elaborat per la NASA, que integra el conjunt de sistemes i subsistemes que integren el sistema terrestre (40):

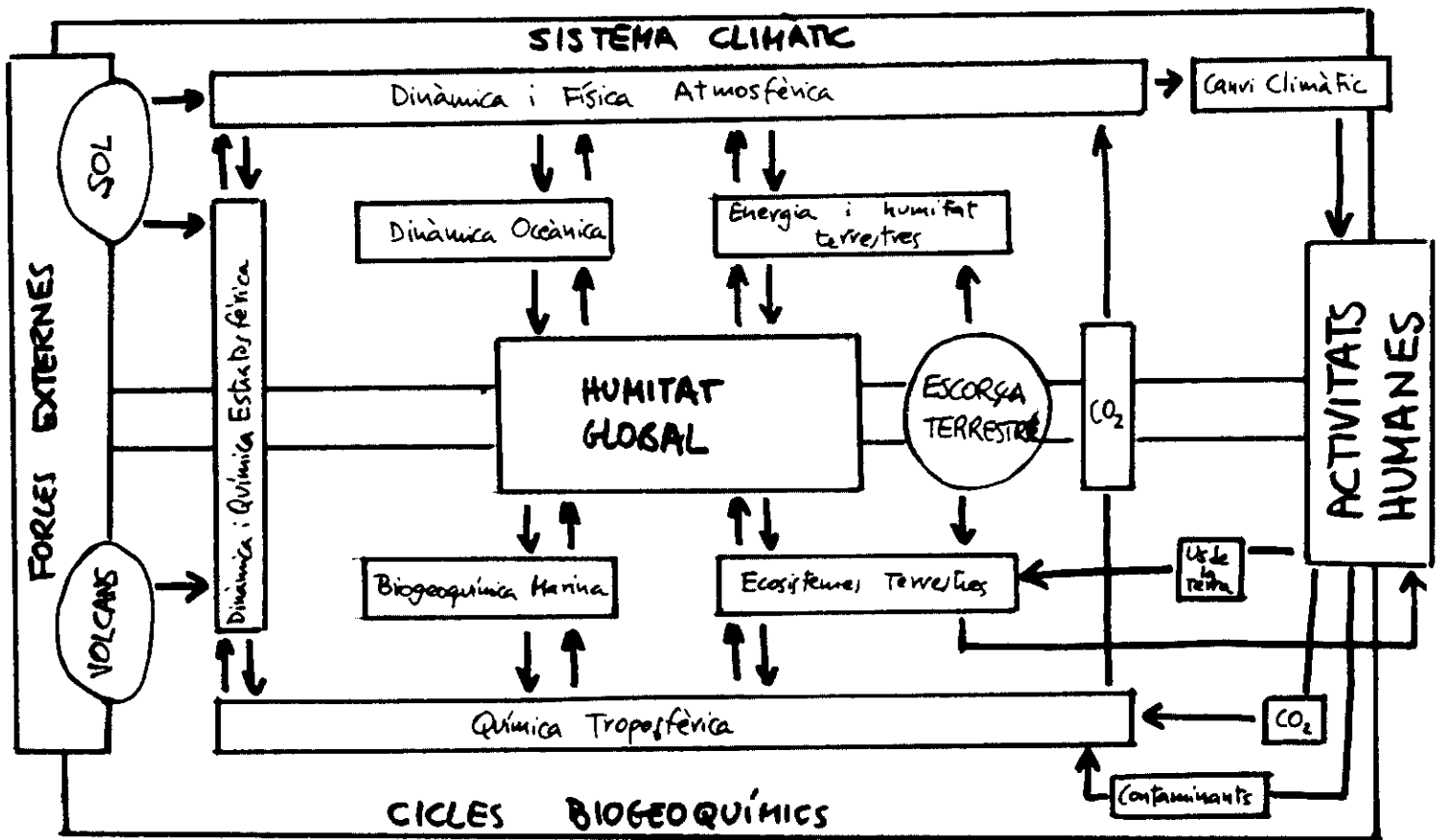


Fig. 1.12 Els principals del sistema terrestre (elaborat per la NASA)



pèrdua d'organismes subterranis pot destrossar la fertilitat del sòl. La pèrdua d'una espècie en una cadena alimentària pot implicar la disminució o extinció d'espècies a nivells més elevats (113).

## **B. Efectes sobre la informació genètica**

La pèrdua de biodiversitat, d'altra banda, significa la pèrdua de la única font d'informació genètica, que ens és bàsica per a alimentar i desenvolupar els organismes necessaris per a adaptar-nos als efectes del canvi climàtic i l'erosió del sòl, les pèrdues de polenitzadors i l'augment en infeccions de pestes (114).

Els recursos genètics obtinguts a partir de les espècies silvestres encara mantenen les societats modernes, proveint-les de medicines, d'aliments i de primeres matèries per a la indústria. Les medicines que s'obtenen a partir de productes silvestres es valoren en uns 40.000 milions de dòlars anuals. La vincapervinca rosada, per exemple, una planta descoberta en un bosc de Madagascar, ha transformat el panorama dels infants amb leucèmia: ha augmentat un 80 % la proporció en la remissió de símptomes de la malaltia (115).

## **C. Efectes en els recursos pel futur**

Només un 1 % de totes les espècies mundials han estat estudiades acuradament, per tal de conèixer-ne la vàlua potencial per a la humanitat en medicines, producció d'aliments i matèria prima per a la indústria. I moltes espècies desapareixen sense que l'home n'hagi estudiat els beneficis potencials. Espècies que representen remeis per a malalties incurables, conreus miracle i productes industrials, que esperen ser descobertes, són destruïdes sense ni tan sols tenir nom encara (116).

## 5. EL CANVI GLOBAL

Sabem ja el que és el sistema terrestre i com funciona. Coneixem els principals canvis que s'estàn produint en els sistemes naturals físics, i els seus efectes potencials per a la vida a la Terra. Estem en condicions, doncs, d'entendre el que volem dir quan parlem de "canvi global".

### 5.1. Un canvi sistèmic o acumulatiu

Entenem per canvi global en el medi ambient, a *aquelles alteracions en els sistemes naturals, físics o biològics, els impactes de les quals no són i no poden ser localitzats, sinó que afecten el conjunt de la Terra* (117).

Hi ha dos modalitats de canvi global.

Pot tractar-se de petites, però dràstiques, **alteracions** en sistemes que operen a **nivell del conjunt de la Terra**. Per exemple, la barreja ("mix") de gasos de l'estratosfera o els canvis en els nivells de diòxid de carboni i altres gasos que provoquen l'efecte hivernacle d'una banda a l'altra de l'atmosfera.

La segona modalitat es basa en **augment**s o **increment**s en la dimensió de canvis **locals** en els sistemes naturals. Per exemple, la pèrdua de biodiversitat a través de la destrucció de l'hàbitat o els canvis operats en les fronteres dels ecosistemes com a resultat de la deforestació, la desertització, l'assecamment dels sòls i els canvis dels models d'establiment humà (118).

En el primer cas, parlem de que el canvi global es un **canvi sistèmic** per naturalesa, doncs el canvi iniciat per accions que es produeixen a qualsevol part de la Terra poden afectar directament a aconteixements que ocorren a qualsevol altre indret del planeta.

En el segon cas, parlem de que el canvi global és un **canvi acumulatiu** per naturalesa, i el considerem "global" perquè els seus efectes ho són a nivell de tota la Terra, àdhuc si les causes poden ser localitzades (119).

### 1.2. Processos interactius

El canvi global implica, d'altra banda, processos físics, químics i biològics **interactius** que regulen el sistema terrestre, el medi ambient únic que permet la vida, els canvis que s'estàn produint en aquest



sistema i la manera en que les accions de l'esser humà influeixen en ells (120).

### 5.3. El paper de l'home

Com hem dit en començar, el canvi global és un procés molt antic. La Terra està sotmesa a un procés de canvi inintermput desde la seva configuració com a planeta dins el sistema solar. Un procés de canvi que començà molt abans de l'aparició de la vida a la Terra i que ha continuat inintermputament després.

També l'home ha modificat el sistema terrestre desde la seva aparició sobre la Terra, ara fa més de dos milions d'anys, en el procés de viure i desenvolupar-se. Però durant la major part d'aquest període, la influència humana en el medi ambient ha estat d'**escala local** i de **petita magnitud**. Solsament en la darrera meitat d'aquest segle, la humanitat ha tingut la capacitat de modificar el medi ambient a escala global, i no sols en relació amb els efectes globals, com en el cas de la contaminació (121).

## NOTES DEL PRIMER CAPITOL

853  
I

# INTRODUCCIÓ

## 1. El segle del canvi global

El segle vinent serà el segle del canvi global en el medi ambient. És a dir, el segle de la preocupació mundial per les transformacions que experimenta el medi ambient, considerades no com un problema local sino planetari.

Això serà així per diverses raons.

La primera és la pròpia gravetat del problema. No és que la Terra hagi començat a canviar avui. Fa milions d'anys que es troba en un continu procés de canvi. Desde la Revolució Industrial, no obstant, i amb més força durant els darrers cinquanta anys, les activitats humanes han començat a jugar un paper important en aquest procés. Un paper que sembla tenir preocupants conseqüències en aspectes com són la intensificació de l'efecte hivernacle, la disminució de la capa d'ozó estratosfèric, la pluja àcida o la pèrdua de la biodiversitat. Avui hi ha indicis, que ens seràn precisats en els propers anys a través d'una millor observació i mesura del sistema terrestre, de que aquests processos plantegen interrogants seriosos a la vida futura al nostre planeta.

D'altra banda, els referents ideològics i polítics del nostre món estàn canviant. L'enfrentament est-oest dificultava el plantejament a escala mundial de moltes qüestions. La seva desaparició afavoreix una major consideració dels problemes globals que afecten al conjunt de la humanitat. El canvi en el medi ambient és un d'ells.

Finalment, el canvi global es convertirà probablement, en un futur molt proper, en un dels grans temes de negociació entre països rics i pobres. El diàleg Nord-Sud, cada vegada més necessari i urgent, serà encoratjat no tant per raons humanitàries o de solidaritat (iniciatives com l'Informe Brandt han tingut un ressó escàs), sino perque existeixen grans problemes del Nord ric la resolució dels quals depèn del Sud pobre. Un d'ells és el de la droga. Un altre altre és el del canvi global.

## 2. La iniciativa dels científics naturals

Per totes aquestes raons, en els darrers vint anys s'han desenvolupat notables esforços de recerca. Els Estats Units d'Amèrica dediquen anualment avui, tot sumat, mil milions de dòlars (cent mil milions de pessetes) a la recerca inclosa en l'ampli àmbit del canvi global. En la

resta del planeta, el conjunt de països hi dediquen una quantitat similar: uns altres mil milions de dòlars.

Aquest esforç de recerca, nacional i internacional, ha estat fins fa ben poc patrimoni quasi exclusiu dels científics naturals: biòlegs, físics, ecòlegs, químics ambientals, geòlegs, metereòlegs i oceanògrafs. Les ciències socials n'han estat pràcticament absents.

En el terreny internacional, les iniciatives de recerca més importants han estat desenvolupades pel **Consell Internacional d'Associacions Científiques (ICSU)**, que aplega 18 associacions internacionals de científics naturals, 68 Acadèmies Nacionals de Ciències (el paral·lel al nostre Consell Superior d'Investigacions Científiques), i 12 altres entitats científiques associades.

L'ICSU va crear, l'any 1969, un **Comité Científic per als Problemes del Medi Ambient (SCOPE)**, que ha estat el precursor de les recerques actuals. L'SCOPE ha desenvolupat una activa tasca d'estudi i divulgació sobre els problemes medioambientals en el seu conjunt, alguns del quals es refereixen al canvi global, per bé que no s'ha concentrat exclusivament en aquest darrer aspecte (1). Recercadors de tot el món han col·laborat en els treballs, les publicacions i els congressos d'SCOPE.

Ja dins d'una orientació adreçada a estudiar específicament el canvi global, l'any 1979 l'ICSU i l'Organització Meteorològica Mundial (WMO) posàren en marxa el **Programa de Recerca Mundial sobre el Clima (WCRP)**, adreçat a estudiar en profunditat el funcionament del sistema climàtic i l'evolució i canvis observats en aquest sistema (2).

L'any 1986, l'ICSU va aprovar el document base per a la creació del **Programa Internacional Geosfera-Biosfera (IGBP)**. Aquest Programa comença a treballar el 1990, amb la preocupació essencial de conèixer millor el funcionament i els canvis operats dins els sistemes que regulen la interacció entre la natura viva (la biosfera) i la natura no viva (l'escorça terrestre, l'aire i l'aigua; el que hom anomena geosfera). L'IGBP està treballant avui en torn a cinc projectes bàsics de recerca ("core projects")(3). Tots ells inclosos dins l'àmbit del canvi global.

Encara que en el desenvolupament d'aquests programes s'alludeix a l'acció humana i a la seva importància dins el procés de canvi global, aquesta ha estat considerada fins avui com una "caixa negra a explorar" (4).

Posant un símil empresarial, els científics naturals s'han concentrat, a través de totes aquestes iniciatives de recerca, en fer el que podríem dir-ne "l'auditoria" del planeta, sense entrar a analitzar a fons el grau de responsabilitat de l'acció humana en el canvi global i, menys

encara, les causes que expliquen aquesta acció de l'home. S'han dedicat a mesurar, a observar i a mirar de crear models interpretatius del funcionament del sistema terrestre que els permeti fer prediccions fiables sobre les direccions que pendrà aquest canvi i els seus efectes potencials.

Els responsables d'aquests programes han assenyalat en diverses ocasions la conveniència de que els científics socials els ajudessin a comprendre el paper del "factor humà".

### **3. La importància de la dimensió humana**

Conscient d'aquestes mancances i suggeriments, el **Consell Internacional de Ciències Socials (ISSC)** va decidir el 1986 explorar les possibilitats de desenvolupar un programa de recerca internacional sobre "**Les dimensions humanes del canvi global en el medi ambient**" (HDP).

El Consell integra 15 associacions professionals internacionals representatives de les principals Ciències Socials. Els advocats, els economistes, els geògrafs, els sociòlegs, els experts en ciència política, els demògrafs, els antropòlegs, els psicòlegs i els experts en opinió pública i en organització i administració, hi són representats. El Consell és una entitat autònoma adscrita a la UNESCO.

El novembre del 1990, a la seva 18a. Assemblea General, el Consell decidí aprovar el document base per a la posta en marxa del programa. La direcció fou encomanada al catedràtic de ciència política de la Universitat de Michigan, professor Harold K. Jacobson.

El programa va marcar-se com a objectiu l'avaluació tant de l'impacte de l'acció humana en el canvi global, com de la percepció que les diverses poblacions del món tenen d'aquest problema.

El programa va establir, el maig del 1991, la seva seu a Barcelona, gràcies a les ofertes de col·laboració del govern espanyol, de la Universitat Autònoma de Barcelona, i de diverses empreses industrials espanyoles, com Esteve Química o Repsol Petróleo. El secretari general del Consell, l'espanyol Lluís Ramallo, va demanar-me actuar com a primer director d'aquesta oficina. Aquest fet va permetre'm entrar en contacte amb el col·lectiu de científics socials que fan recerca sobre el canvi global, amb els que segueixo avui en relació com a membre del Comitè Assessor del programa. D'aquests contactes en nasqué la idea d'aquest llibre (5).

#### 4. L'objectiu d'aquest llibre

Aquest llibre persegueix dos objectius.

En primer lloc, vol introduir la persona no iniciada en el que és el canvi global en el medi ambient i en quins són els principals aspectes de l'activitat humana que hi contribueixen.

D'altra banda, pretén presentar un resum o "estat de la qüestió" sobre la recerca feta i la discussió teòrica dels principals científics socials sobre aquest assumpte.

#### 5. Estudiar més les causes que les respostes

Aquest llibre, com ho fa també el programa de recerca internacional al que hem alludit abans, posa l'èmfasi sobre tot en les causes que provoquen la intervenció humana en el medi ambient i, en menor mesura, en els impactes que aquestes interaccions tenen en el canvi global.

Exclou quasi completament l'anàlisi de les respostes que la humanitat està donant al canvi global (excepció feta del darrer capítol sobre seguretat medioambiental).

Aquestes prioritats són ben conscients i responen a la constatació de que les causes i les fonts de l'acció humana sobre el canvi global encara no han estat prou analitzades i enteses. Sols coneixent a fons aquestes causes, analitzant-ne els orígens i quantificant-ne els efectes, podrà avançar-se després seriosament en la formulació de propostes de resposta. Unes propostes, d'altra banda, que són d'una enorme complexitat.

#### 6. De què estem parlant?

El primer i segon capítols estan adreçats a introduir el lector en els principals conceptes sobre els que discutirem més endavant.

El primer capítol és tot ell dedicat a descriure com funciona el **sistema terrestre** en el seu conjunt i els diferents sistemes naturals físics que el conformen. A partir d'aquí, es descriuen els principals canvis que s'observen en aquests sistemes i el seu impacte potencial per a la vida. Acaba definint-se el que s'entén per canvi global.

Si el primer capítol defineix els principals conceptes naturals o físics, el segon delimita els principals conceptes socials o derivats de l'acció humana. Es tracta de delimitar quins són els **factors socials** més importants a l'hora d'explicar l'impacte de la intervenció de l'home en el canvi global, i, a més, d'explicar les interconnexions d'aquests factors

socials entre si, i en relació amb els factors que podem anomenar "naturals" o "físics".

## **7. Tres factors socials bàsics: població, actituds i institucions**

Conegut l'abast dels principals conceptes naturals i socials, aprofundirem en tres factors que són bàsics per entendre l'acció humana respecte al canvi global.

El primer d'aquests factors socials bàsics té a veure amb el trinomi **població/riquesa/tecnologia**. És ben clar que el volum, creixement i distribució de la població afecta de forma decisiva el canvi global. Això no obstant, aquest impacte no és el mateix a tot arreu. Cal tenir en compte com es combina amb el nivell de riquesa o desenvolupament del país, i amb el nivell de recursos tecnològics i de tota mena. Un nou nat als Estats Units, per exemple, usarà 35 vegades més energia que un nou nascut a l'Índia, i l'impacte en el medi ambient serà aproximadament proporcional a aquest fet. A la discussió del més bàsic de tots els factors socials hi dedicarem el capítol tercer.

Més enllà dels factors que acabem de descriure, hi ha el camp del **nivell de coneixement, de les percepcions i de les valoracions**. Efectivament, l'acció humana no ve condicionada solsament pel nombre d'habitants del país o la zona i la seva relació amb la riquesa i la tecnologia, sinó pel grau de coneixement que la població tingui dels problemes relacionats amb el canvi global, així com per la manera en que els percebeixi i els valori. Són molts els factors que afecten aquesta mentalitat col·lectiva, entre els que destaquen de forma notable la memòria històrica i els models culturals en els que aquestes poblacions viuen. A aprofundir en aquestes qüestions hi dedicarem el quart capítol.

Un tercer graó d'una escala imaginària el constitueixen les **institucions polítiques, econòmiques i socials**. Sembla evident que l'acció dels governs influeix en la intervenció humana en relació al canvi global. Però no sols dels governs. També influeixen, i molt, els mitjans de comunicació, els sistemes escolars, les legislacions, els sindicats, les organitzacions religioses, els grups de pressió, o, fins i tot, els sistemes de comptabilitat nacional. A avaluar l'impacte d'aquests factors hi dedicarem el cinquè capítol.

## **8. Tres activitats humanes de gran impacte global: us de la terra, consum energètic i industrialització**

Un cop analitzat el paper d'aquests tres factors bàsics, el llibre es centra en l'estudi de tres de les activitats humanes que tenen un impacte més important en el canvi global: el canvi d'us de la terra, la producció i consum d'energia, i el model de creixement industrial.

El **canvi d'us de la terra** ha estat molt intens en els darrers dos o tres segles, a través de la deforestació, l'augment de les zones de conreu per a l'agricultura (especialment el de les zones de regadiu), els canvis en el tipus de conreu i, a un altre nivell, la gran expansió del procés d'urbanització i de construcció de noves vies de comunicació. Aquest canvi d'us està canviant la composició de l'escorça terrestre, amb el consegüent impacte en els sistemes naturals físics, com són ara el sistema climàtic i els cicles biogeoquímics que regulen les relacions entre la geosfera i la biosfera. El capítol sisè del llibre és dedicat a discutir aquest problema.

L'activitat humana que l'opinió pública relaciona més immediatament amb el canvi global és, sens dubte, la relacionada amb la **producció i consum d'energia**. En efecte, la producció i consum de combustibles fòssils, com són ara el carbó o el petroli i els seus derivats, han estat en el punt de mira de la discussió sobre les emissions de diòxid de carboni i la pluja àcida. Però també la producció i el consum de combustibles basats en la biomassa, com poden ser la llenya o el carbó vegetal, tenen importants efectes sobre el canvi global, com els té també el gas natural. A discutir les causes i els efectes d'aquests models de comportament energètic hi dedicarem el capítol setè del llibre.

És clar que per entendre les raons profundes d'un determinat model de producció i consum d'energia, necessitem conèixer els **models de creixement industrial** establerts a cada zona. El creixement industrial depèn també d'altres factors, com són ara la disponibilitat de recursos no energètics i de tecnologies per al seu us i reciclatge, la demanda de productes industrials i la disponibilitat de tecnologies de producció. Tots aquests elements estan lligats a les decisions de les institucions públiques i privades i als valors de la societat, a les percepcions i al nivell de desenvolupament econòmic. L'impacte no es tradueix sols en l'emissió de gasos a l'atmosfera, sinó també a través del llençament de clorofluorocarbons, metalls pesats i partícules. Abordarem totes aquestes qüestions al capítol vuitè.

## **9. Una reflexió sobre els efectes: la salut humana**

A l'hora de parlar dels efectes potencials del canvi global, ens aturarem a descriure'n aquells que afecten o poden afectar en major mesura la salut humana. Recollirem aquí l'opinió cada cop més extesa entre els experts en salut pública de que els canvis globals en el medi ambient juguen un paper important en la determinació d'algunes malalties i epidèmies. Aquest serà l'objectiu del novè capítol.

## **10. Una perspectiva de cooperació internacional**

Acabarem el llibre amb una consideració sobre la cooperació internacional en torn al que s'ha anomenat **seguretat mediambiental**.

Al capítol desé es fa l'inventari i l'avaluació de l'abast i compliment real dels convenis internacionals signats fins avui. També es resumeixen les principals propostes de disseny del que hauria de ser el marc per a un sistema internacional que garantís la seguretat mediambiental, fent-la compatible amb el desenvolupament econòmic sostingut que requereixen especialment els països més pobres de la Terra.



# 1. SISTEMA TERRESTRE I CANVI GLOBAL

Per a comprendre que és el que entenem per canvi global en el medi ambient, hem de començar per definir el que és el **sistema terrestre**, els seus components i les interrelacions entre ells.

Aclarits els conceptes, descriurem els **processos de funcionament del sistema** i els seus equilibris interns.

A partir d'aquí detallarem els principals **canvis** que s'observen en aquests processos que regulen el funcionament de la Terra.

Explicarem posteriorment els **efectes potencials** que aquests canvis poden tenir per al sistema terrestre i per a la vida al nostre planeta.

Acabarem el capítol definint, com a conclusió de tot el que haurem descrit, el que s'entén per **canvi global**.

## 1. EL SISTEMA TERRESTRE

### 1.1. Un nou concepte

Fins fa ben poc, l'estudi de la Terra era basat essencialment en disciplines especialitzades, com són ara la geologia i l'oceanografia. Ambdós disciplines operaven concentrades en l'estudi d'un sol component del sistema terrestre.

Les connexions globals entre els diferents components de la Terra començaren a ésser conegudes el segle passat.

La comprensió i el coneixement sobre aquestes connexions, fins al punt de poder estudiar el sistema terrestre des d'un punt de vista unificat, són fets molt recents. Avui els fa possibles l'existència d'una sèrie d'instruments nous: les tècniques d'observació global (en bona mesura gràcies als satèlits) i el desenvolupament de models conceptuals i

numèrics que integren de forma sistemàtica els diferents components i processos del sistema terrestre (1).

Són aquests avenços els que permeten parlar avui d'una nova ciència o disciplina científica: la **Ciència del Sistema Terrestre** o, més genèricament, les **Ciències de la Terra**. Una disciplina cridada a un ràpid desenvolupament en els propers anys.

## 1.2. Els components del sistema: terra, aigua, aire i vida

Comencem, doncs, per descriure el que podem anomenar components del sistema terrestre.

Quan mirem la Terra des de l'espai, veiem una esfera d'un marbre multicolor. Els núvols i els territoris nevats apareixen com si fossin taques blanques com de cotó que s'entretreixeixen amb el fons blau intens dels oceans. Les clarianes en la cobertura de núvols revelen l'existència dels continents, d'un color torrat, amb taques de color més clar que corresponen a les regions desèrtiques (2).

Els components essencials del sistema terrestre són quatre: la **terra sòlida**, l'**aigua**, l'**aire** i els **éssers vius**.

Els tres primers solen englobar-se en el terme **geosfera**, el sistema que inclou els components no vius del sistema terrestre.

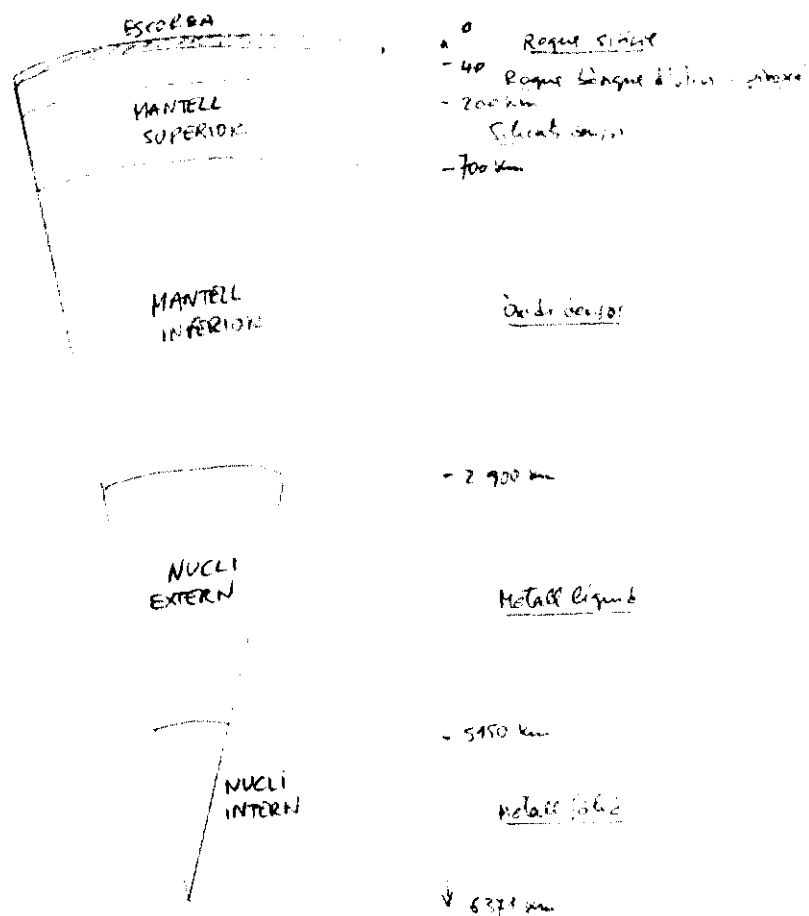
El darrer component sol conèixer-se amb el nom de **biosfera**, que és el "sistema integrat de vida i de suport a la vida inclosos dins l'envoltori perifèric del planeta Terra" (3).

Entre ambós sistemes hi ha una relació molt estreta. La vida a la Terra depèn de l'existència i funcionament de la geosfera, i aquesta no tindria la configuració actual sense la existència d'éssers vius.

## 1.3. La Terra sòlida i l'escorça terrestre

El primer component de la geosfera és la Terra sòlida, que forma la base del globus terraquí.

La composició de la Terra sòlida pot veure's en aquest gràfic (4):



Gràfic N<sup>o</sup> 1 La composició de la Terra

Al nivell més profund, entre 5.150 i 6.371 kilòmetres desde la superfície terrestre, hi trobem el **nucli intern**. Està fet de metall sòlid i és d'una gran densitat.

Més amunt, entre els 2.900 i els 5.150 kilòmetres desde la superfície, hi ha el que anomenem **nucli extern**. Està compost de metall líquid: ferro, níquel i silici. La seva densitat és menor.

En acostar-nos més a la superfície, entre els 700 i els 2.900 kilòmetres de profunditat, hi ha l'anomenat **mantell inferior**. Sembla estar compost per òxids densos, com són ara el l'òxid de magnesi o el diòxid de silici. En aquestes capes, la densitat augmenta gradualment.

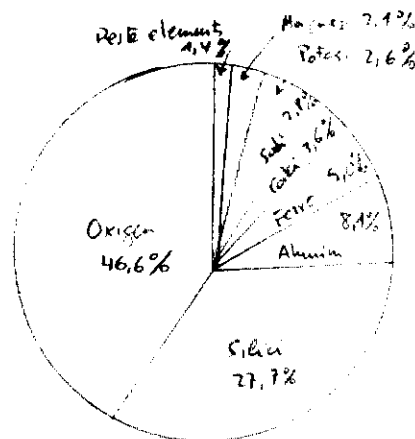
Molt a prop de la superfície, hi trobem el **mantell superior**. Entre els 200 i els 700 kilòmetres de profunditat està format per silicats densos de magnesi i ferro. Més amunt, entre els 40 i els 200 kilòmetres de profunditat, està format per roques bàsiques d'olivini i piroxè. La seva densitat augmenta ràpidament.

Finalment, arran de superfície i en contacte amb l'aire i l'aigua, hi ha l'**escorça**. És la capa que hi ha entre la superfície i els primers 40

kilòmetres de profunditat, i està formada per roques silícies. La seva densitat és escassa.

Aquesta darrera és la part que més ens interessa de la Terra sòlida, perquè és la que té una relació més directa i freqüent amb els sistemes de la geosfera i la biosfera, malgrat que constitueix menys del 0,0001 per cent del volum total del planeta.

En aquest aspecte és important conèixer la composició mitjana de l'escorça terrestre, tal com la podem conèixer a través de les anàlisis químiques de les roques. La composició queda reflexada en aquest gràfic (5):



Gràfic N°2 Composició de l'escorça terrestre

Només uns pocs elements hi són abundants, i molts hi són molt escassos. L'**oxigen** constitueix prop de la meitat de la massa de l'escorça terrestre: part d'aquest element es troba a l'aire, un altre està combinada amb l'aigua, però la major part està combinada amb el silici, en diferents proporcions, per a formar els silicats.

El **silici**, el **ferro** i l'**alumini** conjuntament constitueixen prop del 40 % de l'escorça terrestre, i l'altre 10 % el formen el **calci**, el **sodi**, el **potassi** i el **magnesi**.

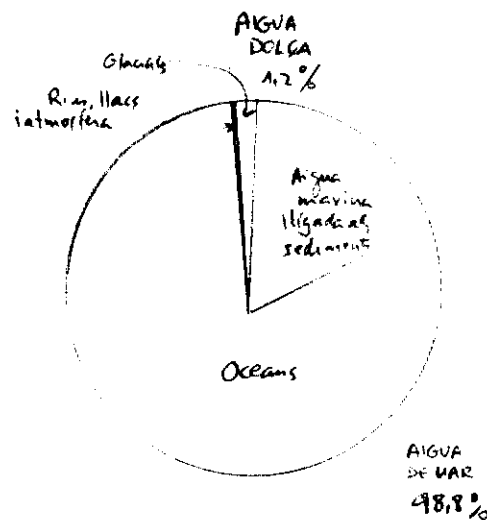
Els metalls més coneguts, com el coure o el zinc són massa escassos per a considerar-los individualment. Junts representen l'1,4 % restant de l'escorça terrestre.

L'escorça terrestre no és sempre plana. L'acció dels moviments tectònics de plaques, juntament amb l'erosió de l'aigua i els vents han configurat muntanyes i valls, que tenen gran transcendència a l'hora de configurar el sistema climàtic. El desnivell màxim és de prop de 9 kilòmetres sobre el nivell del mar i d'uns 10 kilòmetres a sota el nivell del mar (6)

#### 1.4. L'aigua

El segon gran component del sistema terrestre és l'aigua. El terme comú per a designar les diferents formes d'aigua de la superfície terrestre, tant la dels oceans com la dels mars poc profunds, els llacs, els rius, les aigües subterrànies o els glaciers, és el d'**hidrosfera**. És a dir, l'aigua líquida i el gel.

De tota aquesta aigua, menys del 0,5 % és als continents en forma de llacs i rius. La major part, més del 80 %, és als oceans i mars poc profunds. La resta, un 18 % aproximadament, són sediments enterrats d'origen marí. Això vol dir que l'aigua dolça representa tan sols un 1,2% del total, tal com es pot veure en aquest gràfic (7):



Gràfic N°3. Distribució de l'aigua al sistema terrestre

Prop del 70 % de la superfície terrestre està coberta pels oceans. El volum i la superfície coberta per aquests darrers és un factor important en la formació de la naturalesa química i física de la superfície terrestre.

El paper dels oceans és cabdal, com veurem més endavant, tant en la conformació del clima, com en la regulació del sistema de la vida (biosfera), com en el funcionament del cicle hidrològic.

El clima es modifica tant per la capacitat dels oceans d'absorbir energia de la radiació solar i de transportar-la arreu del món, com pel cicle d'evaporació i de precipitació que s'inicia a la interfase aire-mar.

Els oceans juguen un paper important en l'abundància de l'oxigen i del diòxid de carboni necessaris per als processos vitals. En certa manera, els oceans representen una gran cubeta de reacció que és el destí final de tot el material fet partícules i dissolt.

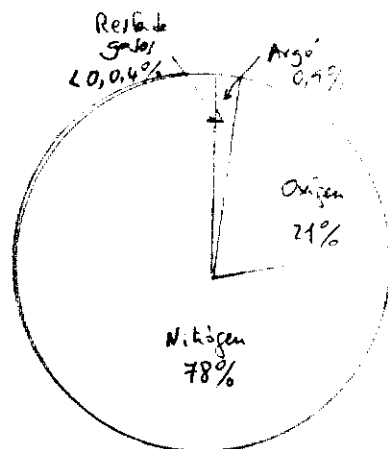
Finalment, els oceans estan units a la resta de l'hidrosfera a través del "cicle hidrològic": l'aigua evaporada dels oceans baixa novament en forma de pluja o neu sobre els continents i torna als oceans en forma de rius i llacs.

### 1.5. L'aire

El tercer component és l'aire, és a dir, la massa de gasos que envolta la superfície terrestre i que fan possible la vida.

És el que es coneix amb el nom d'**atmosfera**. Dins l'atmosfera, hom sol distingir diversos nivells o capes: la **troposfera** és la que va desde la superfície terrestre fins a 10 kilòmetres de la terra, l'**estratosfera** és la que se situa entre 10 kilòmetres i 50 kilòmetres de la superfície, i la **mesosfera** és la que s'extén des dels 50 fins als 100 kilòmetres d'alçada.

La composició de l'atmosfera queda reflexada en aquest gràfic, referit a l'aire sec al nivell del mar (8):



Gràfic N°4. Composició de l'atmosfera, asc. a nivell del mar

És a dir, un 78 % de nitrògen, un 21 % d'oxigen, un 0,9 % d'argón i un 0,03 % de diòxid de carboni, barrejats amb percentatges variables de vapor d'aigua.

Aquesta composició és bastant constant fins a una alçada de 100 kilòmetres de la superfície terrestre. A partir d'aquest nivell, les molècules gasoses simples poden dissociar-se en ions i radicals lliures mitjançant reaccions de fotodissociació.

L'oxigen i el nitrògen són importants des del punt de vista biològic i tenen cicles característics d'interacció amb els organismes vius, com veurem més endavant.

L'**oxigen** és necessari per a l'oxidació de l'aliment, el qual proporciona energia i s'obté directament de l'atmosfera.

El **gas nitrògen** és químicament no reactiu. És necessari per als organismes vius per a formar aminoàcids essencials per a la vida, i s'ha d'obtenir directament de l'atmosfera, utilitzant processos naturals que converteixen el gas nitrògen en sals solubles.

El **diòxid de carboni** és utilitzat en la fotosíntesi per a sintetitzar matèria orgànica nova amb l'ajuda de la radiació solar i un catalitzador: la clorofil·la.

L'argó és un gas inerte. La resta de gasos constitueixen menys d'un 0,04% del volum total de l'atmosfera.

## 1.6. La vida

Dins d'aquest sistema no viu fet de terra, d'aigua i d'aire, es desenvolupa la vida.

Coneixem com a **biosfera** el " sistema integrat de vida i de suport a la vida, que està comprès dins de l'envoltori perifèric del planeta terra juntament amb l'atmosfera que l'envolta " (9).

La biosfera inclou centenars de milers de plantes, animals i éssers vius en desenvolupament constant. Són 2.000 milers de milions de tones de matèria orgànica, de la que es transforma cada any un 10 % (10).

Des del punt de vista de la seva composició química, els elements més importants de la biosfera són l'hidrògen, l'oxigen, el carboni, i en molta més mesura el nitrògen. Si comparem aquesta composició amb la resta de sistemes que conformen la terra, tindrem la següent taula:

	Element Orgànic			Element Mineral									
	H	O	C	Metalloids				Metalls					
				N	S	P	Si	Ca	Mg	K	Na	Al	Fe
ATMOSFERA	0	210	0,3	783	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HIDROSFERA	664	330	0,01	0	0,11	0	0	0,06	0,36	0,06	2,8	0	0
LITOSFERA	29	604	1,6	0	0,4	0,8	205	11,8	17,7	13,7	25	62	19
BIOSFERA	498	249	249	2,7	0,17	0,3	0,33	0,73	0,31	0,46	0	0,16	0

Gràfic N°5 Comparació elemental de diversos components del sistema terrestre (DE DEEVEY, 1970)



Com veurem desseguida, aquests elements que componen la biosfera, interrelacionen amb la resta del sistema terrestre, a través de cicles autoregulats.

### **1.7.El sistema terrestre: una sèrie de processos interactius**

La geosfera i la biosfera són sistemes estretament relacionats. L'existència d'un depen del funcionament de l'altre i al revés, a través de sistemes de transferència d'energia i de matèria.

Si és fàcil de comprendre que la vida dels animals i plantes depen de l'escorça terrestre, de l'aigua i de l'aire, és menys òbvia, per igualment certa, la dependència de la geosfera de la natura viva del planeta.

Si no existissin els éssers vius, per exemple, l'atmosfera tindria una composició similar a la dels gasos que emeten els automòbils i faria impossible la vida a la terra (11).

El sistema terrestre integra, doncs, el conjunt d'aquestes relacions entre la natura viva i la natura morta, així com tots els processos de funcionament dels diferents sistemes que hem definit fins aquí: la terra sòlida, l'aigua, l'aire i la vida.

El **sistema terrestre** es configura, així, com una sèrie relacionada de processos interactius, que operen en una àmplia gamma d'escales espaials i temporals. No es tracta d'una col·lecció de components individuals. Les interaccions són l'essència del sistema terrestre. Un cop s'ha introduït un canvi en un dels seus components, aquest canvi pot propagar-se a través del sistema terrestre sencer (12).

Prenem com a exemple l'acció volcànica. S'origina essencialment a partir de les interseccions de les plaques tectòniques, a través de llargs períodes de temps. Els efectes de les erupcions, no obstant, poden ser de tipus **local**, en períodes de temps d'hores o dies, o poden afectar àrees més àmplies, en períodes de temps de mesos o d'anys, a través de la deposició de pols i gasos volcànics en l'atmosfera. Al llarg del temps, doncs, l'acció volcànica pot estendre's d'un punt a l'altre del planeta. Això seria aplicable, com veurem, a la majoria de processos que es generen dins el sistema terrestre.

El nivell de coneixement que tenim avui dels diversos subsistemes que conformen el sistema terrestre és força desigual. La Terra sòlida és encara menys coneguda, doncs, malgrat les possibilitats d'anàlisi que ens ofereixen els moviments tectònics, els terratrèmols i els volcans, molts fenòmens que els afecten queden encara ocults a l'observació directa. El que podem anomenar Terra fluida (aigua i aire) i biològica (éssers vius) és més coneguda, doncs pot ser estudiada a la superfície terrestre (13).

## 2. ELS PROCESSOS I ELS SISTEMES NATURALS FISICS

Hem vist que el sistema terrestre es basa en un conjunt interactiu de sistemes naturals físics. Descriurem aquí, breument, com funcionen els principals d'aquests sistemes.

Per a fer-ho, cal distingir aquells processos o sistemes que operen dins del que hem anomenat la Terra sòlida, d'aquells que ho fan dins de la Terra fluida (aigua, aire) o biològica (éssers vius).

### 2.1. Processos que operen en la Terra sòlida

Els processos que operen en l'àmbit de la terra sòlida dominen la transformació del sistema terrestre en escales temporals llargues, és a dir, de milions d'anys o més.

Per aquesta raó, podem dir que operen en escales de temps molt més llargues que les que afecten les activitats humanes, i que ens interessen poc, atés l'objectiu d'aquest llibre (14).

Aixó es cert, amb algunes excepcions, com per exemple els fenòmens d'erosió i de deposició, que afecten als models d'ús de la terra o les erupcions volcàniques.

És bo, per tant, conèixer almenys que una part important de la recerca de les Ciències de la Terra s'adreça a comprendre aquests processos.

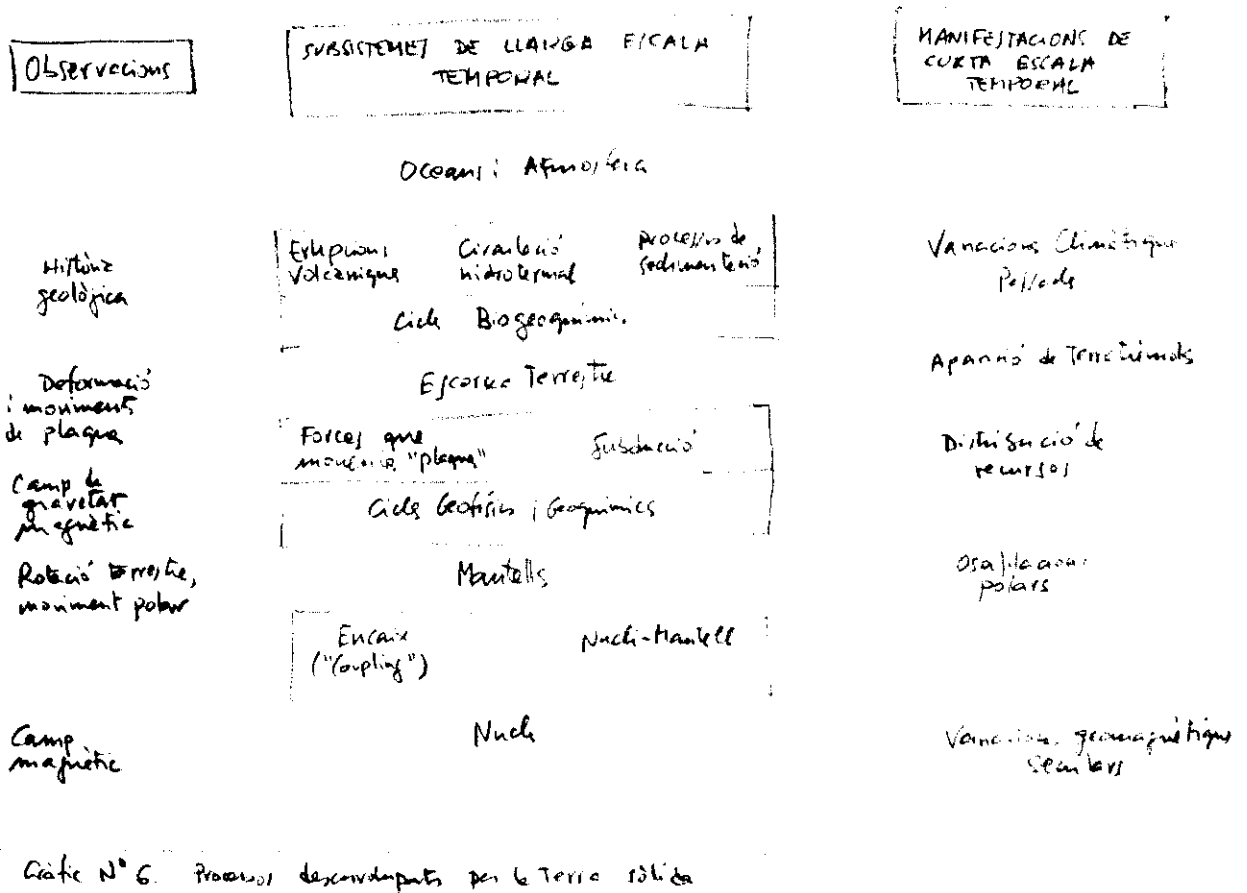
Els canvis que es produeixen en aquests processos estan dominats per les energies **internes** de la terra, molt en especial la **radioactivitat**.

Les principals recerques que s'estan desenvolupant avui, pretenen determinar els moviments dels "plats" de l'escorça terrestre amb la consegüent deformació i evolució dels continents, dissenyar el mapa de la composició, estructura i models de "convecció" dels mantells terrestres, i elucidar com funciona el mecanisme de dinaTerra (15).

També tenen interès els estudis que es fan de la història geològica de la Terra a partir de l'anàlisi de les roques sedimentàries que formen l'escorça terrestre. Aquest estudi permet observar la continua tensió entre l'acció constructiva de les forces internes de la terra i els efectes destructius de l'erosió i del clima a la superfície terrestre.

Finalment, s'està investigant la història de la Terra primitiva. Aquesta recerca és interessant, doncs la Terra primitiva ha exercit una notable influència en l'evolució subsegüent del nostre planeta. En aquest sentit poden ser útils els estudis sobre la formació de la Terra, el desenvolupament del seu nucli i mantells, i els orígens de l'atmosfera, l'hidrosfera i la biosfera.

Un resum dels principals processos desenvolupats en l'àmbit de la Terra sòlida el tenim en el següent gràfic (16):



## 2.2 Processos que operen en la terra fluida i biològica

Als efectes de l'objectiu d'aquest llibre ens interessen més directament, els processos que operen en la Terra fluida (aire i aigua) i biològica (éssers vius), doncs són processos que operen en escales de temps rellevants per a la recerca sobre les activitats humanes: a partir de centenars d'anys.

Dins d'aquesta escala temporal i en aquest àmbit, els processos poden descriure's englobats dins dos amplis sistemes: el **sistema climàtic** i els **cicles biogeoquímics**.

Tots dos sistemes estan lligats entre ells per processos físics i químics, especialment pel procés de formació i moviment de l'aigua, com a vapor, com a líquid i com a gel. Per això parlarem al final de **l'humitat global** com al procés que lliga al sistema climàtic i els cicles biogeoquímics (17).

### 2.2.1. El sistema climàtic

El sistema climàtic lliga conjuntament l'atmosfera, els oceans, la superfície o escorça terrestre i els éssers vius com plantes i animals.

#### A. Les radiacions solars

El funcionament d'aquest sistema parteix fonamentalment de les **radiacions i energia solars**. Una part important de les radiacions solars són reflexades immediatament un altre vegada cap a l'espai pels núvols. L'energia no reflexada cap enfora pels núvols o la neu, és absorvida per l'atmosfera o arriba a l'escorça terrestre. Del 47% d'energia solar que arriba a l'escorça, un 40% servirà per a evaporar l'aigua de l'hidrosfera i sols la resta és absorvida per la superfície dels continents (18).

Quan la superfície de la terra s'escalfa, envia radiació i energia de retorn a l'espai. Aquest tipus de radiació s'assembla a l'escalfor que sentim asseguts a una distància d'una estufa de llenya o d'un foc de camp.

Si calculem com hauria de ser la superfície del planeta, basats en la calor que radia cap a l'espai, arribem a la conclusió de que tot el globus hauria de ser un erm glaçat, 33 graus centígrads de promig més fred del que és avui. La força que ens salva d'aquest glacial destí és l'atmosfera. La capa d'aire que rodeja la terra conté, com hem vist abans, gasos com el vapor d'aigua i el diòxid de carboni, que absorbeixen la calor radiada per la superfície terrestre i reemetten la seva pròpia calor a temperatures molt més baixes. Podem dir que "atrapen" la radiació de la terra. Aquest mecanisme d'escalfament planetari s'anomena **efecte hivernacle** (19).

Aquest efecte hivernacle és cabdal. Al planeta **Venus**, el més proper de la terra, l'efecte és més fort, doncs té una espessa capa de diòxid de

carboni que escalfa la seva superfície a un promig de 470 graus centígrads. Al planeta **Mart** passa el contrari, l'efecte és massa feble, i la temperatura mitja a la seva superfície és de 60 graus centígrads sota zero, doncs té una atmosfera molt prima. A cap dels dos planetes és possible la vida.

El paper dels **núvols** dins el sistema climàtic és doble. D'una banda, reflexen la radiació del sol cap enfora de la Terra i, per tant, refreden el planeta. D'altra banda, altres núvols escalfen la terra, atrapant la calor a prop de la superfície, augmentant l'efecte hivernacle de l'atmosfera. (Avui podem dir, però, que el sistema de núvols exerceix, tot sumat, un poderós efecte de refredament global del planeta).

Dins del sistema climàtic es produeix el que s'anomena **balanç global de radiacions**. De la mateixa manera que ho fa el balanç d'una empresa, el balanç de radiacions ha de quadrar. Això vol dir que l'energia solar que arriba a la Terra, ha de ser igual a l'energia que marxa del planeta. Si no fos així, els oceans podrien arribar a evaporar-se o a congelar-se.

## **B. La màquina de calor global**

L'energia solar no arriba amb la mateixa força a tots els indrets de la Terra. A les regions polars cobertes de gel hi arriba molt poca energia solar, especialment a l'hivern. La terra absorbeix més radiació solar als equadors que a les latituds inferiors. Així, doncs, el balanç de radiacions s'equilibra a nivell del conjunt de la Terra, però no pas a cada lloc.

El que passa és que l'energia absorvida prop de l'equador s'escampa a les regions més fredes del globus, transportada pels **vents** de l'atmosfera i per les **corrents dels oceans**. Així l'aire i l'aigua actüen com una gegantina màquina de calor global, d'una forma similar a com ho fa una locomotora de vapor. Una màquina que tendeix a igualar les temperatures del món.

L'atmosfera transporta energia, arrossegant masses d'aire humit i sec. A través de l'evaporació, l'aire absorbeix, a sobre els oceans càlids, vapor d'aire. Aquest vapor d'aire viatja a les regions més fredes i a l'interior dels continents, i es condensa i precipita com a pluja o neu, alliberant calor a l'interior de l'atmosfera (20).

## **C. El paper de l'aigua**

L'aigua juga un paper clau en el clima. En primer lloc, com hem vist, en la formació de les pluges, els huracans i les tempestes de neu.

Però no sols. També juga un paper cabdal a través del procés d'evaporació des dels sòls humits i les plantes. Aquesta evaporació ajuda a refredar la superfície terrestre, de la mateixa manera que la suor refreda els nostres cossos en èpoques de calor. Quan patim una sequera d'estiu, i el sol s'asseca, les temperatures augmenten perquè l'escorça terrestre no pot ja usar l'evaporació per a refredar-se (21).

És aquest procés d'evaporació el que fa que s'origini un major nombre de pluges a les regions forestals. Els boscs són veritables "creadors de pluja". A finals del segle passat, la repoblació forestal de més de 10.000 hectàrees a l'Índia Central va causar un augment d'un 12% de les pluges. En canvi, el desboscament de les serralades d'Abisinia durant les darreres dècades va contribuir visiblement a l'empitjorament dels períodes de sequera a la zona del Sahel Occidental (22).

També juguen un paper en el cicle climàtic de l'aigua els **aquífers subterranis**, procedents de l'aigua de pluja que penetra en la terra sòlida i que torna a sortir cap a l'exterior al cap d'un temps. Els aquífers subterranis ralentitzen el cicle de l'aigua.

#### **D. Els oceans: un animal mandrós**

Comparats amb l'aire, els oceans reaccionen com un animal mandrós. Mentre l'atmosfera pot adaptar-se en pocs dies a l'escalfament o refredament dels oceans, a la superfície del mar li costa mesos o més temps el respondre als canvis de calor de l'atmosfera.

Els models de temperatura de la superfície del mar també determinen on es desenvolupen les tempestes i la direcció en la que viatgen aquests temporals. Un exemple del que diem el constitueix "El Niño", un model climàtic que es crea quan l'Oceà Pacífic s'associa amb l'atmosfera global per a crear amplis canvis en el clima. El 1.983, "El Niño" va ser particularment fort, creant pluges torrencials a la costa oest d'Amèrica Llatina i sequeres molt greus a l'Índia, Indonèsia i Austràlia.

Dissortadament, coneixem molt menys el funcionament dels oceans que el de l'atmosfera.

#### **E. Tres subsistemes**

El sistema climàtic, podria dividir-se en tres subsistemes: el de la física i la dinàmica atmosfèriques, el de la dinàmica dels oceans, i el de l'energia i l'humitat de la superfície terrestre. També forma part del sistema climàtic la dinàmica entre l'atmosfera i la mesosfera.

La **física i la dinàmica atmosfèriques** jugen un paper clau en la determinació de la temperatura de la superfície terrestre, així com en la formació i actuació dels núvols, de les pluges i dels vents. Transportant aigua, reactius químics i pols a través del món, i proveint una part substancial del sistema de suport a la vida, l'atmosfera es converteix en el motor del sistema climàtic. Les previsions climatològiques han estat basades en els darrers cent anys en l'anàlisi d'aquest subsistema i en la construcció de models d'ordinador basats en ell.

Si volem conèixer les tendències del clima a llarg termini, l'observació atmosfèrica és insuficient. Cal entendre i poder descriure acuradament el balanç global de radiacions. Per a fer-ho cal incloure l'estudi del balanç energètic i de l'humitat de l'escorça terrestre i l'amagatzemament i circulació de calor en els oceans. El primer determina la temperatura de la superfície terrestre. El segon la de la superfície del mar.

Dins el subsistema de la **dinàmica dels oceans**, es particularment important l'amagatzemament, en les seves capes altes, de l'excés de calor retinguda a l'atmosfera com a resultat de concentracions creixents dels gasos que produeixen l'efecte hivernacle. La capacitat calorífica de l'aigua dels oceans, amb ritmes de ventilació cap a la superfície marina que van de dècades fins a un segle, és suficient per a retardar substancialment el projectat equilibri de la temperatura global del planeta i per a modificar, en el interior, els gradients de temperatura entre el pol i l'equador. Per a quantificar aquests efectes caldrà conèixer millor que fins ara, els processos de circulació dins els oceans. Un aspecte també important dins aquest subsistema és el de la formació del gel marí en la superfície dels oceans, doncs modifica en gran mesura l'absorció de radiacions solars en les latituds altes i el retorn de calor a l'atmosfera a través de la reflexió dels raigs del sol.

El tercer subsistema integra el **balanç energètic i d'humitat de l'escorça terrestre**. El balanç energètic o tèrmic exerceix una gran influència en la circulació de l'atmosfera i en la distribució de la temperatura i les precipitacions en la superfície de la terra. Com hem dit, aquest balanç es crea a partir de la radiació solar (que escalfa els materials de l'escorça terrestre), el transport de calor cap a l'atmosfera a través del reflexe de les radiacions solars (convecció), i de la calor latent requerida per a evaporar l'aigua de la vegetació (i, en menor mesura, directament del sòl). La influència de la vegetació en la "evapotranspiració" és particularment important.

Un darrer subsistema que afecta també en el sistema climàtic és el regula la **dinàmica entre l'estratosfera i la mesosfera**, malgrat que fins ara ha estat absent del treball dels metereòlegs. Afecta el sistema climàtic en la mesura en que l'estratosfera (entre els 20 i els 50 Km de la superfície terrestre) serveix de cobertura en els models climàtics i en la distribució a gran escala de la temperatura efectuada a nivells

inferiors dins l'atmosfera. Té, doncs, una influència indirecta, però significativa en el clima al nivell de l'escorça terrestre. Aquest subsistema l'analitzarem més endavant (23).

#### **F. Els instruments de mesura: Models d'ordinador i història terrestre.**

El sistema climàtic és com una tela d'aranya en la que estan entreteixits els núvols, les corrents dels oceans, la radiació solar i mil altres elements.

Per això, a l'hora d'analitzar-ne el funcionament, s'ha treballat força en l'elaboració de **models d'ordinador**, mirant d'incorporar-hi els diferents elements climàtics com si fossin fluids que obeeixen lleis físiques bàsiques. La fiabilitat de les simulacions per ordinador no és, encara, completa. Sabem, per exemple, que aquests models no funcionen encara a l'hora de simular com funcionen els núvols o els oceans. És difícil aquesta tasca, doncs es tracta d'integrar elements molt diferents i interrelacionats, com són ara, per exemple, l'escorça terrestre, el vapor d'aigua en l'aire, el nivell de sal als oceans o els sistemes biològics.

Un altre instrument de mesura l'ha constituït l'estudi dels registres de que disposem sobre la **història de la terra**. Analitzant vegetals molt antics (com el pi Bristlecone que té 4.800 anys) o els fòssils i les roques que estudien els geòlegs. Aquestes recerques ens donen dades sobre com eren les condicions prèvies a la Terra, i ens ofereixen claus per entendre les causes del canvi climàtic. Vegem-ne alguns exemples.

Durant el període cretaci, ara fa cent milions d'anys, al final de l'era dels dinosaures, la temperatura era 10 graus centígrads més elevada que avui. El nivell del mar va pujar i els oceans desbordaren els continents, doncs aquests no estaven "tancats" pels grans blocs de gel dels pols. Les raons d'aquesta situació en part va ser deguda a un augment de diòxid de carboni a l'atmosfera, degut a l'activitat volcànica.

En els darrers dos milions d'anys, la Terra ha passat per diverses edats de gel, amb disminucions notables de la temperatura. Durant aquests períodes, la temperatura mitja fou de 5 graus centígrads menys que l'actual. Les raons semblen deure's a canvis periòdics d'òrbita de la Terra i a disminucions significatives dels percentatges de diòxid de carboni i de metà a l'atmosfera. Hom especula en que la reorientació de les corrents majors dels oceans durant les èpoques de gels pot haver fet créixer l'habilitat dels oceans per absorbir el diòxid de carboni de l'atmosfera.



### **2.2.2 Els cicles biogeoquímics**

El segon grup de sistemes que regulen el que hem anomenat Terra fluïda i biològica, el constitueixen els cicles biogeoquímics.

Aquests cicles descriuen els moviments i les interaccions dels elements químics essencials per a la vida a través de la geosfera i de la biosfera (25). Inclouen processos físics, químics i biològics.

Hi ha cicles "oberts", com el de l'energia, i hi ha cicles "tancats" com els cicles de la matèria. Aquests darrers són com "un joc permanent entre la natura viva i la natura morta" del nostre planeta, en un procés que no té principi ni fi. És com un reciclatge combinat i continu, en una sèrie de processos autorregulats: les deixalles són el punt de partida per a formar quelcom de nou (26).

Els cicles naturals transformen cada any un 10 % de la matèria orgànica total de la Terra, el que suposa reciclar 200.000 milions de tones anuals.

Els elements químics principals són el carboni, l'hidrògen, el nitrògen, l'oxigen, el fòsfor i el sulfur, combinats de diverses maneres i interaccionant amb d'altres elements. Una sola d'aquestes substàncies pot esdevenir el factor limitatiu en el desenvolupament d'un ecosistema. Per exemple, l'oferta de nitrògen pot limitar el nombre de processos vitals en els oceans i la quantitat d'aigua pot determinar l'extensió de la vida als deserts terrestres (27).

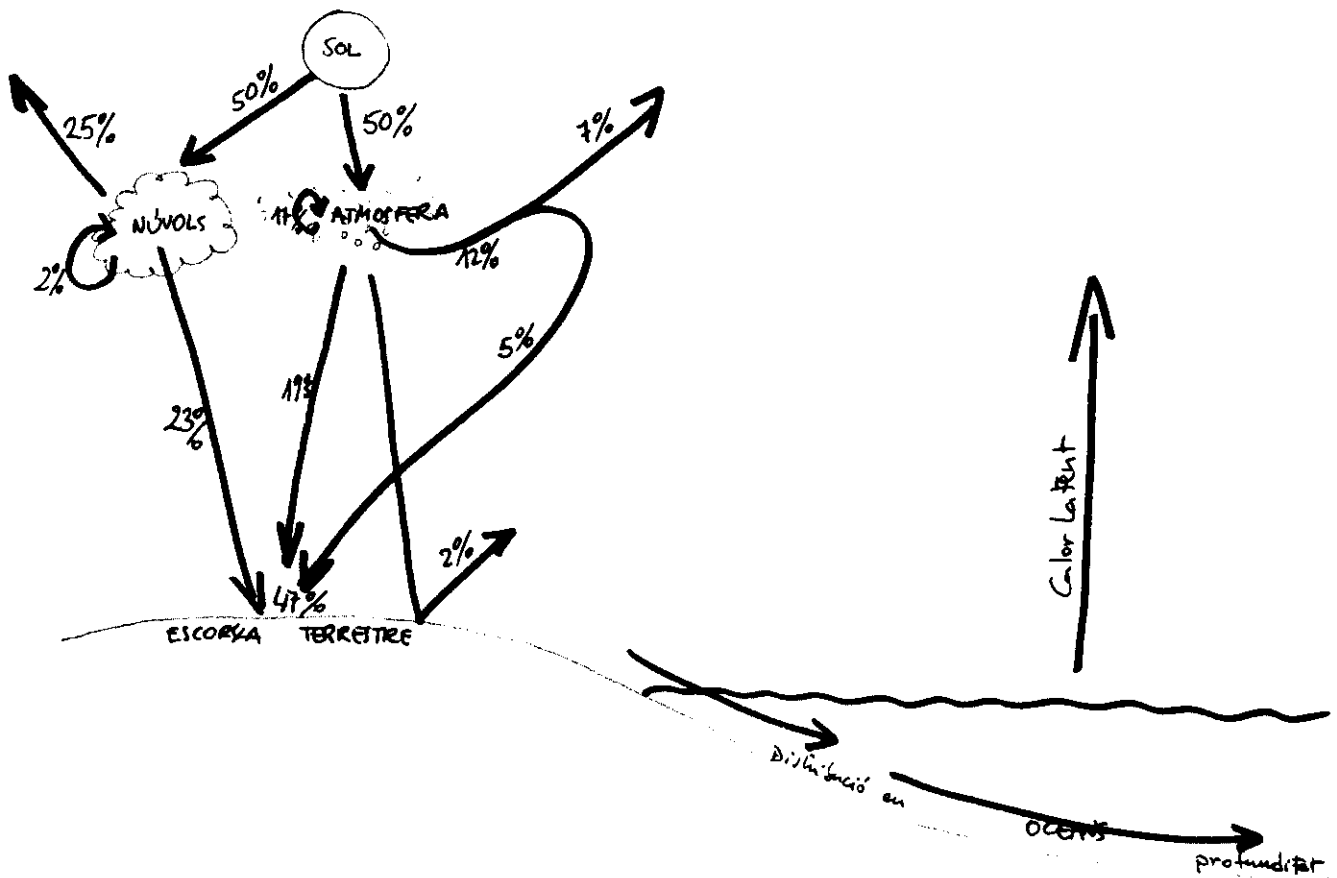
Vegem, doncs, com funcionen els cicles més importants. Compendre'ls és essencial per a entendre el funcionament de la Terra com a sistema.

#### **A. El cicle de l'energia**

Ja hem parlat, en descriure el sistema climàtic, del cicle de l'energia.

La base del cicle és l'energia solar. Per això parlem de cicle "obert", atesa la intervenció decisiva del sol que és un factor "extern" al sistema terrestre.

El funcionament del cicle pot resumir-se així:



De l'energia de les radiacions solars, un 50 % és interceptada pels núvols. Aquests reemetten cap a l'espai la meitat d'aquesta energia, és a dir, un 25 % del total. Això és el que fa que la Terra, vista desde l'espai, aparegui com un planeta brillant i lluminós. Un 2 % de l'energia queda retinguda als núvols, i el 23 % restant arriba a l'escorça terrestre.

De l'altre 50 % d'energia solar, sols un 19 % atravesarà l'atmosfera per arribar directament a la superfície terrestre. Un 17 % del total és absorvida pels gasos de l'atmosfera, especialment per l'ozó, el vapor d'aigua i el diòxid de carboni. Un 12 % del total és reflectida per l'atmosfera, de la que una part (7 % del total) retornarà a l'espai, i un altra part (5 % del total) arribarà a l'escorça terrestre. Finalment, un 2 % del total serà reflexada per l'escorça cap a l'espai.

En resum, doncs, sols el 47 % de l'energia emesa pel sol arriba a la superfície de la Terra, ja sigui als continents o a l'oceà. Allà serà emprada per a l'evaporació (40 %). Un petit percentatge servirà per a la fotosíntesi (0,1 %), i la resta serà absorvida per l'escorça terrestre.

La radiació absorvida per la Terra es transforma en calor, que es distribueix en profunditat. Als oceans, gràcies a les onades, es

distribueix a profunditats de fins a 100 metres, el que fa que les superfícies marines no ultrapassin gairebe mai l'1°C. Per contra, la radiació que incideix en el sòl continental depèn en gran mesura de la classe de sol i del tipus de vegetació present.

Els oceans, a més de ser una grans transportadors d'energia desde la superfície terrestre, a compleixen una funció decisiva en el cicle energètic, atès que les transformacions de fase són acompanyades de grans canvis latents de calor. L'evaporació, amb el consegüent desplaçament del vapor per l'acció del vent i la condensació posterior, produeix un transport de calor a través de l'atmosfera. Aquests canvis calorífics són els que, en darrer terme, condueixen al desenvolupament del sistema de circulació de l'aire per tot el planeta (28).

D'altra banda, tal com passa dins d'una fàbrica, l'energia solar és utilitzada per a les successives reaccions químiques que ocorren al sistema terrestre. La radiació solar es transforma en diversos tipus d'energia: energia mecànica (cinètica o potencial), energia química, i en el contingut calorífic de la Terra.

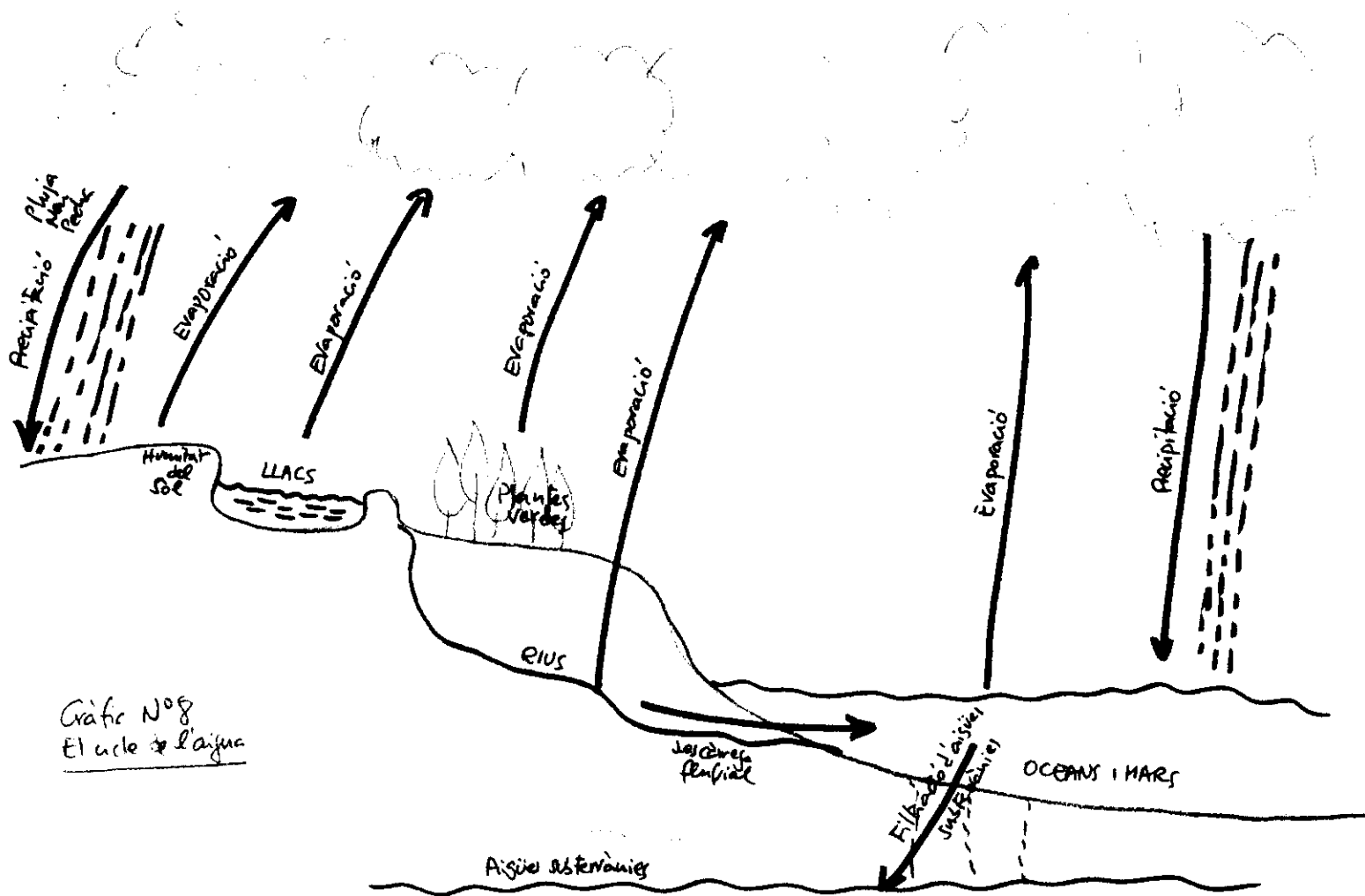
Un exemple de transformació en energia mecànica ens l'ofereix el sistema climàtic: l'energia solar acaba generant, d'una banda, a través de l'evaporació, l'energia cinètica i potencial dels rius i els glaciers. D'altra banda, gràcies als desequilibris tèrmics de l'escorça terrestre, l'energia solar esdevé l'energia cinètica i potencial dels vents i les corrents oceàniques.

Un exemple de transformació de l'energia solar en energia química ens l'ofereix la fotosíntesi, a través de la qual les plantes verdes assimilen el diòxid de carboni per a fabricar oxigen, com veurem en parlar del cicle del carboni (29).

## **B. El cicle de l'aigua**

El cicle de l'aigua és essencial per a la vida i per a la creació del sistema climàtic, ja descrit.

La seva descripció pot ser resumida en el següent gràfic:



L'aigua dels oceans s'evapora cap a l'atmosfera, com a efecte de les radiacions solars, tal com hem ja descrit. Al seu torn, el vapor d'aigua present a l'atmosfera retorna en bona mesura als oceans en forma de precipitació.

Pel que fa a l'escorça terrestre, hi ha un procés múltiple d'evaporació d'aigua cap a l'atmosfera: aquesta evaporació procedeix tant dels llacs i dels rius que poblen els continents, com de les plantes i del mateix sòl humit, en un procés semblant al de la suor humana. En retorn, el vapor d'aigua atmosfèric es condensa i retorna en forma de precipitacions d'aigua a la superfície terrestre a través de les pluges, la neu o les pedregades.

El cicle es tanca amb la relació entre els oceans i l'escorça terrestre. Els cabdals dels rius provinents dels continents aporten el seu flux d'aigua als oceans. Aquests darrers, al seu torn, filtren aigua cap a l'escorça terrestre, formant les capes d'aigües subterrànies. Aquestes darreres reapareixen en formes de pous que fan brollar rius i llacs, i contribueixen a la humitat de sòls i plantes verdes. I tornem a començar.

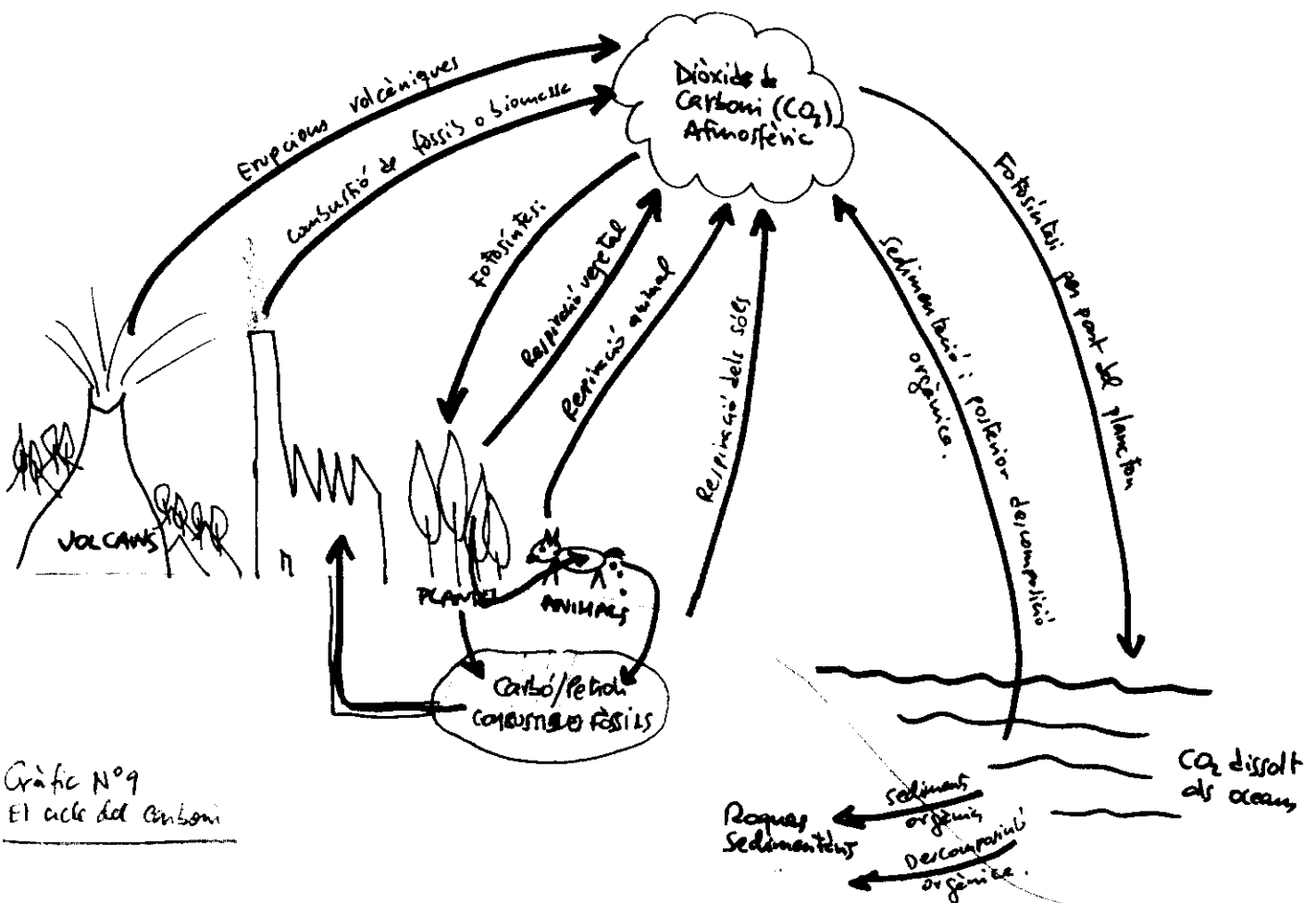
### C. El cicle del carboni

El cicle del carboni és particularment important, doncs el carboni és present a totes les cèl.lules vives.

Aquest cicle gira especialment en torn al diòxid de carboni, doncs és aquest l'espècie química predominant en l'atmosfera entre les que contenen carboni.

El cicle funciona bàsicament a través de la fotosíntesi, la respiració, les emissions per combustió de fuels fòssils i les erupcions volcàniques.

Vegem-ne la representació gràfica:



Gràfic N°9  
El cicle del carboni

Hi ha 700 bilions de kilògrams de diòxid de carboni a l'atmosfera. Doncs bé, el 20 % d'aquesta quantitat és transformada cada any per part de plantes i microorganismes, especialment gràcies a la fotosíntesi. Aquest és, doncs, el principal mecanisme a través del qual s'obté el carboni necessari per als éssers vius (29).

La **fotosíntesi** transforma el diòxid i l'aigua en hidrats de carboni, alliberant oxigen, gràcies a l'energia de la llum solar. Aquest procés el protagonitzen tan les plantes de l'escorça terrestre com el plancton i altres organismes vegetals dels oceans. Es tracta d'un procés d'absorció de llum visible per part d'un sistema de cèl·lules clorofil·liques presents a les plantes. El carboni fixat així per les plantes verdes, passa als animals herbívors quan se les mengen.

Si aquest és el principal sistema de fixació del diòxid de carboni, els fluxes en sentit contrari tenen orígens diversos. En primer lloc, hi ha la **respiració** de les plantes, dels animals i, àdhuc, dels sòls. Els homes, els animals i les plantes respirem captant oxigen de l'atmosfera i emetent diòxid de carboni.

D'altra banda, les **erupcions volcàniques** suposen una emissió unilateral de diòxid de carboni cada cop que ocorren.

També emeten diòxid de carboni les activitats humanes basades en la **combustió de fuels fòssils** (carbó mineral o petroli) o **de biomassa** (llenya o carbó vegetal). Tant el carbó mineral com el petroli es formen a partir de la descomposició de components orgànics presents a l'escorça terrestre. La descomposició de plantes i animals contribueix a la formació d'aquests combustibles rics en carboni. En cremar-los, alliberen diòxid de carboni.

També la **sedimentació i posterior descomposició orgànica** del plàncton i altres organismes vegetals dels **oceans**, permet l'emissió cap a l'atmosfera de diòxid de carboni.

Fins aquí els processos principals. Hi ha altres processos, això no obstant, que participen en una petita mesura del balanç total del carboni a l'atmosfera. Un d'ells és l'oxidació del carboni elemental o de compostos orgànics impregnats en roques, produint diòxid de carboni. Un altre és el consum de diòxid de carboni dissolt per part de carbonats dissolts, com és ara la calcita (carbonat de calci).

Finalment, el metà i el monòxid de carboni participen també en el cicle del carboni. El metà es produeix de forma natural per la fermentació anaeròbica de terrenys humits (arrossars, per exemple) o per la fermentació intestinal del bestiar. Però el 50 % del metà present

a l'atmosfera prové de processos de combustió de biomassa i d'extracció de combustibles sòlids, com els que es realitzen a les mines de carbó, explotacions de petroli i jaciments de gas natural. En el cas del monòxid de carboni, el 40 % de la seva presència s'explica per la combustió de carburants fòssils.

Tant el metà com el monòxid de carboni formen diòxid de carboni en reaccionar amb els radicals hidròxils a la troposfera (30).

#### D. El cicle de l'oxigen

El cicle de l'oxigen és, en bona mesura, complementari amb el del carboni que acabem de veure.

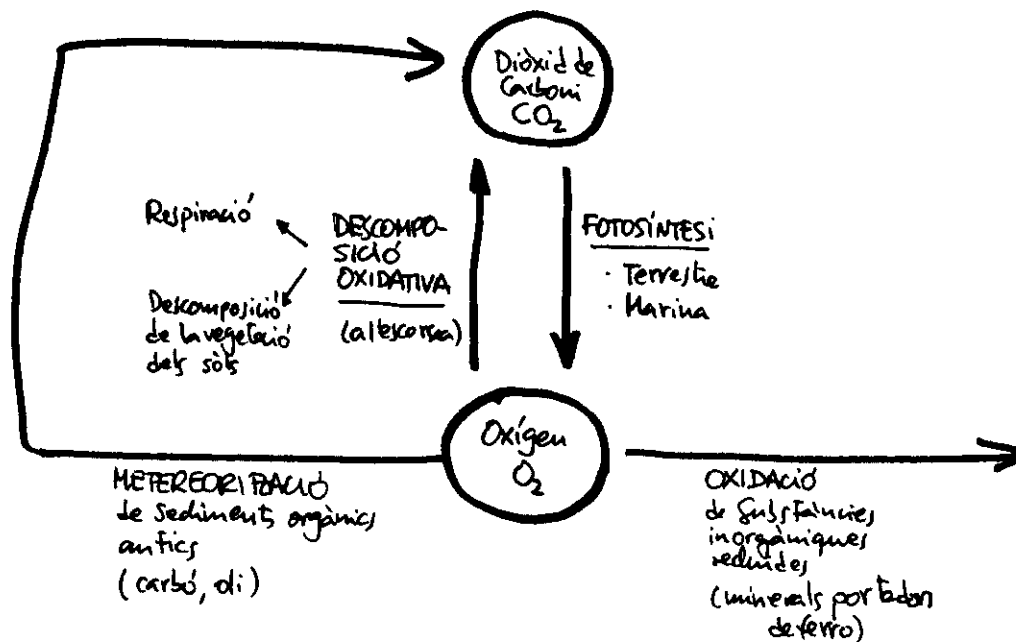
Hi ha una relació doble entre els gasos de l'atmosfera i els sistemes terrestre i marí.

D'una banda, a través de la **fotosíntesi**, tant terrestre (plantes verdes) com oceànica, el diòxid de carboni present a l'atmosfera es transforma en oxigen útil per als éssers vius. Aquesta és la principal via de formació d'oxigen: s'estima en 400 mil milions de tones la quantitat d'oxigen que s'emet anualment a través de la fotosíntesi.

Aquests éssers vius retornen diòxid de carboni a l'atmosfera a través de la seva respiració. Aquest darrer procés és el que es coneix com a **descomposició oxidativa**. També forma part d'aquest procés l'emissió de diòxid de carboni per part de la vegetació de sòls descomposada.

D'altra banda, l'oxigen de l'atmosfera captat a través de la fotosíntesi (i el que existeix a l'aire de forma directa) contribueix a l'**oxidació** de substàncies inorgàniques reduïdes, com per exemple els minerals portadors de ferro. També col·labora a la meteorització de sediments orgànics antics, com són el carbó i l'oli (30). Altres processos d'oxidació importants són els del carboni elemental que produeix diòxid de carboni, el dels sulfurs minerals que produeix sulfats, i el del nitrògen gasós que produeix nitrats (31)

Aquest seria, en esquema, el procés (32):



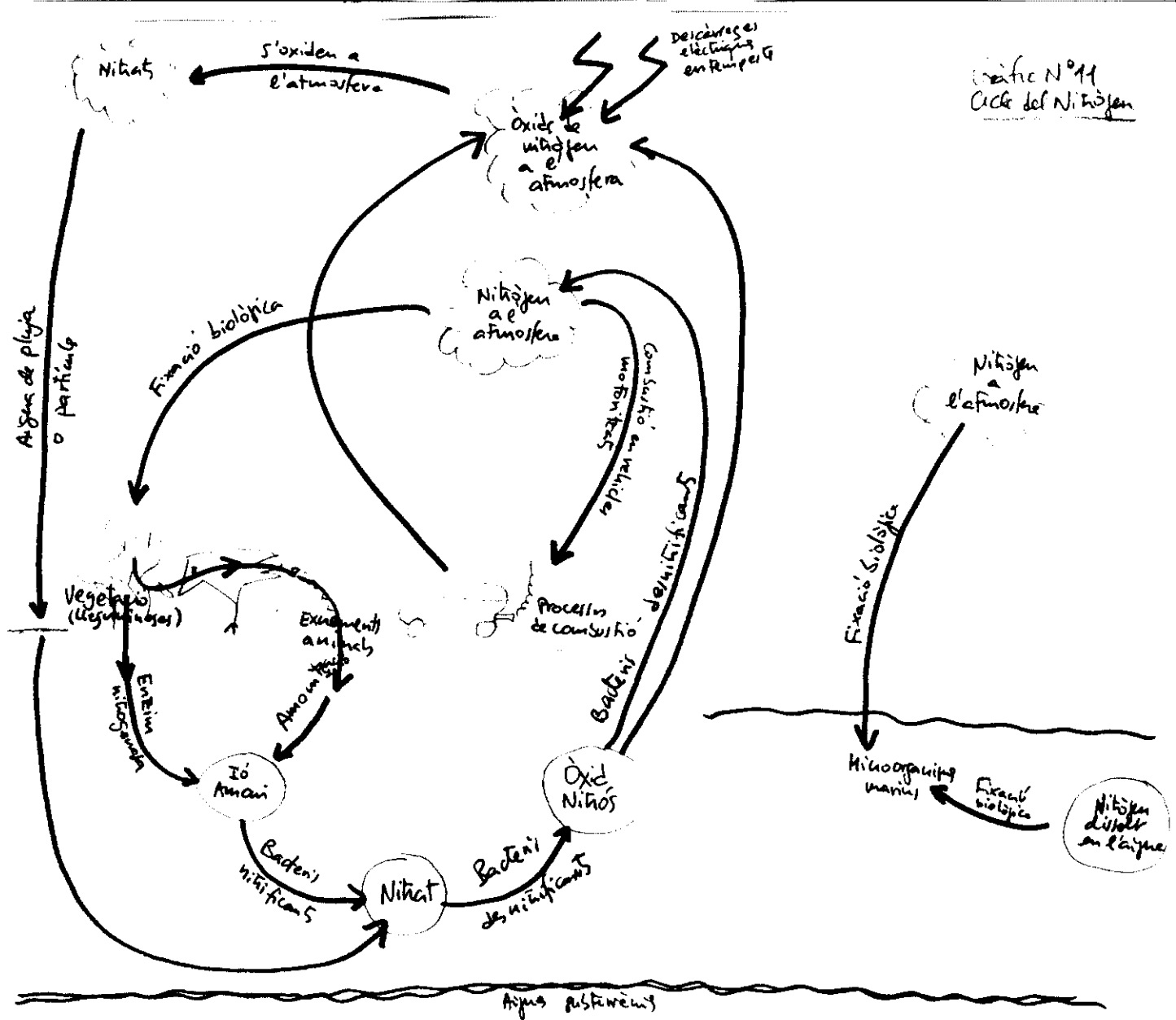
És interessant notar com el carboni penetra en el subsòl orgànic a partir de la descomposició dels components orgànics de l'escorça terrestre. Aquest subsòl orgànic, com el carbó o el petroli, en ésser consumit a través de la seva combustió industrial, retorna en forma de diòxid de carboni a l'atmosfera.

### E. El cicle del nitrògen

En el cas del nitrògen, ens trobem amb un procés d'alguna manera semblant al de la fotosíntesi. És el que se'n diu la "fixació" biològica del nitrògen, que es produeix tant al sòl com als oceans.

Aquest és, en esquema, el procés del cicle:





En els ecosistemes terrestres, són les **plantes lleguminoses** els principals agents de la fixació del nitrogen, ajudats per alguns microorganismes. L'assimilació del nitrogen és catalitzada per l'enzim nitrogenasa, que converteix el nitrogen atmosfèric en ió amoni, amb la participació d'un fosfat d'alt contingut energètic (l'ATP, adenosina trifosfat).

Al sòl, uns microorganismes anomenats **bacteris nitrificants** oxiden l'ió amoni i el transformen en nitrat. Aquest darrer pot incorporar-se a les aigües subterrànies, juntament amb els nitrats que provenen de l'aigua de pluja, o bé reconvertir-se en nitrogen amb l'ajuda dels **bacteris desnitrificants**. A vegades la desnitrificació no s'aconsegueix del tot, i es forma òxid nítrós.

Els residus animals i vegetals que contenen nitrogen fonamentalment en forma d'aminoàcids, es transformen en ió amoni, a través d'un procés anomenat amonificació. Cada any es transformen uns dos milions de tones de nitrogen en aquest procés.

Un cicle semblant s'esdevé a l'oceà. Els microorganismes marins fixen el nitrogen atmosfèric i també el nitrogen dissolt en l'aigua (33).

En aquest cas, com en d'altres, ens trobem amb una col·laboració entre el món vegetal, el món animal i els microorganismes. D'ací el perill dels canvis en l'estructura i la química del sol i el seu drenatge, com veurem en capítols posteriors (34).

#### **F. Tres subsistemes: biogeoquímica marina, ecosistemes terrestres i química troposfèrica.**

En el funcionament de cada cicle dels descrits hi podem observar la presència de tres subsistemes: la biogeoquímica marina, els ecosistemes terrestres i la química troposfèrica.

Els **oceans** i els seus éssers vius (el que hom anomena "biota") juguen un paper central en el cicle del carbó i d'altres nutrients. Contenen més del 90 % del carbó i dels nutrients no sedimentaris de la Terra i hom creu que eliminen al menys la meitat de les emissions de diòxid de carboni presents a l'atmosfera degudes a activitats humanes. Els oceans tenen una enorme capacitat calorífica i de transport, i, per aquesta raó, tenen gran influència en la moderació de les fluctuacions i els gradients de latitud de les temperatures, una influència aquesta important per a la química i la biologia globals. Finalment, la barreja vertical de les capes altes dels mars i, en alguns indrets, l'emergència d'aigües profundes riques en nutrients són processos físics crítics per a l'activitat biològica (35).

El paper dels **ecosistemes terrestres** és també essencial. Són claus, en aquest sentit, els processos físics i biològics que governen la circulació dels elements en la biosfera. Aspectes tals com la productivitat i evolució de les espècies vegetals, animals i bacteriològiques, la composició interna de l'escorça terrestre o la presència i relativa acidesa de l'aigua fresca, són aspectes capitals en el funcionament dels cicles.

Els gasos de la **troposfera** són components claus dels cicles biogeoquímics i, en alguns casos, juguen un paper important en la transmissió de la radiació solar i/o terrestre i constitueixen un lligam amb el sistema climàtic (36).

#### **G. La química estratosfèrica i mesosfèrica**

La química de l'estratosfera està dominada per la producció fotoquímica d'ozó i per les reaccions relacionades amb la seva destrucció catalítica. Atesa la seva capacitat d'absorció de la llum del sol, la distribució de l'ozó té una gran influència en la distribució i circulació de la temperatura de l'estratosfera, i, en conseqüència, en els moviments que succeeixen a sota, al nivell de la troposfera.

Serveix, a més, com a protecció dels organismes vius de l'escorça terrestre contra les perilloses radiacions ultraviolades del sol (37).

### 2.3.3. La humitat global

L'existència abundant d'aigua diferencia a la Terra dels altres planetes del sistema solar, i resulta crítica per al manteniment de la vida (38).

El cicle de l'aigua juga, tal com hem vist, un paper clau tant en el funcionament del sistema climàtic com en el conjunt de cicles biogeoquímics. Podem dir que connecta un sistema amb l'altre.

Alguns exemples d'aquest paper són els següents:

- La distribució de la pluja, la neu, l'evaporació i els corrents fluvials, determinen l'extensió i distribució de la biosfera.
- En sentit contrari, els canvis operats en l'escorça terrestre i en la productivitat biològica poden afectar els processos hidrològics locals i globals.
- L'evaporació actua com a control termostàtic sobre la temperatura de l'aire local.
- La neu i els gels ajuden a modular el sistema climàtic i actuen com a indicadors del canvi climàtic.
- Els corrents fluvials lliguen l'escorça terrestre amb els oceans a través de l'embarcament i transport de sediments i nutrients.
- L'aigua líquida i el glaç contribueixen a l'erosió de la superfície terrestre.

Així, doncs, malgrat que encara no coneixem prou bé com funciona el sistema de núvols, neu i glaç, i de que no comptem amb les dades adequades que ens permetin desenvolupar correctament el cicle de l'aigua, podem afirmar que l'**humitat global** juga un paper clau en els sistemes naturals físics en el seu conjunt (39).

### 2.3. Interaccions entre els tres sistemes

El sistema climàtic, els cicles biogeoquímics i la humitat global estan interrelacionats entre ells, així com amb els factors que podríem anomenar "externs" al sistema com són el sol o les erupcions volcàniques.

Aquest és el quadre global d'interrelacions elaborat per la NASA, que integra el conjunt de sistemes i subsistemes que integren el sistema terrestre (40):

### **3. ELS CANVIS OPERATS EN ELS SISTEMES NATURALS FÍSICS**

Els sistemes naturals físics descrits fins ací estan sotmesos a importants processos de canvi i transformació. Canvis aquests que són continus desde la conformació de la Terra, però que han sofert una acceleració i, en alguns casos, un canvi de direcció en els darrers dos cents anys degut a la intervenció humana.

Descriurem aquí quatre dels principals canvis: el canvi del sistema climàtic, la reducció de l'ozó estratosfèric, la pluja àcida i la pèrdua de biodiversitat.

#### **3.1. El canvi del sistema climàtic**

Com hem vist en descriure'n el funcionament, el sistema climàtic canvia continuament desde fa milers de milions d'anys, com a resultat de les interaccions entre la radiació solar i els diferents components de la geosfera i de la biosfera.

Avui, però, l'emissió dels anomenats "gasos hivernacle", com a resultat de les activitats humanes, sembla està canviant la direcció del canvi climàtic natural, a una velocitat digna de consideració.

##### **3.1.1. Els "canvis externs" en el clima**

El clima pot variar per raons internes (del propi sistema) o externes. A nosaltres ens interessen, a efectes del que estem estudiant, les raons externes.

Els canvis externs del sistema climàtic estan basats en processos que provoquen canvis en els fluxes d'energia de les radiacions solars dins el sistema (41).

Dins d'aquests processos, n'hi ha forces en els que l'acció humana no sembla tenir-hi res a veure. És el cas dels canvis en el nivell

d'irradiació (output) que ens arriba del sol, o dels canvis en la geometria de l'òrbita de la Terra al voltant del sol (42).

En altres casos, si que l'acció humana pot influir-hi. És el cas dels processos d'**absorció** de la radiació solar o de **deturament** de les radiacions d'onada llarga per part de l'atmosfera.

### **3.1.2. El paper dels "gasos hivernacle"**

Els gasos hivernacle presents a l'atmosfera juguen un paper clau en el sistema climàtic, doncs absorveixen la radiació infrarroja emesa per la superfície del sol, tonant a radiar aquesta energia (43). De fet el que fan és deixar passar les radiacions d'ona curta i absorbir i reemetre les radiacions d'ona llarga (44).

Aquest és, en esquema, el funcionament de l'"efecte hivernacle" (45):

El principal gas hivernacle, com ja hem vist, és el vapor d'aigua, que és responsable del 80 % de l'efecte hivernacle. La resta són gasos en molt poca concentració, els anomenats "gasos traça", que existeixen en petitíssimes quantitats, però que tenen una gran importància. Aquests gasos són el diòxid de carboni, el metà, l'òxid de nitrògen, l'ozó estratosfèric i els clorofluorocarburs (CFC).

Aquests gasos, a través de l'efecte hivernacle, mantenen calenta la baixa atmosfera i la superfície terrestre.

El canvi climàtic induït per l'home està relacionat essencialment amb la intensificació de l'efecte hivernacle, com a resultat dels augments en les concentracions dels gasos traça (46).

Parlem d'intensificació, doncs tots aquests gasos, excepte els clorofluorocarburs (CFC), es produeixen naturalment a l'atmosfera i s'eliminen, també de forma natural, a través dels cicles biogeoquímics que ja hem descrit. El que fem els humans és augmentar en excés la concentració d'aquests gasos.

La llarga vida de les molècules d'aquests gasos a l'atmosfera (de l'ordre de 400 a 500 anys), fa que la seva concentració augmenti a nivells més alts que els dels processos naturals que poden eliminar-los a escales temporals menors que les del temps geològic (47).

### **3.1.3. Les emissions de diòxid de carboni**

La concentració de diòxid de carboni a l'atmosfera ha passat de 315 parts per milió (ppm) l'any 1958 a 343 parts per milió (ppm) l'any 1984, i podem afirmar amb certesa que aquest augment ha estat degut a la combustió de fuels fòssils i al canvi d'ús de la terra (48). Avui (1992) hem sobrepassat el nivell de 350 ppm (49).

Com veurem amb més detall més endavant, les emissions de diòxid de carboni procedents de la deforestació i dels canvis d'ús de la terra no serien suficients, avui, per a produir canvis climàtics significatius. Són les emissions provinents de l'explotació de combustibles fòssils (petroli, carbó, gas), amb grans reserves encara per a ser consumides, les que poden provocar canvis climàtics notables. Aquestes emissions suposen el 80 % del total, mentre que la resta correspondria a la deforestació i al canvi d'ús de la terra: els arbres que, com hem vist, absorbeixen aquest gas quan són vius, l'alliberen quan se'ls talla i se'ls crema (50).

L'anàlisi de mostres d'aire atrapat al gel dels glaciers ha permès, d'altra banda, establir que l'augment de les concentracions de diòxid de carboni a l'atmosfera es correspon amb els inicis de la Revolució Industrial al nostre planeta: l'any 1850 aquest nivell era d'aproximadament 275 parts per milió (51). Mesuraments de la

composició química de l'aire, lluny dels centres industrials, mostren un augment en les concentracions del gas des de fa més de trenta anys: és, doncs, un fenomen global (52).

Les estimacions dels científics per a mitjans del segle vinent (any 2.050) estableixen un escenari màxim d'emissions de diòxid de carboni que arribaria a un nivell fins a quatre vegades el nivell actual: si avui és de 5 Gt c/any, les emissions serien de 20 Gt c/any. L'escenari mínim s'estima en unes emissions de 2 Gt c/any, el que fóra aconseguible reduint la combustió de fuels fòssils. Això darrer podria aconseguir-se reduint la demanda mundial d'energia i/o augmentant les fonts d'energia no fòssils (53).

Si el nivell d'augment del diòxid de carboni a l'atmosfera és constant o és molt petit (de l'ordre del 0,5 % anual), l'any 2.100 tindriem una concentració d'unes 440 parts per milió, el que suposa un 60 % per sobre del nivell pre-industrial. Si continua el nivell actual d'augment (és a dir, entre l'1 i el 2 % anual des del 1973), la concentració de diòxid de carboni a l'atmosfera seria l'any 2.100 un 100 % més elevada que a l'època pre-industrial (54).

#### **3.1.4. Els altres gasos hivernacle i els aerosols**

La resta de gasos hivernacle contribueixen avui, tots plegats, a la meitat de l'impacte que té el diòxid de carboni tot sol. Això no obstant, de continuar les activitats humanes al ritme actual, en les properes dècades el paper d'aquests altres gasos serà tant important com ho és avui el diòxid de carboni.

Els **clorofluorocarburs (CFC)** esdevindran els segons en importància darrera del diòxid de carboni, atesa la seva major rapidesa en la capacitat de canvi de les propietats radiatives de l'atmosfera. Els CFC han estat ampliament usats en la indústria frigorífica i de l'aire acondicionat, així com en la fabricació d'aerosols. Hi ha una possibilitat, no descartable, de que els CFC puguin afectar significativament, en el futur, el sistema climàtic. Avui contribueixen, aproximadament, a una quarta part de la intensificació de l'efecte hivernacle.

Tenim un coneixement insuficient dels cicles biogeoquímics del **metà**, l'**òxid nítrós** i l'**ozó**, que determinen les concentracions d'aquests gasos hivernacle a l'atmosfera. L'avenç en aquest coneixement, permetrà en el futur adoptar polítiques de limitació i/o reducció (55).

Tant el metà com l'òxid nítrós són alliberats pels combustibles fòssils i la biomassa en cremar. L'òxid nítrós també és emès pels fertilitzants, i el metà pels arrossars i els animals remugants, com són ara les vaques.



Les estimacions científiques suggereixen que les concentracions d'aquests "altres" gasos hivernacle arribaran, l'any 2.030, a l'equivalent de 560 parts per milió de diòxid de carboni, el que suposa el doble del nivell natural. No ha estat quantificada encara la contribució a l'accentuació de l'efecte hivernacle de l'ozó a nivell de la superfície terrestre (56).

### 3.2. La reducció de l'ozó estratosfèric

L'ozó és un gas que existeix de forma natural a l'atmosfera i té el seu màxim nivell de concentració al que anomenem "capa d'ozó" de l'estratosfera.

Podem dir que la Terra està protegida per un embolcall de verí, del qual depèn tota matèria viva. L'ozó és altament tòxic: menys d'una part per milió d'aquest gas tenyit de blau és verinós pels humans. Prop del nivell de l'escorça terrestre és un contaminant que contribueix a la formació de la fumassola fotoquímica i de la pluja àcida, però a les capes altes de l'atmosfera, a uns 15 fins a 50 kilòmetres sobre el nivell de la superfície terrestre, forma la capa que protegeix la Terra dels letals raigs ultraviolats del sol (57).

L'ozó es forma quan les radiacions ultraviolades del sol descomposen les molècules d'oxigen ( $O_2$ ) per a produir dos àtoms d'oxigen ( $O$ ), que combinen amb altres molècules d'oxigen per a formar molècules d'ozó ( $O_3$ ). Aquestes darreres tomen a ser descomposades per les radiacions ultraviolades del sol, mantenint així un balanç entre els àtoms d'oxigen ( $O$ ), les molècules d'oxigen ( $O_2$ ) i l'ozó ( $O_3$ ) a l'atmosfera (58).

Aquest balanç pot ser alterat com a resultat de les reaccions entre molècules d'ozó i àtoms (o combinacions amb altres elements) de clor, nitrògen o bromur. Aleshores disminueix la concentració d'ozó.

El clor, el nitrògen i el bromur existeixen de forma natural a l'estratosfera. Als darrers trenta anys, però, les emissions de clorofluorocarburs han fet que augmentés la concentració d'àtoms de clor i de bromur a l'atmosfera (59).

Els **clorofluorocarburs (CFC)**, dels que ja hem parlat en descriure el canvi climàtic, són uns productes químics immensament estables, que han estat molt usats com a refrigerants i com a difusors dels frigorífics i dels aparells d'aire acondicionat. Foren introduïts, després de la segona guerra mundial, com a aerosols propulsors de tota mena de productes desde desodorants fins a medecines, passant pels articles per a la neteja de mobles o vidres (60).

Malauradament, l'estabilitat que els fa tan útils, els permet atacar la capa d'ozó. Un cop propulsats, els CFC s'enlairen: al cap d'uns vuit anys arriben a l'estratosfera, on hi resideixen durant un segle. Allà són descomposats pels raigs ultraviolats del sol. Un cop els àtoms de clor i bromur han estat alliberats gràcies a aquest procés, comencen un procés catalític de reducció de l'ozó, convertint-lo en oxigen corrent. El clor i el bromur actuen com a catalitzadors: en si mateixos no experimenten cap canvi permanent. Cada àtom de clor o bromur viu uns 100 anys, i pot destruir 10.000 molècules d'ozó (61).

També malmeten la capa d'ozó altres components del clor (com el tetraclorur de carboni o el tricloretà) o activitats humanes tals com les explosions nuclears, l'aviació o el llençament de coets.

Fins a cert punt, la disminució de la capa d'ozó pot ser moderada per l'augment en la concentració, dins l'estratosfera, d'altres gasos traça que produeixen l'efecte hivernacle: el diòxid de carboni, el metà i l'òxid nítrós (62). Sembla, però, que aquest efecte "moderador" no serà suficient per compensar la destrucció de l'ozó.

D'altra banda, el mesurament de la reducció de la capa d'ozó a l'Antàrtida ha certificat l'existència d'un forat a la capa d'ozó en aquella latitud, que creix de forma continuada. Al pol nord s'estima que pot obrir-se un nou forat a la capa d'ozó, i també s'han comprovat reduccions significatives a l'hemisferi nord entre les latituds 30° i 64°, que corresponen als països més industrialitzats del món.

Malgrat que hi ha hagut un cert debat científic obre les seves causes i el pes relatiu d'aquestes, el fet cert és que els mesuraments dels científics conclouen en que hi ha hagut una disminució en les concentracions mitges d'ozó durant els darrers vint anys (63).

Alguns recercadors, com James Angell de la NOAA, han estimat un descens del 4 % en el total d'ozó desde l'any 1980 al 1985. D'altra banda, el descens ha estat dos vegades més ràpid del que hom podria explicar per la suma de tots els processos coneguts fins avui: des dels CFC fins a l'òxid nítrós, passant per l'activitat solar (64).

Aquesta reducció varia segons les estacions de l'any i, tal com hem dit, és més accentuada als pols. Els processos químics i físics que ocorren al "forat d'ozó" de l'Antàrtida no semblen tenir paral·lel a d'altres latituds (65).

Les previsions dels models atmosfèrics prediuen una continuació futura d'aquesta reducció de les concentracions d'ozó degut, com s'ha descrit, a la llarga vida de les molècules de clor i de bromur a l'atmosfera i al procés d'alliberament d'aquestes molècules en el futur (66). Malgrat això, no sembla avui possible predir precisament els percentatges d'aquesta reducció futura, doncs no coneixem prou les

interaccions químiques que es produeixen a l'estratosfera i el percentatge d'emissions futures.

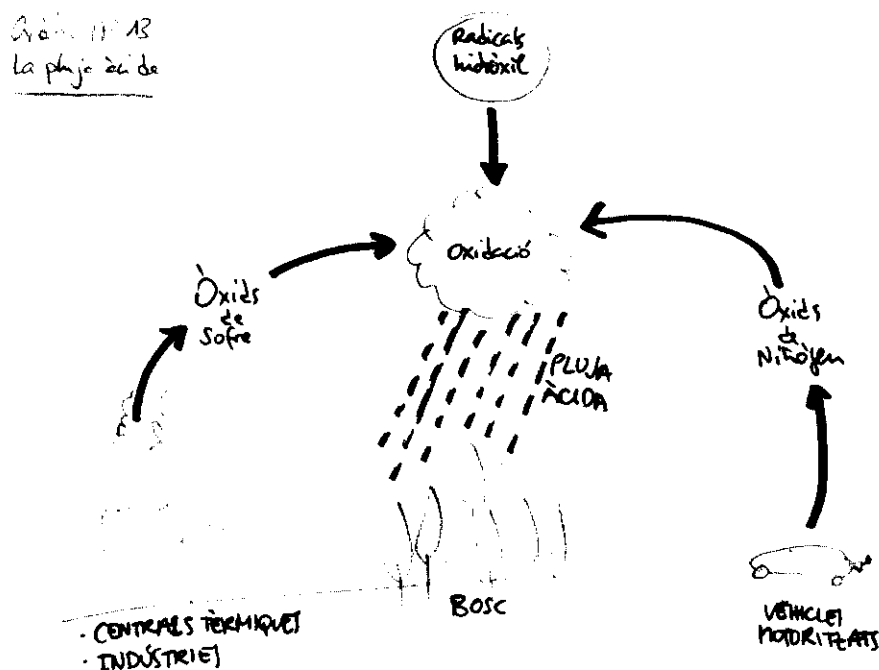
### 3.3. La pluja àcida

Entenem per "pluja àcida" la deposició sobre la vegetació, l'hidrosfera terrestre i la infraestructura de les societats humanes, d'elements químics que, quan es dissolen en aigua, augmenten la seva acidesa.

Els elements químics més comuns que participen en la pluja àcida són els **òxids de nitrogen** i els **diòxids de sofre** (67).

Un petit percentatge d'aquests elements prové de fonts naturals, però el principal percentatge prové de la crema de combustibles fòssils (com el carbó o el petroli) o de biomassa (com la llenya). Les centrals elèctriques, les calderes industrials i els vehicles són la causa principal de deposició d'àcid.

Aquest seria, en esquema, el procés (68):



Les emissions de sofre i de nitrogen entren en contacte amb el vapor d'aigua, la llum i l'oxigen de l'atmosfera i es crea una sopa diluïda d'àcid sulfúric i àcid nítric. En algunes regions molt industrialitzades els gasos d'àcid cloridric de l'atmosfera produeixen **àcid hidrocloridric**, que també podria ser un ingredient de la pluja àcida. Es calcula que al nord-est dels Estats Units, el 65 % de la pluja

àcida la causa l'àcid sulfúric, el 30 % l'àcid nítric i el 5 % l'àcid hidroclorídic (69).

Després d'aquests processos i reaccions catalítiques iniciades de forma fotoquímica a l'atmosfera, aquesta mescla viatja desenes o centenars de kilòmetres i es precipita desde l'atmosfera en forma de deposició humida o de partícules seques. Aquest viatge pot durar des d'unes hores a setmanes senceres. En el cas de la deposició humida, la pluja, la boira, la rosada, la neu o les pedregades, transporten aquests elements i fan que augmenti l'acidesa dels llacs i torrents d'aigua dolça, i, en alguns casos, dels sòls (70).

Encara que les erupcions volcàniques poden causar la pluja àcida, les dosis naturals d'òxids de sofre o de nítrògen es veuen empetidides per la contaminació industrial: Europa i Amèrica del Nord emeten cada any de 110 a 115 milions de tones de diòxid de sofre (més del 90% del qual és d'origen antropogènic), i els països de la OCDE generen 37 milions de tones d'òxids de nítrògen cada any.

Dins l'escala de l'acidesa, tenint en compte que el nivell neutre (aigua destil·lada) és d'un pH de 7, el valor promig del pH a l'Europa central és avui del 4,3 o inferior (71).

### 3.4. La pèrdua de la biodiversitat

La biodiversitat és la varietat d'elements vius que existeixen a la biosfera. Aquesta varietat és el resultat d'un procés d'evolució tant de les espècies individuals, com dels grups d'espècies (aquests darrers anomenats "ecosistemes") (72).

La diversitat biològica, tal com la definí l'Oficina per a l'Avaluació Tecnològica del Congrés dels Estats Units (73), es refereix a la varietat i a la variabilitat entre els organismes vius i els ecosistemes en que es desenvolupen. La diversitat pot definir-se com el nombre de diferents ítems i la seva freqüència relativa. Aquests ítems estan organitzats a molts nivells, desde ecosistemes complets fins a estructures químiques que son la base molecular de l'herència. Així, doncs, el terme inclou diferents ecosistemes, espècies, gens, i la seva abundància relativa.

Hi ha tres nivells de diversitat. El primer és el de la diversitat d'**ecosistemes**, és a dir, la gamma d'ecosistemes que existeixen, des dels que hi ha a un àrea donada fins als que hi ha a escala mundial. El segon nivell és el de la diversitat d'**espècies**, el que vol dir la gamma d'espècies que existeixen en un àrea donada, des d'un sol ecosistema fins al conjunt de la Terra (Hom calcula que hi ha avui entre 5 i 30 milions d'espècies al nostre planeta) (74). Finalment, hi ha el nivell de

la diversitat **genètica**, és a dir, la diversitat de la informació genètica, des d'un simple organisme fins a tot el sistema terrestre (Un sol organisme pot tenir desde 1.000 gens - una bactèria - fins a 400.000 gens - plantes amb flor i alguns animals (75).

La pèrdua de la biodiversitat és el procés a través del qual s'extingeixen els ecosistemes, les espècies i els gens. Aquest procés, que s'ha donat al llarg de milers d'anys a través de fenòmens naturals, és accelerat avui per l'acció humana (76): la contaminació, la caça i pesca abusives, el comerç de la fauna, i, sobre tot, la destrucció dels hàbitats per a conreus i pastures, per a obtenir combustible i per a instal·lar-hi indústries (77).

Quan nous organismes són introduïts a illes o continents i competeixen amb els organismes indígenes, aquests decreixen o moren, causant sovint canvis irreversibles als ecosistemes (78).

L'acció de l'home contribueix notablement a aquest procés a través, sobre tot, del canvi d'us de la terra i de la deforestació de les selves tropicals.

El ritme d'extinció és, per aquesta raó, entre 1.000 i 10.000 vegades superior al que hi hauria abans de la intervenció humana (79). Hi ha qui diu que les espècies s'extingeixen en una proporció 25.000 vegades major del que els és natural i que a l'any 2.050 la meitat de totes les espècies podrien haver-se perdut per sempre més (80).

La situació és especialment greu en sistemes rics en espècies en perill d'extinció, com són les franges de corall als tròpics i els aiguamolls costaners, que són molt susceptibles de pèrdua de biodiversitat a causa de l'acció humana.

La destrucció pot afectar des d'individus fins a espècies senceres, desde canvis dels entorns físics i biològics adequats per a la continuació de les espècies fins a la seva destrucció completa. Un factor crític és la mida de l'ecosistema tal com queda després del canvi d'us de la terra, doncs afecta directament el nombre d'espècies que sobreviu en un àrea (81).

## **4. ELS EFECTES POTENCIALS DELS CANVIS EN ELS SISTEMES NATURALS FÍSICS**

### **4.1. Efectes potencials del canvi climàtic i de l'accentuació de l'efecte hivernacle**

#### **A. L'escalfament global**

El principal efecte potencial del canvi climàtic és el de l'escalfament global del planeta, com a conseqüència de l'accentuació de l'efecte hivernacle, tal com hem ja descrit.

Els científics han mesurat aquest escalfament global pel que fa al **passat** recent de la Terra. En els darrers cent anys, la temperatura promig ha augmentat **entre 0,3 i 0,7 graus centígrads** (82). Una part important d'aquest escalfament s'atribueix als augments de les emissions de diòxid de carboni i altres gasos hivernacle.

Hom estima que aquest augment podria fer-se més acusat en el **futur**. Així, la temperatura promig a la superfície terrestre podria augmentar **entre 1,5 i 5,5 graus centígrads** si es dobla la concentració de diòxid de carboni (83), escenari possible per al segle vinent, com hem vist a l'epígraf anterior.

D'altres estimacions fixen en una xifra **entre els 3,5 i els 4,2 graus centígrads** el que pot haver augmentat la temperatura promig l'any 2.100, d'ací a un segle (84).

En qualsevol cas, hom espera un augment de la temperatura mitja major i més ràpida que cap altra experimentada en la història humana (85).

De fet, això invertiria la tendència natural del nostre sistema que, segons algunes fonts, ens hauria de conduir més aviat, lentament, cap a una nova edat de gel (86).

Segons els models matemàtics desenvolupats fins ara, s'ha predit que l'augment serà més significatiu en les zones de major latitud del planeta, on podria ser d'uns 6°C l'any 2.100 a les regions polars, mentre que a les zones equatorials seria de només 1°C (87).

## **B. Transformacions climàtiques regionals i locals**

El menor contrast que acabem d'esmentar entre les temperatures dels pols i de l'equador, repercutiria en una menor conversió d'energia potencial i faria variar el sistema global de circulació de les masses d'aire.

Això provocaria, probablement, transformacions en els climes regionals i locals. Les zones situades a latituds mitjanes i baixes tindrien climes més humits que els actuals. Per contra, el nord d'Europa i la majoria de les zones centrals d'Amèrica del Nord i de l'antiga Unió Soviètica tindrien climes més secs i càlids (88).

## **C. L'ascens del nivell del mar**

Durant el segle XX, el nivell global dels oceans ha pujat un promig de 12+/-5 centímetres (89).

Amb un escalfament global d'entre 1,5°C i 5,5°C, hom preveu que el nivell del mar podria ascendir entre 20 i 165 centímetres de promig. La raó principal és l'expansió termal de l'aigua oceànica (90).

Hi ha qui avança la hipòtesi de que l'augment previst de la temperatura de les regions polars pot ser suficient com per a provocar un lent desgel dels casquets de glaç (91). D'altres científics consideren, això no obstant, que la desintegració de la capa de glaç polar no és imminent, i que requeriria en qualsevol cas cent anys o més per arribar a produir-se (92).

La perspectiva sola de la hipòtesi d'aquest ascens del nivell dels oceans planteja greus problemes a algunes zones costaneres, especialment a certes illes i deltes. Hom ha plantejat que unes 300 illes de baixa alçada al Pacífic podrien desaparèixer. Els deltes de rius com el Ganges i el Nil podrien correr perills greus d'inundació, afectant a gran part de la població de Bangla Desh i d'Egipte, per només citar els casos més immediats (93).

## **D. Efectes en els ecosistemes terrestres**

Són menys coneguts els efectes potencials del canvi climàtic, en concret sobre les collites i els boscs.

En general, hom pensa que els efectes d'un augment de les concentracions de diòxid de carboni són en general beneficiosos per a les collites. En l'absència d'un canvi climàtic, el fet de que es doblessin les concentracions de diòxid de carboni causaria un augment d'entre un zero i un 10 % en el creixement i rendiment de les collites de blat de moro, canya de sucre i sorg, i d'un 10 a un 15 % d'augment en els conreus de blat, soja i arròs (94).

Això no obstant, l'escalfament global que pot produir l'accentuació de l'efecte hivernacle, pot ésser perjudicial per als conreus. Anàlisis d'impacte sobre les collites mostren que un augment de 2°C de la temperatura promig, sense canvis en el nivell de precipitacions ni en l'actual estat de tecnologia i de varietat dels conreus, podria reduir la productivitat de les collites de blat i blat de moro de Nordamèrica i Europa en un 10+/-7 % (95).

En el llarg plaç, però, la producció d'aliments en les àrees temperades del Nord desenvolupat sembla més sensible als canvis tecnològics, de preus o de polítiques públiques, que al canvi climàtic. El que no obsta per dir que a les terres marginals de producció d'aliments en els països pobres, l'agricultura pot ser altament sensible al canvi climàtic com demostren les pèrdues provocades any rera any per les variacions climàtiques (96).

Pel que fa als boscs, l'escalfament global podria possiblement portar a grans reduccions de les extensions ocupades avui pels boscs boreals localitzats a altes latituds, doncs és allà on es preveu que serà més acusada l'accentuació de l'efecte hivernacle (97).

## **4.2. Efectes potencials de la reducció de l'ozó estratosfèric**

### **A. Efectes per a l'home**

Els efectes potencials per a la salut humana de la reducció de la capa d'ozó són importants. La radiació ultraviolada del sol, que arriba en major mesura en minvar la protecció de l'ozó, és perillosa per a la vida humana.

No sabem qué passaria si arribessin a l'escorça terrestre les radiacions amb longitud d'ona per sota els 290 nm, que avui són absorvides completament per l'ozó estratosfèric, però cal suposar que les conseqüències serien clarament negatives, doncs aquestes radiacions poden destruir àcids nucleics (ARN i ADN) i proteïnes, les molècules bàsiques per a la vida (98).



El que sí coneixem són els efectes de les radiacions ultraviolades d'una longitud d'onda entre els 290 nm i els 320 nm, doncs aquestes sí que arriben a la superfície terrestre.

Sabem que incrementen les possibilitats de desenvolupar el **càncer de pell**, incloent el meloma maligne, que és sovint mortal. L'Agència de Protecció del Medi Ambient dels Estats Units ha calculat que per cada 1 per cent de decreixement en la concentració d'ozó a l'estratosfera hi hauria un 5 % d'augment diari en el nombre de càncers de pell no malignes als EEUU: d'unes 10.000 a 20.000 víctimes addicionals sobre les que hi ha avui. Hi ha indicis, també, de que per cada 1 % d'augment en la radiació, la mortalitat per aquesta malaltia augmentaria un 1 % (99).

Poden empitjorar, també, algunes **malalties dels ulls**. L'excés de radiació ultraviolada és la causa de les catarates, malaltia que causa la ceguesa d'uns 12 milions de persones de tot el món, i debilita la visió d'uns altres 18 milions (100). Un 1 % de descens de la quantitat d'ozó incrementaria el nombre de víctimes de catarates d'ulls en els Estats Units en unes 25.000 persones (101).

Finalment, l'augment d'aquesta radiació **inhibeix el sistema immunològic** de l'home, per la qual cosa els càncers poden establir-se i estendre's amb més facilitat, i incrementa la predisposició a adquirir els herpes, l'hepatitis i les infeccions de pell causades per paràsits (102).

## **B. Efectes en les collites**

Dos terços de 200 plantes sotmeses a creixents radiacions dels raigs ultraviolats que arriben a la Terra (UV-B) han mostrat alguna sensibilitat a l'emissió. La llavor de soja, per exemple, pateix un descens d'un 25 % en eficiència quan els raigs UV-B augmenten en un 25 % (103). La qualitat i quantitat de les collites poden disminuir apreciablement (104).

## **C. Efectes als oceans**

Als oceans, poden produir-se canvis als ecosistemes marins. El fitoplacton, els minúsculs organismes flotants que són a la base de la cadena alimentícia, sembla també afectat per l'augment de radiacions, així com les larves d'alguns peixos. Les espècies pesqueres i altres organismes vius del mar poden ésser més vulnerables que la fauna terrestre, atès com les radiacions ultraviolades penetren dins l'aigua una 20 metres en condicions transparents (105).

#### **D. Efectes en els materials**

Finalment, els efectes es deixen sentir també en alguns materials, com són ara els polimers, que poden degradar-se amb molta rapidesa per l'acció de la major incidència de la radiació ultraviolada (106).

#### **E. Efectes sobre el canvi climàtic**

En un altre ordre de coses, la reducció de la capa d'ozó pot tenir efectes en el canvi climàtic, ja descrit, doncs els raigs ultraviolats transformen la radiació solar i la converteixen en l'energia dels vents, la calor de l'escorça terrestre i dels oceans, i l'energia química que inicia les reaccions químiques clau del sistema.

### **4.3. Efectes potencials de la pluja àcida**

La pluja àcida afecta molt seriosament la biosfera aquàtica i terrestre, així com les infraestructures de les societats humanes.

#### **A. Efectes en els ecosistemes aquàtics**

L'acidificació de llacs i rius afecta, sobre tot, els peixos, que són les espècies més sensibles al pH de l'aigua. Quan el nivell d'acidesa de l'aigua arriba a valors inferiors a 4,5, superant la capacitat amortidora de l'ió bicarbonat present a les aigües dels llacs amb la funció de mantenir el pH de les aigües en valors superiors a 5, aleshores no pot subsistir cap espècie de peix. La disminució de peixos adults a Escandinàvia, Regne Unit, Estats Units i Canadà ja és molt notable (107).

A Suècia prop d'una quarta part dels seus 90.000 llacs són acidificats - 4.000 ho són tan que els peixos no hi poden sobreviure -, així com uns 90.000 kilòmetres de rius i torrents. A Noruega, en la seva meitat sud, quatre cinquenes parts dels llacs i torrents són tècnicament morts o en fase crítica. Més de 300 llacs d'Ontàrio, al Canadà, tenen valors inferiors al pH 5. (108).

#### **B. Efectes en la vegetació terrestre**

L'impacte de la pluja àcida en la vegetació terrestre és un procés complex i poc clar, que està relacionat amb altres processos químics i físics.

Pot afirmar-se, això no obstant, que el diòxid de sofre mata tota mena de plantes quan és alliberat en altes concentracions. També és responsable d'un creixement lent que acaba en la mort dels boscs, especialment dels arbres de fulla caduca i coníferes (pins i avets) (109), com ocorre a Alemanya, a Suïssa, o a la Rússia europea (en aquest darrer cas, es calcula en més de 900.000 km<sup>2</sup> els que en són afectats) (110). S'ha indicat la possibilitat d'una disminució en les collites, per bé que aquest factor no ha estat encara demostrat.

En els ecosistemes terrestres, el sòl s'empobreix de nutrients, ja que els elements i els ions essencials per al creixement de les espècies vegetals, com ara els ions potasi, calci i magnesi, són lixiviat. D'altra banda, a conseqüència de l'acidesa de l'aigua de la pluja, s'allibera alumini dels minerals en que és present, que competeixen amb els ions calci i magnesi per entrar al vegetal per les arrels, cosa que n'impedeix el desenvolupament normal (111).

També es veuen negativament afectats alguns bacteris que subministren els nutrients necessaris per al sòl, i que els obtenen de la matèria orgànica en descomposició.

Un exemple destacat de pluja àcida a Catalunya el constitueix el cas de Cercs, prop de Berga, on els efectes de la contaminació produïda per la central tèrmica de FECSA són prou coneguts.

### **C. Efectes en infraestructures**

Finalment, la pluja àcida ataca també edificis, xarxes de transport, suministres d'aigües, i restes històriques i artístiques (112).

Els monuments de marbre d'Atenes, la catedral de Colònia o els edificis històrics de Cracòvia, son exemples vivents dels estralls de la pluja àcida.

## **4.4. Efectes potencials de la pèrdua de la biodiversitat**

Pel que respecte a la biodiversitat, els efectes es noten en els ecosistemes, en la pèrdua d'informació genètica i en el desapropiament de recursos per al futur.

### **A. Efectes en els ecosistemes**

Els efectes en cadena de l'eliminació d'una sola espècie poden ser molt importants. La pèrdua d'una espècie d'insecte pot implicar la pèrdua de collites i conreus que depenen d'ell per a la polimització. La pèrdua d'un altre pot fer augmentar les pestes que ell controla. La

pèrdua d'organismes subterranis pot destrossar la fertilitat del sòl. La pèrdua d'una espècie en una cadena alimentària pot implicar la disminució o extinció d'espècies a nivells més elevats (113).

## **B. Efectes sobre la informació genètica**

La pèrdua de biodiversitat, d'altra banda, significa la pèrdua de la única font d'informació genètica, que ens és bàsica per a alimentar i desenvolupar els organismes necessaris per a adaptar-nos als efectes del canvi climàtic i l'erosió del sol, les pèrdues de polenitzadors i l'augment en infeccions de pestes (113).

Els recursos genètics obtinguts a partir de les espècies silvestres encara mantenen les societats modernes, proveint-les de medicines, d'aliments i de primeres matèries per a la indústria. Les medicines que s'obtenen a partir de productes silvestres es valoren en uns 40.000 milions de dòlars anuals. La vincapervinca rosada, per exemple, una planta descoberta en un bosc de Madagascar, ha transformat el panorama dels infants amb leucèmia: ha augmentat un 80 % la proporció en la remissió de símptomes de la malaltia (114).

## **C. Efectes en els recursos pel futur**

Només un 1 % de totes les espècies mundials han estat estudiades acuradament, per tal de conèixer-ne la vàlua potencial per a la humanitat en medicines, producció d'aliments i matèria prima per a la indústria. I moltes espècies desapareixen sense que l'home n'hagi estudiat els beneficis potencials. Espècies que representen remeis per a malalties incurables, conreus miracle i productes industrials, que esperen ser descobertes, són destruïdes sense ni tan sols tenir nom encara (115).

## 5. EL CANVI GLOBAL

Sabem ja el que és el sistema terrestre i com funciona. Coneixem els principals canvis que s'estàn produint en els sistemes naturals físics, i els seus efectes potencials per a la vida a la Terra. Estem en condicions, doncs, d'entendre el que volem dir quan parlem de "canvi global".

### 5.1. Un canvi sistèmic o acumulatiu

Entenem per canvi global en el medi ambient, a *aquelles alteracions en els sistemes naturals, físics o biològics, els impactes de les quals no són i no poden ser localitzats, sinó que afecten el conjunt de la Terra* (116).

Hi ha dos modalitats de canvi global.

Pot tractar-se de petites, però dràstiques, **alteracions** en sistemes que operen a **nivell del conjunt de la Terra**. Per exemple, la barreja ("mix") de gasos de l'estratosfera o els canvis en els nivells de diòxid de carboni i altres gasos que provoquen l'efecte hivernacle d'una banda a l'altra de l'atmosfera.

La segona modalitat es basa en **augment**s o **increment**s en la dimensió de canvis **locals** en els sistemes naturals. Per exemple, la pèrdua de biodiversitat a través de la destrucció de l'hàbitat o els canvis operats en les fronteres dels ecosistemes com a resultat de la deforestació, la desertització, l'assecamament dels sòls i els canvis dels models d'establiment humà (117).

En el primer cas, parlem de que el canvi global es un **canvi sistèmic** per naturalesa, doncs el canvi iniciat per accions que es produeixen a qualsevol part de la Terra poden afectar directament a aconteixements que ocorren a qualsevol altre indret del planeta.

En el segon cas, parlem de que el canvi global és un **canvi acumulatiu** per naturalesa, i el considerem "global" perquè els seus efectes ho són a nivell de tota la Terra, àdhuc si les causes poden ser localitzades (118).

### 1.2. Processos interactius

El canvi global implica, d'altra banda, processos físics, químics i biològics **interactius** que regulen el sistema terrestre, el medi ambient únic que permet la vida, els canvis que s'estàn produint en aquest

## NOTES DEL PRIMER CAPITOL

1. NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. **Earth System Science. Overview**. Washington, D.C. 20546. May 1986.
2. DICKINSON, R., MONASTERSKY, R., EDDY, J., BRYAN, K., MATTHEWS, S. **The Climate System**. Reports to the Nation On Our Changing Planet. UCAR Office for Interdisciplinary Earth Studies, PO Box 3000. Boulder, Colorado 80307-3000. Winter 1991.
3. FRIEDMAN, H. **The Science of Global change: An Overview**. Dins MALONE, T.F. i ROEDER, J.G. (editors), **Global Change**. Cambridge University Press, Cambridge, 1985.
4. RAISWELL, R.W., BRIMBLECOMBE, P., DENT, D.L., LISS, P.S. **Química ambiental**. Ediciones Omega. Barcelona, 1983.
5. RAISWELL et. al. **Química ambiental**. Op. cit.
6. FOLCH, R. **Compendre la natura**. Editorial Barcino. Barcelona, 1990. Vegeu també KING, C., **Geografia física**, Oikos-Tau SA Ediciones. Barcelona, 1984.
7. RAISWELL et. al. **Química ambiental**. Op. cit.
8. RAISWELL et. al. **Química ambiental**. Op. cit.
9. FRIEDMAN, H. **The Science of Global Change**. Op. cit.
10. VESTER, F. **Aigua = Vida. Un llibre cibernètic del medi ambient amb 5 cicles de l'aigua**. Parthenon Communication SL. Barcelona, 1992.
- 10 bis. PEÑUELAS, J. **De la biosfera a la antroposfera. Una introducción a la Ecología**. Barcanova. Temas Universitarios. Barcelona, 1988.
11. MARGALEF, R. **Ecología**. Editorial Planeta. Barcelona, 1981.
12. N.A.S.A. **Earth System Science. Overview**. Op. cit.
13. N.A.S.A. **Earth System Science. A closer View**. Washington D.C. 20546, May 1986.

14. JACOBSON, H., PRICE, M. **A Framework for Research on the Human Dimensions of Global Environment Change.** International Social Science Council. HDGECP. Paris, 1990.
15. N.A.S.A. **Earth System Science. Overview.** Op. cit.
16. N.A.S.A. **Earth System Science. Overview.** Op. cit.
17. JACOBSON et. al. **A framework for Research on the Human Dimensions of Global Environment Change.** Op. cit. I també, N.A.S.A. **Earth System Science. Overview.** Op. cit.
18. RAISWELL et. al. **Química ambiental.** Op. cit.
19. DICKINSON et. al. **The Climate System.** Op. cit.
20. DICKINSON et al. **The Climate System.** Op. cit.
21. DICKINSON et. al. **The Climate System.** Op. cit.
22. VESTER, F. **Aigua = Vida. Un llibre cibernètic del medi ambient amb 5 cicles de l'aigua.** Op. cit.
23. N.A.S.A. **Earth System Science. A closer view.** Op. cit.
24. N.A.S.A. **Earth System Science. Overview.** Op. cit.
25. JACOBSON, H. et al. **A Framework for Research on the Human Dimensions of Global Environment Change.** Op. cit. I també N.A.S.A. **Earth system Science. Overview.** Op. cit.
26. VESTER, F. **Aigua = Vida. Un llibre cibernètic pel medi ambient amb 5 cicles de l'aigua.** Op. cit.
27. N.A.S.A. **Earth System Science. A closer view.** Op. cit.
28. DOMÈNECH, X. **La contaminació atmosfèrica.** Biblioteca Cultural Barcanova. Barcelona, 1991.
29. RAISWELL, R. et. al. **Química ambiental.** Op. cit.
- 29 bis. DOMÈNECH, X. **La contaminació atmosfèrica.** Op. cit.
30. RAISWELL, R. **Química ambiental.** Op. cit.
31. DOMÈNECH, X. **La contaminació atmosfèrica.** Op. cit.
32. RAISWELL, R. et. al. **Química ambiental.** Op. cit.
33. DOMÈNECH, X. **La contaminació atmosfèrica.** Op. cit.

34. VERNER, F. **Aigua = Vida. Un llibre cibernètic pel medi ambient amb 5 cicles de l'aigua.** Op. cit.
35. N.A.S.A. **Earth System Science. A closer view.** Op. cit.
36. Ibidem.
37. Ibidem.
38. N.A.S.A. **Earth System Science. Overview.** Op. cit.
39. N.A.S.A. **Earth System Science. A closer view.** Op. cit.
40. Ibidem.
41. DICKINSON, R. E. **How climate change? The Climate System and Modelling of Future Climate.** Dins BOLIN, B., DÖÖS, B., JÄGER, J. i WARRICK, R. (Editors) **The Greenhouse Effect, Climatic Change and Ecosystems.** SCOPE N° 29. John Wiley & Sons. Chisester, U.K., 1989.
42. BOLIN, B. et al. (Ed.). **The Greenhouse Effect, Climatic Change and Ecosystems.** Op. cit.
43. RAMANATHAN, V. et al. **Trace Gas Trends and Their Potential Role in Climate Change.** Journal of Geophysical Research n° 81. Any 1985.
44. BOLIN, B. et al. (Ed.). **The Greenhouse Effect, Climatic Change and Ecosystems.** Op. cit.
45. LEAN, G., HINRICHSSEN, D., I MARKHAM, A. **Atles del Medi Ambient.** World Wide Fund For Nature. Enciclopèdia Catalana SA. Barcelona, 1991.
46. JAEGER, J. i BARRY, E. G. **The Effects of Human Activity on the Climate of the Earth.** Dins TURNER, B. L. et al. (Eds.) **The Earth as Transformed by Human Action.**
47. JACOBSON, H. et al. **A Framework for Research on the Human Dimensions of Global Environment Change.** Op. cit.
48. BOLIN, B. et al. (Ed.). **The Greenhouse Effect, Climatic Change and Ecosystems.** Op. cit.
49. LEAN, G. et al. **Atles del Medi Ambient.** Op. cit.
50. BOLIN, B. et al. (Ed.). **The Greenhouse Effect, Climatic Change and Ecosystems.** Op. cit.



68. DOMÈNECH, X. **La contaminació atmosfèrica**. Op. cit.
69. LEAN, G. et. al. **Atles del Medi Ambient**. Op. cit.
70. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Acid Deposition: Long Term Trends**. National Academy Press, Washington D.C., 1986.
71. LEAN, G. et. al. **Atles del Medi Ambient**. Op. cit.
72. JACOBSON, H. et. al. **A Framework for Reseach...** Op. cit
73. ARROYO, M.T., RAVEN, P.H., i SARUKHAN, J. **Biodiversity**. International Conference on An Agenda of Science for Environment and Development into the 21st Century. Vienna, Austria. 24-29 November 1991.
74. WILSON, E.O. **The Current State of Biological Diversity**. Dins WILSON, E.O. (Ed.) **Biodiversity**. National Academy Press. Washington D.C., 1988.
75. HINEGARDWER, R. **Evolution of Genome Size**. Dins AYALA, F.J. (Ed.) **Molecular evolution**. Sinauer. Sunderland, MA, 1976.
76. JACOBSON, H. et. al. **A Framework for Research...** Op. cit.
77. LEAN, G. et. al. **Atles del Medi Ambient**. Op. cit.
78. CROSBY, A.W. **Imperialismo ecológico. La expansión biológica de Europa, 900-1900**. Editorial Critica. Grupo editorial Grijalbo. Barcelona, 1988.
79. JACOBSON, H. et. al. **A Framework for Research...** Op. cit.
80. LEAN, G. et. al. **Atles del Medi Ambient**. Op. cit.
81. WILSON, E.O. **The current State of Biological Diversity**. Op. cit.
82. BOLIN, B. et. al. **The Greenhouse Effect, Climatic Change and Ecosystems**. Op. cit.
83. Ibidem.
84. DOMÈNECH, X. **La contaminació atmosfèrica**. Op. cit.
85. JAEGUER, J. **Developing Policies for Responding to Climatic Change**. World Climate Programme Impact Study 1. World Metereological Organization. Geneva, 1988.

86. DICKINSON, R. et. al. **The Climate System**. Reports to the Nation On Our Changing Planet. Op. cit.
87. DOMÈNECH, X. **La contaminació atmosfèrica**. Op. cit.
88. Ibidem.
89. Bolin, B. et. al. **The Greenhouse Effect, Climatic Change and Ecosystems**. Op. cit.
90. Ibidem.
91. DOMÈNECH, X. **La contaminació atmosfèrica**. Op. cit.
92. BOLIN, B. et. al. **The Greenhouse Effect, Climatic Clange and Ecosystems**. Op. cit.
93. LEAN, G. et. al. **Atles del Medi Ambient**. Op. cit.
94. BOLIN, B. et. al. **The Greenhouse Effecte, Climate Change and Ecosystems**. Op. cit.
95. Ibidem.
96. Ibidem.
97. Ibidem.
98. GRIBBIN, J. **El agujero del cielo. La amenaza humana a la capa de ozono**. Op. cit.
99. Ibidem.
100. LEAN, G. et. al. **Atles del Medi Ambient**. Op. cit.
101. GRIBBIN, J. **El agujero del cielo. La amenaza humana a la capa de ozono**. Op. cit.
102. LEAN, G. et. al. **Atles del Medi Ambient**. Op. cit. i GRIBBIN, J. **El agujero del cielo...** Op. cit.
103. GRIBBIN, J. **El agujero del cielo...** Op. cit.
104. WRI/IIED/UNEP. **World Resources 1988-89**. Basic Books. New York, 1988. I DOMÈNECH, X. **La contaminació atmosfèrica**. Op. cit.
105. LEAN, G. et. al. **Atles del Medi Ambient**. Op. cit. I GRIBBIN, J. **El agujero del cielo...** Op. cit.

106. DOMÈNECH, X. **La contaminació atmosfèrica**. Op. cit.
107. Ibidem.
108. LEAN, G. et. al. **Atles del Medi Ambient**. Op. cit.
109. HENDREY, G.R. **Acid Deposition: A National Problem**. Dins ADAMS, D. i PAGE, W. (ED.) **Acid Deposition: Environmental, Economic, and Policy Issues**. Plenum. New York, 1986.
110. LEAN, G. **Atles del Medi Ambient**. Op. cit.
111. DOMÈNECH, X. **La contaminació atmosfèrica**. Op. cit.
112. SCHNEIDER, T. (Ed.) **Acidification and its Policy Implications**. Elsevier. Amsterdam, 1986.
113. EHRLICH, P.R. **The Loss of Diversity: Causes and Consequences**. Dins WILSON, E.O. (Ed.) **Biodiversity**. Op. cit.
114. LEAN, G. **Atles del Medi Ambient**. Op. cit.
115. Ibidem.
116. Ibidem.
117. STERN, P. et. al. **Global Environment Change. Understanding the Human Dimensions**. National Research Council. Washington D.C., 1992.
118. Ibidem.
119. TURNER, B.L. et. al. **Two types of global environment change: Definitional and Spatial scales issues in their human dimensions**. Dins "Global Environment Change" N° 1.
120. MENON, G.K. (President d'ICSU) **Open Adress** dins "Global Change", Informe N° 71, 1989.
121. Ibidem.

## 2. LES DIMENSIONS HUMANES DEL CANVI GLOBAL

Ja coneixem com funciona el sistema terrestre i els principals components del que entenem per canvi global. Estem, doncs, en condicions d'analitzar el paper de la intervenció humana en aquests processos.

En aquest capítol presentarem el conjunt de problemes que seràn objecte d'una anàlisi més desenvolupada en la resta del llibre.

En primer lloc, discutirem el **paper de les Ciències Socials en l'anàlisi del canvi global**. Un paper imprescindible per a entendre la raó d'esser de la intervenció humana, però que planteja tota una sèrie de dificultats i de reptes.

Més endavant descriurem breument les principals **activitats humanes que contribueixen de forma directa al canvi global** en el medi ambient, i en xifrarem l'impacte.

Aquestes activitats responen a causes o processos més profunds. A la tercera secció d'aquest capítol, delimitarem el que podem anomenar **forces motrius** que expliquen i ajuden a comprendre aquells comportaments humans. Es descriu el funcionament intern de cadascuna d'aquestes forces motrius, el coneixement de les quals és bàsic per a qualsevol disseny de resposta.

Finalment, exposarem com aquestes forces motrius es relacionen i afecten entre elles i com es relacionen i s'afecten amb els sistemes naturals físics. Descriurem el fluxe d'influències mútues que configuren **els sistemes humans en relació amb el canvi global**, de la mateixa manera que el diagrama de Betherton explica el sistema terrestre.

## **1. LES CIÈNCIES SOCIALS, EL MEDI AMBIENT I EL CANVI GLOBAL**

Ho dèiem en començar: les Ciències Socials són uns nouvinguts a l'estudi del canvi global que ha estat fins fa poc patrimoni quasi exclusiu dels científics naturals.

Això ha començat a canviar. No pot ser d'altra manera, doncs només les Ciències Socials estan capacitades per entendre les raons profundes de la intervenció humana, que és la principal causa del canvi global en el medi ambient. Només elles tenen les eines conceptuals i metodològiques per a avaluar la percepció de les poblacions del món en front a aquest fenomen. Sols les Ciències Socials poden dissenyar els mecanismes de prevenció i resposta de la humanitat a aquest enorme repte.

Però aquest procés no és fàcil i planteja a les Ciències Socials problemes completament nous.

### **1.1. Un interès antic**

L'interès de les Ciències Socials per l'estudi del medi ambient és un interès antic.

Hom cita sovint la figura de George Perkins Marsh com un dels principals precursors. Marsh defensava la idea de la Terra com a producte de l'home. El 1864 escrivia: *L'home va fer la Terra, i ara destrossem fins i tot la nostra vivenda per obtenir combustible per a escalfar-nos (1).*

Tant enllà com a la dècada 1880-90, Frederich Ratzel i Ellen Semple, crearen l'antropogeografia, que definiren com l'estudi de la influència del medi ambient en els fenòmens socials i polítics, i l'impacte de l'acció humana en aquest mitjà (2).

Des d'aleshores ençà, hi ha hagut sempre una preocupació de les Ciències Socials per l'estudi del medi ambient. És quelcom profundament arrelat en la tradició dels científics socials. No entrem doncs en un terreny estrany.

## **1.2. Què s'espera de nosaltres?**

El que ha canviat des de l'època d'aquells precursors fins avui és la importància que les societats humanes estan començant a conferir al problema del canvi global. Això fa que augmentin les sol·licituds de col·laboració dels científics socials i que creixin també les expectatives sobre els resultats de les seves aportacions científiques.

Hom espera dels científics socials que siguem capaços de respondre a les grans preguntes dels que prenen decisions i que poguem dissenyar conceptes i teories que ajudin a comprendre els processos en marxa (3).

### **1.2.3. Responent als qui prenen decisions**

Els qui prenen decisions formulen preguntes d'aquesta mena: Per què hi ha països que consumeixen més energia per unitat del Producte Interior Brut que d'altres amb el mateix nivell de desenvolupament industrial? Per què els boscos antics són destruïts més ràpidament a uns llocs que a d'altres? Per què societats semblants desenvolupen pràctiques d'ús de la terra tant diferents?

Els científics socials han començat a respondre a aquests interrogants.

Així, per exemple, hom ha explicat perquè els Estats Units consumeixen més energia per unitat del PIB que la Comunitat Europea i, sobre tot, que el Japó (4). S'hi han relacionat factors geogràfics (la distància entre els establiments humans), demogràfics (la dispersió de la població en suburbis fora ciutat), econòmics (el cost de l'energia i del treball com a factors de producció), infraestructurals (el predomini de la calefacció central a les llars) i polítics (els impostos, els subsidis, les polítiques de rendes i les polítiques de recursos naturals seguides pels governs).

L'explicació de les raons de la deforestació de l'Amazones, constitueix un altre exemple de les respostes que els científics socials estan començant a donar als qui decideixen. En aquest cas, hom ha explicat la deforestació per la voluntat d'augmentar els terrenys de pastures per al bestiar. Els factors que expliquen aquests comportaments són, segons els experts, ben diversos: institucionals (els sistemes de propietat de la terra), tecnològics (la introducció de sistemes moderns de construcció de carreteres i d'equips de roturació dels camps), econòmics (l'augment del mercat mundial de carn de bou), polítics (els subsidis i les exempcions fiscals a les activitats relacionades amb la ramaderia i l'agricultura), culturals (l'existència d'una mentalitat de

"frontera" en la presa de decisions sobre l'Amazones) i demogràfics (el creixement de la població) (5).

### 1.2.2. Dissenyant conceptes i teories

Els científics socials han començat també a elaborar nous conceptes i teories per a explicar aquests processos d'activitat humana.

Així, per exemple, s'ha avançat la teoria de l'**acció col·lectiva**. Aquesta teoria pretén explicar com és que actors aparentment racionals, participant en una presa de decisions interactiva, poden acabar amb resultats que estan lluny de l'òptim, i en alguns casos són altament destructius per a tots els implicats? (6).

S'ha estudiat aquesta mena de fenòmens en connexió amb dos altres qüestions. L'una és la de l'**ús i abús dels recursos d'accés obert**, un ús i abus que acaba malmetent el sistema climàtic, la capa d'ozó, o el pool genètic del planeta. Una segona és la discussió sobre l'**oferta de béns col·lectius i públics**, com pot ser ara l'aire i l'aigua de qualitat (Ha de ser aquesta oferta lliure i gratuïta?).

Un altre teoria que s'ha desenvolupat en aquest terreny és la de les "**trampes**" socials. Hi ha accions que són inicialment recompensades i reforçades per la societat que condueixen posteriorment a comportaments i hàbits no desitjats, que van més enllà del previst. És el que ha passat amb els hàbits de fumar o de beure alcohol, que acaben esdevenint addiccions difícils de deixar. Avui l'addicció de la població nordamericana a fer un ús intensiu de l'energia és molt forta, i és cada cop més difícil retornar als hàbits d'energia del passat (7).

Hom espera de determinats camps de les Ciències Socials, el desenvolupament de teories com les de l'acció col·lectiva o les trampes socials, que puguin configurar l'esquelet per a dissenyar estratègies de recerca i il·luminar el procés que afecta el canvi global.

### 1.3. Inventari d'aportacions

Les diferents disciplines que integren les Ciències Socials han fet aportacions en de diferent escala i intensitat a l'estudi del canvi global.

Caldria distingir aquí, aquelles aportacions que s'integren dins el camp de l'estudi de l'impacte de l'acció humana en el medi ambient, d'aquelles altres que ajuden a explicar les percepcions i respostes de l'home al procés de canvi global. El paper concret de l'antropologia mereix, pot ser, una consideració específica.

### **1.3.1. Aportacions referides a l'impacte de l'acció humana en el medi ambient**

En aquest bloc hi podem incloure tres grups de disciplines. El primer englobaria l'ecologia humana, l'ecologia cultural i la historiografia sobre el medi ambient. El segon integraria l'economia dels recursos (amb un èmfasi especial respecte als estudis sobre consum d'energia), l'economia agrària i la modelació demogràfica. El tercer grup estaria compost per la gestió dels recursos i l'avaluació de riscos.

#### **A. L'ecologia humana i cultural i la historiografia del medi ambient**

Aquestes tres disciplines han estudiat el caràcter de la relació entre l'home i el medi ambient "per se". Ho han fet examinant les transformacions del paisatge físic i les forces socials que són responsables d'aquestes modificacions.

En general, aquestes disciplines es concentren en l'anàlisi d'aquestes relacions a nivell local i regional, atesa la importància del context per entendre tant la dinàmica de les forces que dirigeixen els canvis, com l'adaptació dels humans a aquests fenòmens (8).

Alguns dels científics socials d'aquests àmbits s'han concentrat en l'estudi de llargs períodes de la **prehistòria** i la **història** del medi ambient (9). D'altres han analitzat el canvi **contemporani** (10).

L'**ecologia humana**, a més d'incorporar els punts de vista locals, regionals i històrics, mira d'integrar els fenòmens micro-socials amb les interaccions socials més àmplies, en una comprensió integral de les relacions entre l'home i el medi ambient. D'aquesta anàlisi, en dedueix plantejaments evolutius tant dels canvis socials com ambientals (11). Aquests estudis posen de manifest la complexitat d'aquestes relacions i fins a quin punt les forces més àmplies estan mediatitzades per condicions socioeconòmiques i ambientals de tipus **local**.

#### **B. Economia dels recursos i de l'agricultura**

L'**economia dels recursos** ha tingut un notable desenvolupament fins ara. Estudia els impactes econòmics de la reducció dels recursos naturals deguda al creixement, tant de la població humana com de l'economia, i com aquesta reducció amenaça el benestar humà (12).

També s'analitza, dins d'aquesta disciplina, la reducció dels recursos específicament subministrats per l'atmosfera i els ecosistemes. S'exploren, dins d'aquesta àrea, els problemes de gestió espacial, atesa l'absència o la feblesa dels mercats d'intercanvi d'aquests recursos. Alguns autors exploren la magnitud i la distribució (espacial i



geogràfica) dels costos socials i dels beneficis socials de l'ús d'aquesta mena de recursos. Finalment, s'han formulat algunes propostes per a la internalització d'aquests costos i beneficis (13)

Dins l'economia dels recursos, mereix una especial consideració l'anàlisi del models de **consum d'energia**, que han concentrat una part molt important de la recerca (14).

Una disciplina que mereix, aiximateix, una consideració específica és l'**economia de l'agricultura**. Aquesta disciplina està entre les precursors en la tasca d'acostar la reflexió econòmica als problemes del canvi global, i juga un paper clau a l'hora de comprendre l'impacte ambiental de fenòmens com el canvi d'ús de la Terra (15).

Més en general, l'**economia ecològica** pretén estudiar la compatibilitat entre ecologia i economia, els seus sistemes de funcionament i la seva lògica interna (15 bis).

Podriem integrar també en aquest grup els esforços de **modelació i de predicció de població** realitzats pels demògrafs, en un esforç per quantificar l'impacte d'aquest factor social essencial.

### **C. Gestió dels recursos i anàlisi de riscos**

La **gestió dels recursos** és un àrea interdisciplinària que engloba alguns aspectes de les ciències físiques i de les ciències socials. Es concentra en l'estudi de recursos físics com l'aigua, el petroli o la vida salvatge, i es basa en teories tant legals com socials i en conceptes de gestió que no inclouen tan sols les idees de creixement i d'eficiència, sinò que consideren també nocions com la cohesió social o la preservació de grups culturals (16).

En un àrea propera a la de la gestió dels recursos es situa la de l'**avaluació de riscos ambientals**. És el que podem anomenar la quantificació i eventual gestió de catàstrofes i danys ambientals (17).

#### **1.3.2. Aportacions referides a les percepcions i respostes de l'home als canvis en el medi ambient**

En aquest segon bloc podem incloure-hi aportacions que aborden les percepcions de la gent sobre el medi ambient, els comportaments de resposta individuals i col·lectius, la formulació de polítiques (tant governamentals com empresarials) i l'anàlisi de catàstrofes ambientals.

### **A. La percepció ambiental**

La **geografia** i la **psicologia** han analitzat els processos i les estructures de coneixement i d'aprenentatge humana respecte al canvi en el medi ambient, que es realitzen com a resultat de la interacció entre la gent i els seus entorns naturals i socials (18).

Tant la formació de les actituds, com les relacions que s'estableixen entre actituds i conductes, constitueixen avui un dels camps més destacats de recerca de les Ciències Socials sobre el canvi global (19).

### **B. Les respostes individuals i col·lectives**

La **sociologia**, la **ciència política** i la **història dels moviments socials** han contribuït a estudiar les respostes individuals i col·lectives al canvi global (20). S'hi han destacat les implicacions i el paper dels moviments socials (21), de l'opinió pública (22) i de l'economia política (23).

Els **psicòlegs**, per la seva banda, han fet aportacions sobre la resposta humana a l'stress ambiental (24), així com sobre els factors que determinen les alteracions en les conductes individuals que afecten el medi ambient natural (25).

### **C. La formulació de polítiques**

Algunes disciplines de les Ciències Socials han contribuït de forma notable a la formulació de polítiques de resposta al canvi global, formulades tant pels governs com per les empreses.

Destaquen en aquesta àrea les recerques sobre aspectes **jurídics**, **econòmics** i **empresarials** tant de les polítiques basades en la reglamentació i la sanció, com en les basades en els incentius de mercat a través de la fiscalitat i els subsidis (26).

També són d'interès, dins d'aquest àmbit, les aportacions relatives a la presa de decisions en condicions d'incertesa, així com aquelles que tracten sobre béns públics, dret públic i acords internacionals. Aquests temes representen nous reptes de coneixement per als experts en **dret públic**, en **teoria de la gestió** i en **relacions internacionals** (27).

## **D. Els estudis de catàstrofes**

Un darrer camp en el que els científics socials han fet contribucions a l'estudi de les respostes humanes al canvi global, és el dels estudis sobre les catàstrofes naturals. Han estat els **geògrafs** els qui han liderat aquest tipus de recerca.

En aquests treballs, s'han creat tipologies globals i culturals de les catàstrofes, els seus impactes, i les respostes humanes que s'hi han adreçat (28). Aquesta és la Ciència Social mediambiental de més llarga tradició i una de les poques que ha tingut des de sempre un objectiu de recerca de tipus global (29).

### **1.3.3. L'antropologia: un cas singular**

L'antropologia presenta, en aquest context, un perfil singular. Havent estat creada per a l'estudi dels "altres" països (és a dir, els països pobres no desenvolupats ni occidentals), l'antropologia pretengué ser sempre una Ciència Social globalitzadora.

El seu camp d'estudi abarca, en efecte, la totalitat del passat humà, en períodes de milers o de milions d'anys. D'altra banda, gran part de la seva recerca s'ocupa de la interacció de les societats humanes i el medi ambient natural (30).

En el seu intent de coneixement de la totalitat del passat humà, l'antropologia ha mostrat que no és la primera vegada a la història en que els factors ambientals han forçat a les civilitzacions humanes a orientar-se en direccions imprevistes, com per exemple en el cas de la civilització egípcia o maya.

Els antropòlegs han fet també contribucions interessants des del punt de vista metodològic. En crear, per exemple, el "Mapa Mundial de Totes les Cultures", van abordar problemes de teoria i de mètode similars als que afronten avui els científics socials que estudien el canvi global. Alguns d'aquests problemes similars són la dificultat d'establir els límits de les unitats d'anàlisi o d'establir la dinàmica de relacions entre les diferents cultures (31).

També tenen interès els estudis fets sobre el **coneixement tècnic indígena** i els treballs de l'**etnobotànica**, que analitza el desenvolupament botànic en relació a les diferents ètnies humanes.

En certa manera, el que hem dit de l'antropologia podria aplicar-se a la **geografia humana** i a l'**ecologia humana**. Juntament amb l'antropologia són, potser, les Ciències Socials pioneres en l'estudi del medi ambient.

#### **1.4. Problemes i limitacions de les Ciències Socials**

La implicació i l'interès de les Ciències Socials pel medi ambient són antics i les aportacions notables. Això no obstant, es troben amb considerables problemes i limitacions a l'hora d'abordar la recerca sobre el canvi global. Problemes conceptuals i teòrics, de manca de dades, d'àmbit de recerca, de multidisciplinarietat i d'incorporació dels països pobres a les tasques d'estudi sobre el canvi global.

##### **1.4.1. Nous conceptes i noves teories**

Malgrat els esforços que molts científics socials han començat a fer, és necessària l'elaboració de nous conceptes i teories que constitueixin la base per a la recerca social sobre el canvi global.

No hi ha prou categories ni idees bàsiques que serveixin per a **pensar** en els fenòmens globals, i hi ha poques hipòtesis per a **interpretar** aquests fenòmens.

De fet, la prioritat quasi exclusiva que les Ciències Socials han donat en els darrers anys a l'observació empírica i al mesurament, ha fet que el pensament filosòfic i la especulació intel·lectual quedessin al marge dels debats. Podriem dir que les Ciències Socials, en fer-se més rigoroses, s'han fet també menys creatives. Convé, doncs, recuperar la creativitat dels pioners, quan posaven les bases d'aquestes Ciències a meitat del segle XIX (32).

Un exemple del tipus de teoria que hom necessita, ens el forneix la teoria de la transició demogràfica. Aquesta teoria ha permès desenvolupar-ne d'altres molt importants: teories que relacionen l'ús de l'energia (i d'altres recursos) amb els nivells de desenvolupament econòmic i amb els preus, teories sobre el ritme i la direcció de la innovació tecnològica, teories sobre la formació i el canvi de les actituds, i teories sobre el funcionament i la capacitat de resposta dels sistemes econòmics, polítics i socials (33).

D'altra banda, l'anàlisi del canvi global obliga a qüestionar les **categories** tradicionals i les **taxonomies** de les Ciències Socials. A nivell global, per exemple, les anàlisis d'alguns subgrups de població (com poden ser els estudiants universitaris) difereixen completament

de quan hom fa l'anàlisi des d'un punt de vista purament local o regional (34).

L'aparició de noves **metodologies** planteja també nous reptes a les Ciències Socials. Aquest és el cas dels Sistemes d'Informació Geogràfica (35) i dels sensors remots que ens permeten, a través dels satèl·lits, integrar les dades fotogràfiques molt precises que ens arriben desde l'espai, amb les dades geopolítiques, ambientals i de comportament de regions concretes del planeta (36). Els científics socials es plantegen també avui la necessitat de conèixer més i millor l'estructura de l'error de les enquestes comparades (37).

Més enllà de la necessitat de nous conceptes, noves teories i noves metodologies, hi ha el problema de la necessitat d'establir els lligams i les relacions entre els diferents conceptes i teories. És el problema de la **modelització**, que permet conèixer els fluxes i els cicles d'interacció que constitueixen els sistemes humans. De la mateixa manera que els científics naturals elaboraren el Diagrama de Bretherton que integra tots els sistemes naturals físics de la Terra (tal com hem vist al primer capítol), els científics socials hauriem de fer un esforç de modelització semblant per a descriure el que en el diagrama de la NASA és una capsa tancada: les activitats humanes (38). Al final d'aquest capítol es presenta un primer esforç de modelització social realitzat a Aspen l'estiu del 1991.

Finalment, tot aquest conjunt de nova elaboració teòrica hauria d'esser **inventariat i conegut** d'un extrem a l'altre del món. James A. Edmons està realitzant des de fa dos anys un esforç d'inventari d'aquesta mena (39). Aquesta és la raó d'esser, al nostre nivell, d'aquest llibre.

#### **1.4.2. Inventariar i millorar les dades**

Manquen dades prou homogènies com per a ser comparades internacionalment amb rigor científic, i les que existeixen són sovint desconegudes, heterogènies i de base exclusivament nacional (40).

Això és aplicable a quasi tots els camps. Els primers resultats dels grups de treball sobre dades demogràfiques, econòmiques o d'enquestes d'opinió, dins el Programa Dimensions Humanes del Canvi Global en el Medi Ambient, reforcen aquesta impressió i recomanen tant un esforç d'inventari ordenat com de recollida de dades noves.

En el cas de la recerca sobre percepcions i valoracions del canvi global, manquen dades apropiades. En el cas de les dades demogràfiques, les dades existeixen, però són inadequades per a aquest tipus d'estudi, i no estan geogràficament ben referides (41).

### 1.4.3. De l'àmbit ~~local~~ a l'àmbit global

L'estudi social del canvi global exigeix poder fer anàlisis tant en àmbits locals com en àmbits globals. Aquest fet planteja dos tipus de dificultats als científics socials.

La primera és experimental: avui la majoria d'estudis sobre les dimensions humanes del canvi ambiental són d'àmbit local o, com a màxim, regional. A vegades l'àmbit es redueix a zones molt petites: un poble, un riu, una muntanya. El científic social no té ni la preparació teòrica ni metodològica per a implicar-se en una recerca de tipus global. Aquest fet és d'aplicació a Catalunya on, como podem veure en l'Anex dedicat als científics socials catalans, pràcticament tots els recercadors treballen en estudis molt locals (42).

La segona té a veure amb l'evolució mateixa de les Ciències Socials. En els orígens, aquestes ciències identificaren "global" amb "universal", i pretengueren formular teories i respostes d'ample abast. Posteriorment, hom veié sorgir el **relativisme**, com a expressió del convenciment de que l'universalisme absolut és impossible. Avui aquell relativisme ha donat pas a l'**individualisme metodològic**, que té una de les seves expressions més destacades en el **model d'elecció racional**. Amb un plantejament teòric i metodològic com el de l'elecció racional difícilment es pot salvar la distància entre les opcions que prenen els individus a nivell microeconòmic i els efectes globals d'aquestes decisions i eleccions (43).

Aquesta dificultat és molt important, doncs el que passa avui en el canvi global en el medi ambient mostra sovint la contradicció entre l'elecció racional feta per individus que desitgen impedir que prossegueixi la degradació ambiental, i la irracionalitat dels sistemes econòmics i polítics que no poden aturar les accions negatives per al medi ambient (44).

### 1.4.4. La multidisciplinarietat

La recerca sobre el canvi global ha de ser multidisciplinària, doncs les diferents disciplines de les Ciències Socials, tal com estan avui organitzades, examinen tan sols aspectes parcials del comportament humà.

Així, per exemple, el canvi econòmic i el canvi demogràfic haurien d'estudiar-se de forma conjunta i no separada. El mateix podem dir dels aspectes jurídics i de regulació administrativa d'una banda, i econòmics de l'altra, que afecten la relació entre l'ús de la terra i la composició de l'escorça terrestre. A l'hora d'estudiar les accions individuals o col·lectives de resposta, és obligat també analitzar de forma conjunta les influències culturals, socials i psicològiques (45).

Alguns temes de recerca han anat acostumant els científics socials a la pràctica de la multidisciplinarietat. Aquest és el cas dels estudis sobre la dona, l'antropologia biològica, la intel·ligència artificial o la teoria de les comunicacions (46).

Un bon exemple de treball multidisciplinar dins les Ciències Socials el constitueix l'Informe Mundial sobre Fertilitat (World Fertility Survey) (47). Altres exemples d'interès són l'Informe Luxembourg sobre la Renda i el Programa Internacional de Ciències Socials (48).

Malgrat aquests avenços, encara cal fer molt per introduir la pràctica de la multidisciplinarietat dins les Ciències Socials.

#### **1.4.5. La participació dels països pobres**

Una darrera dificultat rau en la necessitat d'incorporar als treballs de recerca sobre el canvi global als països pobres, que compten amb menys recursos per a la recerca i menys personal qualificat per a fer-la.

La seva incorporació és essencial tant per la contribució d'alguns d'ells al canvi global (vegeu la contribució de les repúbliques països de l'antiga Unió Soviètica, de la Xina, del Brasil o l'Índia a l'accentuació de l'efecte hivernacle), com perquè són aquests països els més vulnerables als efectes esperats del canvi en el medi ambient. Això és així atès que són essencialment agraris, i que tenen economies poc flexibles com per a fer front ràpidament als processos de canvi prevists (49).

#### **1.5. La col·laboració entre científics naturals i científics socials**

Estudiar el canvi global vol dir, també, establir una col·laboració permanent entre els científics naturals i els científics socials. Això no és pas fàcil. No hi ha apenes experiència, sovinteigen els prejudicis, i es requereix un notable esforç d'adaptació mental i d'aprenentatge.

Els científics naturals han d'entendre, per exemple, que no és possible parlar de la conservació de la diversitat genètica sense fer referència als imperatius econòmics i socials que indueixen als estats a alterar la seva base de recursos naturals. I per a això necessiten del concurs dels científics socials.

Els científics socials poden ajudar els seus col·legues de les Ciències Naturals a examinar detalladament les emissions antropogèniques de

diòxid de carboni, a determinar la influència de la població en els processos de canvi ambiental, a estimar la producció de metà als arrossars i entre el bestiar, a quantificar la freqüència i l'abast dels incendis causats per l'home a les sabanes, o a analitzar l'evolució de les pautes d'utilització energètica (50). A més, són els antropòlegs i els etnobotànics els que poden ajudar a inventariar els coneixements biològics indígenes.

Hi ha hagut ja algunes experiències de col·laboració positiva. Així, per exemple, el ja citat Comitè Científic per als Problemes del Medi Ambient (SCOPE) del Consell Internacional d'Unions Científiques (ICSU) incorporà entre un terç i un 50% d'experts en Ciències Socials en l'elaboració d'alguns dels seus informes: els relatius a les tècniques d'avaluació ambiental (51).

També hi hagué una col·laboració positiva en els treballs del Grup Intergovernamental de Treball sobre el Canvi Climàtic (IPCC), dedicat al disseny de polítiques de resposta (52).

Un tercer exemple el constitueixen els estudis i recerques sobre el sumistre d'aigua i la sanitat, sobre tot en les zones rurals dels països pobres (53).

En qualsevol cas, queda un ampli camp per explorar. En aquesta difícil empresa, pot ser oportú deturar-nos a pensar quina seria la distribució de tasques més racional entre els dos grups de disciplines, així com a considerar la major o menor distància objectiva de cadascuna de les principals Ciències Socials respecte a les Ciències Naturals.

### **1.5.1. La divisió de tasques**

Segons J.W.M. La Rivière (54), una proposta raonable de divisió de tasques podria ser la següent:



**Primer Bloc**

**A. Estat físic**

Entendre:

- el sistema Terra
- el clima
- la disponibilitat de recursos

**B. Canvis**

- Observar i entendre els canvis
- Predir els canvis
- Predir els impactes físics

**Segon Bloc. Avaluació de l'impacte**

- Avaluar els impactes, incloses les conseqüències socials.
- Creixement de la població, inclosos els aspectes biomèdics i polítics.
- Economia del medi ambient.

**Tercer Bloc. Opcions de política per a les respostes**

- Opcions de política.
- Seguretat ambiental, inclosa la necessitat d'evitar guerres pel petroli o l'aigua.
- Legislació nacional, regional i internacional.

En el primer bloc de la llista de tasques que acabem de descriure, serien les Ciències Naturals les que haurien de portar el lideratge i dedicar-hi el gros de l'esforç. Per contra, en el tercer bloc, aquest paper de líder correspondria a les Ciències Socials. En el segon bloc, les responsabilitats haurien de dividir-se d'una manera més equilibrada.

En qualsevol cas, cal recordar que la interacció de les Ciències Naturals amb les Ciències Socials no és mai totalment inexistent. La descripció de l'estat físic del planeta inclou, per exemple, el tamany i la distribució de la població humana i dels recursos naturals, els quals formen part de la geografia. En l'altre extrem, l'aplicació d'una legislació realista sols és possible si es vigila eficaç i rendablement la seva observància.

**1.5.2. Barreres i distàncies majors o menors**

A l'hora d'avaluar les dificultats de col·laboració, hem d'al·ludir a l'existència de barreres, fins a cert punt artificials, entre les disciplines. Les principals barreres que separen les Ciències Naturals de les

Ciències Socials són, sobre tot, les relatives a la metodologia, la terminologia i la percepció del sistema terrestre (55).

J.W.M. La Rivière proposa el següent quadre d'afinitats de les Ciències Socials respecte a les Ciències Naturals, per a avaluar fins a quin punt són altes aquestes barreres en cada cas (56):

**Afinitat ALTA**

Geografia.  
Antropologia.  
Demografia.  
Història.  
Parts analítiques  
i descriptives de la  
sociologia i l'economia.

**Afinitat MITJA**

Ciències Jurídiques.  
Ciències Administratives.  
Ciències Polítiques.  
Psicologia.

**Afinitat BAIXA**

Parts no analítiques  
ni descriptives de la  
sociologia i l'economia  
Gestió d'empreses.  
Recerca sobre la pau.  
Tècniques de persuasió  
del públic i dels  
qui prenen decisions.

En el primer d'aquests grups, les Ciències Socials comparteixen amb les Ciències Naturals la voluntat de realitzar un inventari rigorós i desapassionat, i descriure el món en el que vivim, ara i en el passat. Un altre element compartit en aquest grup és l'actitud contrària als judicis de valor i el desig d'abstenir-se d'aconsellar quin hauria de ser el comportament social.

D'altra banda, hem d'assenyalar que en moltes disciplines de les Ciències Socials l'utilització del mètode experimental (tal com l'entenen els científics naturals) està limitat o és impossible.

Finalment, hem d'al·ludir als prejudicis subjectius existents sobre les Ciències Socials, molt difosos entre els científics naturals. Són prou coneguts i han estat descrits pel sociòleg Andreski en el seu llibre "Les Ciències Socials com a bruixeria" (57).

Aquests prejudicis sols poden superar-se a base d'una coneixença mútua més intensa i, sobre tot, a través de la tasca de recerca conjunta.

## **2. LES CAUSES PROPERES: ACTIVITATS HUMANES QUE CONTRIBUEIXEN DE FORMA DIRECTA AL CANVI GLOBAL**

Acabem de veure que, malgrat les seves limitacions, les Ciències Socials compten amb una experiència i una preparació teòrica i metodològica que són essencials per a l'anàlisi de la dimensió humana del canvi global. Una experiència i una tecnologia que han començat ja a aplicar-se a la pràctica a través de recerques i estudis.

Procedirem ara, doncs, a un primer intent de quantificació dels fenòmens dels que estem parlant.

Ho farem, d'entrada, analitzant aquelles activitats humanes que contribueixen d'una forma directa al canvi global. És el que hom anomena **causes properes**.

En primer lloc, delimitarem quines són aquestes activitats humanes, i quins són els efectes que tenen en el medi ambient global.

Posteriorment, descriurem un sistema de comptabilització o, si es vol, de classificació ordenada i jerarquitzada d'aquestes activitats relacionades amb els seus efectes nocius per al medi ambient. Un sistema de representació en forma d'arbre.

Això ens donarà una primera idea quantitativa del problema i una indicació de la notable complexitat de la seva anàlisi rigorosa.

### **2.1. Principals causes properes**

L'home, ja ho hem dit, és un agent de canvi ambiental de primera magnitud. Hi ha qui diu que és el primer agent de canvi pel que fa a l'escorça terrestre, al menys en termes de materials transportats i transformats cada any (58).

Enumerarem aquí, breument, les cinc principals activitats humanes que constitueixen les causes properes del canvi global, aquelles que apareixen més clarament com a directes responsables de la influència negativa de l'home en el medi ambient.

#### **2.1.1. El consum de combustibles fòssils**

Entenem per combustibles fòssils el carbó mineral, el petroli (i els seus derivats) i el gas natural.

Aquests combustibles responen avui al 85% de les necessitats d'energia del món. En els països desenvolupats, aquest percentatge s'eleva al 95%, i en els que no ho són es redueix fins al 55%. En aquest darrer cas, degut a l'ampli ús dels combustibles procedents de la biomassa, que hi són dominants (59).

Des de la meitat del segle passat, el paper dels combustibles sòlids no ha fet sino augmentar, per a respondre a la demanda d'energia per a fer front al desenvolupament industrial, al transport, a la calefacció i refrigeració, la il·luminació, i al cuinar humans.

Des del 1950 la demanda mundial global d'energia s'ha quadruplicat i el consum energètic per càpita s'ha doblat.

I no sols als països desenvolupats: així, el 1950, la distribució de l'ús de l'energia era: 75% als països de l'OCDE, 19% als països de planificació central, i 6% als països subdesenvolupats. Doncs bé, al 1985, la distribució respectiva era: 53%, 32%, 15%.

També ha canviat la distribució de l'ús de l'energia segons els sectors econòmics, en funció del nivell de desenvolupament econòmic global i del creixement de la població.

El consum de combustibles fòssils contribueix de forma decisiva tant a l'increment de l'**efecte hivernacle** ( i el consegüent canvi climàtic) com a la **pluja àcida**.

En efecte, **cremar** combustibles fòssils significa augmentar de forma significativa els percentatges de diòxid de carboni i, en menor mesura, de metà i d'òxid nitrós.

Hi ha diferències notables entre un combustible i un altre, així com n'hi ha en funció de la tecnologia de combustió emprada. Així, el carbó és pitjor que el petroli, en termes d'emissions, i aquest darrer és pitjor que el gas natural.

D'altra banda, també són responsables d'aquestes emissions, els processos d'extracció, transport i processament d'aquests combustibles fòssils (60).

Pel que fa a la pluja àcida, la combustió d'aquests productes emet sofre i nitrògen que, tal com hem vist al capítol anterior, es converteixen a l'atmosfera en àcid sulfúric i àcid nítric. També en aquest cas la combustió de carbó és més nociva que la de petroli. La combustió de gas natural sembla tenir efectes molt petits respecte a la pluja àcida (61).

### **2.1.2. La producció i llençament d'halocarbons**

El segon grup d'activitats humanes nocives és el relacionat amb la producció i llençament a l'atmosfera dels halocarbons, és a dir, de dos grups de productes químics: els clorofluorocarbons (CFC) i els halons.

Els efectes, en aquest cas, es deixen sentir tant en l'agravament de l'efecte hivernacle (doncs són productes que absorbeixen els raigs infraviolats més encara que el diòxid de carboni) com en la disminució de la capa d'ozó (doncs proveeixen els catalítics necessaris per al procés de destrucció de l'ozó estratosfèric).

Com hem dit ja, els CFC's són usats en els refrigerants, els propelents (aerosols) i en els dissolvents. Els halons són presents en els extintors d'incendis des dels anys setanta.

Després d'arribar al seu punt de màxima difusió el 1974, les prohibicions d'alguns països i la signatura del Protocol de Montreal el 1987, n'ha iniciat la disminució.

Malgrat aquest procés, les concentracions d'halocarbons a l'atmosfera continuaran en el futur per varies raons. Hi ha països que segueixen produint i usant halocarbons. D'altra banda hi ha molts halocarbons instal·lats en els sistemes de refrigeració, en els extintors d'incendis i espumes, i mentre hi romanguin instal·lats seguiràn jugant el seu efecte. Finalment, cal esmentar la llarga vida d'aquestes molècules (de 20 a 400 anys), el que vol dir que el que hem fet fins ara perdurarà per molt temps a l'atmosfera.

### **2.1.3. El consum de combustibles fets amb biomassa**

Ens referim en aquest cas als combustibles fets amb fusta, excrements animals o residus agraris, tots ells procedents del que s'anomena "biomassa", és a dir, els essers vius presents a la biosfera, siguin plantes o animals.

Aquests combustibles contribueixen a la satisfacció d'un 14% de la demanda total d'energia del món.

És, aparentment, un petit percentatge. Però cal considerar, també, que és la primera font energètica per a dos mil milions de persones. Representa el 65% de l'energia usada a l'Àfrica, el 17% de la que s'usa a l'Àsia i el 16% de la que es fa servir a l'Amèrica Llatina (62).

D'altra banda dos de cada tres països pobres té escassetat de combustibles basats en la fusta. D'aquests dos terços, la meitat no tenen reserves comprovades de petroli o gas natural. El baix nivell de

renda i el lent creixement econòmic fa complicada la reconversió cap a sistemes d'ús de combustibles fòssils (63).

Forces coses semblen poder fer-se en el terreny de les noves tecnologies per a millorar aquest panorama. D'entre elles en destaca l'elaboració de "biogas", un combustible fabricat a base dels excrements animals. L'ús de biogas permetria superar la situació actual de malguany energètic i de pèrdua de nutrients de l'agricultura. D'altra banda el "biogas" permet usar com a fertilitzant els residus del seu procés de fabricació.

Els efectes del consum de combustibles fets amb biomassa són molt diversos. Afecten l'efecte hivernacle i el **canvi climàtic**, degut a les emissions de diòxid de carboni, metà i òxid nitrós, durant la seva combustió. Contribueixen possiblemet a la **pluja àcida**, a partir de les emissions d'àcid sulfúric i àcid nítric, sobretot a l'entorn de les ciutats. Alteren les **propietats de l'escorça terrestre** a nivell local i regional, amb potencials efectes climàtics a aquestes escales. Finalment, ajuden a reduir la biodiversitat, especialment als països tropicals amb diversos ecosistemes.

#### 2.1.4.El canvi d'ús de la terra

Una quarta activitat humana d'impacte directe és el canvi d'ús de la terra.

Aquest canvi d'ús, com veurem posteriorment en un capítol dedicat tot ell a aquest tema, pot pendre la forma de conversions o de pèrdues de productivitat.

Entenem per conversions, el procés de canvi complet de l'ús de la terra per a propòsits completament diferents.

La conversió més important és la que **transforma els boscs en terres de conreu i pastures**. Això s'aconsegueix a través de la **desforestació**, sia a través de la crema intencionada dels boscs, sia a través de l'ús de la fusta per a la combustió, com acabem de veure.

Un segon tipus de conversió és la transformació dels **terrenys d'aiguamolls en terres d'ús agrari o urbà**.

Hi ha, finalment, la conversió d'altres tipus de terres per a usos vinculats al creixement de les poblacions humanes, com són ara la construcció o ampliació de ciutats (**urbanització**) o la construcció d'**infraestructures**: per al transport, per a la producció d'energia, o per amagatzemar aigua (pantans), per exemple.

A vegades el canvi es produeix per la via d'una **intensificació excessiva del conreu** de la terra. Això provoca una pèrdua de la productivitat dels camps de conreu i de pastures. També les **sequeres**

contribueixen a aquesta reducció de la productivitat, com hi contribueixen processos com la **desertització** o la **salinització** dels sòls deguts a diverses activitats humanes.

Els efectes del canvi d'ús de la Terra es tradueixen en canvis en els cicles biogeoquímics, en el sistema climàtic i en la pèrdua de biodiversitat, dins de processos que tenen una base d'àmbit local i acaben tenint conseqüències globals.

A aquest darrer nivell cal destacar l'**impacte de la deforestació respecte al canvi climàtic**. En efecte, tant el procés de crema de boscs com de transformació dels sòls operada durant la deforestació, són fonts d'emissió de diòxid de carboni, de metà i d'òxid nítrós. Des del 1850 la superfície de boscs i zones boscoses ha disminuït un 15% a nivell mundial, especialment a l'Àfrica, Àsia i Amèrica Llatina. El ritme actual de deforestació és d'11 milions d'hectàrees cada any (64).

#### 2.1.5. Altres activitats agràries

Hi ha d'altres activitats agràries que poden afectar el canvi global, com són els augments dels conreus d'arròs, del bestiar i dels fertilitzants nitrogenats.

Des de 1950 al 1980, les superfícies dedicades al **conreu d'arròs** han augmentat en un 40%. El 90% d'aquest augment s'ha produït a l'Àsia. Els efectes són augments significatius de les emissions de metà, deguts a la descomposició anaeròbica dels residus, tant de fertilitzants com de collites en els camps d'arròs. Aquests augments podrien ser mitigats amb la introducció de noves varietats d'arròs i de noves pràctiques agràries (65).

També ha augmentat molt el nombre de caps de **bestiar**. L'efecte és, també en aquest cas, l'augment de les emissions de metà com a subproducte de la digestió d'aquests animals, especialment del vacú. Aquest bestiar segueix jugant un paper clau com a font d'aliment i de fertilitzant, i com a força motriu en els treballs agraris en els països pobres. Una reducció d'aquestes emissions serà sempre limitada si hom no canvia els hàbits dietètics de la població mundial i si hom no canvia el bestiar per sistemes de tracció agrària que consumeixin combustibles fòssils (66).

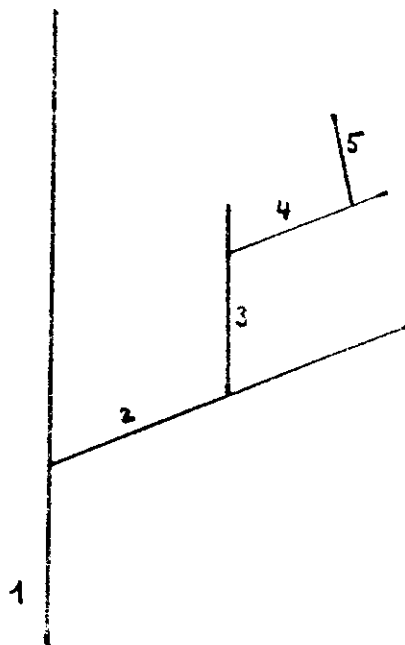
Un tercer problema és el dels **fertilitzants nitrogenats**, que es fan servir per augmentar la productivitat de les collites. El seu efecte és l'emissió d'òxid nítrós a l'atmosfera, com a resultat de l'acció microbiana al sòl. La solució rau en usar altres tipus de fertilitzant i en un canvi en les tècniques d'aplicació i altres pràctiques agràries.

## 2.2. Una representació en forma d'arbre

A efectes de classificació conceptual és útil classificar aquestes "causes properes" d'una forma jerarquizada, relacionant-les amb els diferents efectes nocius que provoquen.

Un bon sistema de representació és el que fa servir l'estructura d'un arbre, en el que a la base hi hagi la totalitat dels efectes negatius d'origen humà, i a les diverses branques les diverses activitats humanes, amb els seus diferents actors i propòsits (67).

Aquesta seria la representació gràfica d'aquest arbre:



1. La soca : efecte hivernacle total d'origen humà
2. Els troncs : efecte, d'origen humà, de cadascun dels gasos hivernacle
3. Les branques : les principals activitats humanes que causen emissions de cada gas.
4. Els branquillons : diferents actors que participen a les citades activitats humanes
5. Les fulles : diferents causes d'actuació de cadascun dels actors.



Vegem, pas a pas, l'estructura d'aquest arbre, exposant en cada cas algunes xifres bàsiques que ens ajudin a quantificar el pes relatiu de cada activitat humana.

### 2.3. La soca: l'efecte antropogènic total

Començarem la construcció d'aquest arbre per la seva base, per la soca. La soca ens representa la totalitat de l'efecte negatiu humà en el medi ambient.

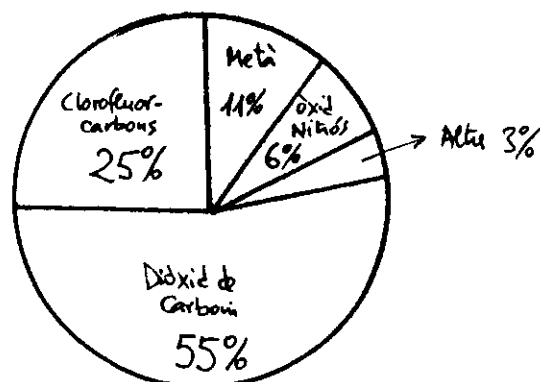
Per a simplificar les coses considerarem **només** el nivell de gasos hivernacle a l'atmosfera, doncs és el major dels efectes ambientals d'origen antropogènic.

Aquest nivell el definirem en termes d'impacte global.

### 2.4. Els troncs: els diferents gasos hivernacle

D'aquella soca bàsica, en surten diversos troncs. Cada tronc representa el conjunt d'emissions d'origen humà de cadascun dels gasos hivernacle: el diòxid de carboni, el metà, l'òxid nítrós, i els clorofluorocarbons.

Una primera idea de la contribució de cada gas hivernacle d'origen antropogènic a la totalitat de l'efecte hivernacle que té el seu origen en les activitats humanes ens l'ofereix el següent gràfic (68):



És a dir, en el cas del tronc del diòxid de carboni, la branca de la crema de combustibles fòssils seria tres cops més gruixuda que la branca de la deforestació tropical

Pel que fa a la contribució de les activitats humanes relacionades amb la producció i llançament d'halocarbons, el quadre següent ens n'informa, especificant la importància relativa de cada tipus d'halocarbó (%):

Quadre N°3. Fonts antropogèniques dels principals halocarbons a final del any 80's

Tipus d'halocarbó	Activitats humanes (fabricació i us)	Producció (milions Kgr/any)	Potencial d'escalfament global (*)	%
CFC 12	Aerojols, refrigeració, espumes	450	7.300	60%
CFC 11	Aerojols, refrigeració, espumes	350	3.500	17%
CFC 13	Components electrònics de neteja	150	4.200	13%
HCFC 22	Refrigeració, polimers	140	1.500	3%
CH <sub>3</sub> CCl <sub>3</sub>	Disolvents industrials	545	100	2%
Altres				5%

(\*) Representar els efectes integrats durant 100 anys de llançament d'una unitat de massa del compost, en el cas al de l'etil de clorur.

Així, doncs, a l'hora d'elaborar el nostre arbre, el tronc corresponent al diòxid de carboni seria vuit cops més gruixut que el corresponent al de l'òxid nítrós. I així successivament.

## 2.5. Les branques: les activitats humanes

Cadascun d'aquests gasos és emès per tota una sèrie d'activitats humanes, de les que hem parlat fa poc.

Aquestes activitats humanes constituïrien les branques de l'arbre que estem representant. Cada tronc (gas) tindria una sèrie de branques (activitats humanes) que n'explicarien les emissions.

Una primera idea del pes quantitatiu de les principals activitats humanes respecte a les emissions de diòxid de carboni, metà i òxid nítrós ens l'ofereix el següent quadre (69):

**Quadre N°2. Emissions globals de diòxid de carboni, metà i òxid nítrós procedents d'activitats humanes a finals dels anys 80's.**

Gas	Activitats humanes	Emissions Milions Tm per any	%
<b>1. Diòxid de carboni</b>	<b>Total</b>	<b>7.000</b>	<b>100</b>
	Crema combustibles fòssils	5.400	77
	Deforestació tropical	1.600	23
<b>2. Metà</b>	<b>Total</b>	<b>350</b>	<b>100</b>
	Camps d'arrós	110	31
	Digestió de ruminants	80	23
	Producció de gas i carbó	80	23
	"Landfills"	40	11
	Deforestació tropical	40	11
<b>3. Òxid Nítrós</b>	<b>Total</b>	<b>4</b>	<b>100</b>
	Us de fertilitzants	1,5	38
	Consum combustibles fòssils	1	
	Deforestació tropical	0,5	13
	Sobreconreu de terres	0,4	10
	Residus agraris	0,4	10
	Combustibles de fusta i biomassa industrial	0,2	5

Els càlculs per xifrar el pes de cada activitat humana es realitzen considerant la contribució de cadascuna d'elles a les emissions de cada gas multiplicat per l'efecte radiactiu del gas corresponent, i tot això integrat al llarg del temps.

## **2.6. Els branquillons: els actors i les motivacions**

Cadascuna de les activitats humanes que acabem de llistar, com és ara el cas del consum de combustibles sòlids, poden ser desenvolupades per diversos actors i per motivacions o propòsits ben diversos: la generació d'electricitat, el transport motoritzat, la producció de calor per als sistemes de calefacció, i tants d'altres.

Així, doncs, de cada branca (activitat humana) del nostre arbre, en sortirien tot una sèrie de branquillons més petits corresponents a altres tants actors o propòsits de la dita activitat humana.

És clar que aquesta divisió per branquillons pot fer-se per criteris ben diversos. Heus ací alguns d'aquests criteris:

- a. Segons el **tipus d'actor**: famílies, empreses, governs.
- b. Segons les **parts del món implicades**: per països, regions més o menys desenvolupades.
- c. Segons els **propòsits o motivacions** de l'actuació: locomoció, escalfament de l'espai entre d'altres.
- d. Segons el **tipus de decisió** que determina l'activitat: el disseny, la compra, o l'utilització de l'equipament.

Cadascun d'aquests criteris ens poden ésser útils en funció dels propòsits de la recerca.

Un exemple del que diem ens l'ofereix el proper quadre N<sup>o</sup> 4 ( ), en el que s'aporten dades sobre el pes relatiu dels branquillons definits com a propòsits o motivacions, dins la branca del consum de combustibles fòssils, i aquesta dins el tronc de les emissions de diòxid de carboni:

**Quadre N° 4. Classificació del tipus de consum de combustibles sòlids i la seva contribució a les emissions de diòxid de carboni, per sectors econòmics i per l'ús final (Estats Units, 1987) (En percentatge)**

Ús final	Sector econòmic			%
	Indus- tria	Edifi- cis	Trans- ports	
Motors, força de vapor, aparells	19 %	7 %		26 %
Transport personal (automòbils, camions lleugers)			20 %	20 %
Escalfament de l'espai	1 %	16 %		17 %
Transport de mercaderies (camions pesats, tren, vaixell i d'altres)			7 %	7 %
Escalfament per processos industrials	6 %			6 %
Enllumenat	1 %	5 %		6 %
Refrigeració		5 %		5 %
Transport aeri			5 %	5 %
Escalfament d'aigua		3 %		3 %
Altres	5 %			5 %
<b>Total</b>	<b>32 %</b>	<b>36 %</b>	<b>32 %</b>	<b>100</b>

En el cas dels Estats Units, ens trobem, doncs, en una situació en la que els branquillons sectorials són molt semblants en el gruix: els edificis (36 %), les indústries (32 %) i el transport (32 %). En canvi, els

branquillons referits a l'ús final són d'un gruix molt diferent: el branquilló que correspon a l'ús dels motors, la força de vapor i els diversos instruments i aparells és més de vuit cops més gruixut que el de l'escalfament de l'aigua.

La utilitat pràctica d'un exercici d'aquesta mena és bastant evident.

## **2.7. Les fulles: els diferents components de la decisió**

Encara podem anar més enllà en aquest procés de desagregació.

Així, cada branquilló podria subdividir-se en tota una sèrie de fulles, que no serien altra cosa que els diferents components de les sub-causes, tal com acabem de definir-les.

Per exemple, analitzem el branquilló del consum de combustibles fòssils per part dels automòbils. Doncs bé, hi ha diversos angles des dels que hom pot analitzar aquest branquilló d'un consum que afecta el canvi global. Pot ser analitzat com un producte del **nombre** d'automòbils, o des del punt de vista de l'**eficiència** dels automòbils **respecte al combustible**, o des del punt de vista dels **kilòmetres recorreguts** per cada automòbil.

I encara podríem dividir més el camp d'anàlisi. Ja seríem al camp de les flors de l'arbre imaginari. Cada fulla seria analitzada desde diversos punts de vista. Per exemple, els recercadors podrien investigar els **factors socials** que afecten el canvi en el nombre d'automòbils i el seu cicle de vida típic, com són ara la renda familiar, la mida de la unitat familiar, el nombre de persones amb feina a cada família i la major o menor disponibilitat de transport públic.

## **2.8. Integrant la informació: L'arbre sencer**

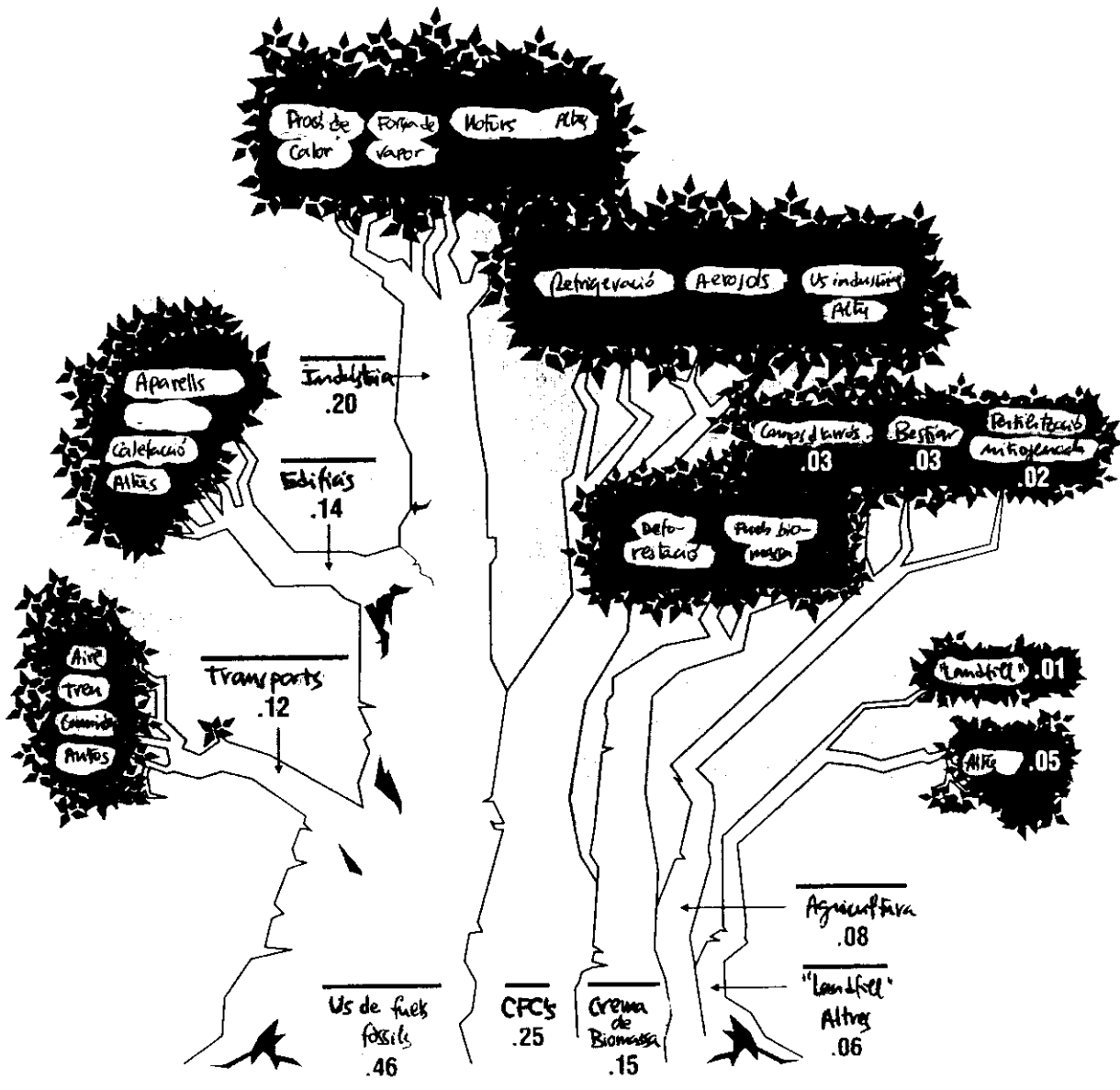
Si integrem tota la informació obtinguda en el procés d'anàlisi que acabem de descriure, podríem tenir la perspectiva de l'arbre sencer, útil per als recercadors i per als qui prenen decisions.

Així, podem establir un "ranking" d'activitats humanes en funció a la seva contribució global al canvi climàtic i a l'efecte hivernacle. És el que podem veure al següent quadre (71):

Quadre N°5. Contribucions Relatives de les Activitats Humans a l'escalfament global, estimat

Activitat	Gasos (contribució relativa a %)					TOTAL
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	CFG	N <sub>2</sub> O	Altres	
1. Us de fuel fòssil	42	3	-	1,5	-	46,5
2. Us de clorofluor-carbons (CFC)	-	-	25	-	-	25
3. Crema de biomassa	13	1	-	1	-	15
4. Camps d'arros	-	3	-	-	-	3
5. Bestiar	-	3	-	-	-	3
6. Fertilització nitrogenada	-	-	-	2	-	2
7. "Landfills"	-	1	-	-	-	1
8. Altres	-	-	-	1,5	3	4,5
TOTAL	55	11	25	6	4	100

A partir d'aquesta informació, el dibuix que es reproduïx a continuació, expressa una de les formes de sintetitzar els diversos nivells d'anàlisi que hem descrit (73):





### 3. LES RAONS DE FONTS: LES FORCES HUMANES MOTRIUS DEL CANVI GLOBAL

Les activitats humanes que alteren directament el medi ambient a nivell global tenen tota una sèrie de raons de fons que n'expliquen l'existència. Són el que hom anomena **forces humanes motrius** del canvi global.

Els "estudis de cas" demostren fins a quin punt les causes properes del canvi són resultat d'un complex de variables socials, polítiques, econòmiques i tecnològiques.

En descriurem ací les principals i analitzarem en la propera secció les relacions existents entre elles i en relació als sistemes naturals físics.

#### 3.1. Detectant les forces humanes motrius

Hi ha un cert nivell de polèmica entre els especialistes sobre quines són les principals i més determinants forces motrius.

Aquí aportarem tres opinions. La primera de B.L.Turner, un dels millors recercadors del món en les dimensions humanes del canvi global i especialista en l'estudi del canvi d'ús de la Terra (73). La segona la expresada en el recent informe del National Research Council redactat per P.Stem, O.Young i D.Druckman (74). La tercera la que va elaborar un panel d'experts al Seminari organitzat per l'Aspen Global Institut l'estiu del 1991 (75).

Aquesta és la síntesi de les tres opinions:

#### Quadre N°6. Principals forces humanes motrius respecte al canvi global en el medi ambient

<b>B.Turner</b>	<b>N.C.R.</b>	<b>Seminari Aspen 91</b>
1.Població	1.Canvis en la població.	1.Població
2.Desenvolupament econòmic	2.Creixement econòmic	2.Producció
3.Capacitat tecnològica	3.Canvi tecnològic	3.Sistemes econòmics
4.Organització socioeconòmica	4.Institucions polítiques i econòmiques	4.Sistemes polítics i altres institucions
5.Creences i actituds	5.Actituds i creences	5.Preferències i expectatives 6. Coneixements i experiències.

Comprovem que hi ha una notable grau d'acord entre les tres opinions.

Podriem sintetitzar així les principals forces:

1. La població.

2. El desenvolupament econòmic. (En el cas del Seminari d'Aspen, la distribució i evolució de la riquesa, s'inclouen en la variable "sistemes econòmics").

3. La tecnologia. (En el cas del Seminari d'Aspen aquest factor, juntament amb el dels recursos, està inclòs en la variable "producció").

4. Les institucions i sistemes polítics, econòmics i socials.

5. El coneixement, l'experiència, l'actitud i les creences. (Englobats en la mateixa força, atès que els dos primers configuren els dos segons).

Describim breument cadascun d'aquests factors.

### 3.2. La població

Hi ha un consens quasi unànim entre els experts en que la **mida**, la **distribució** i l'**estructura social** (classes, ètnies i castes) de la població constitueix una força motriu del canvi ambiental. Hom relaciona més específicament el canvi global amb el ritme i característiques del **creixement** de la població.

Cada persona, dins una població donada, demana tota una sèrie de qüestions essencials per viure: aliments, aigua, roba i habitatge. Si tots els altres factors són constants, un augment en el nombre de persones implicarà un augment de la demanda exercida sobre el medi ambient per a la provisió de recursos i, al mateix temps, una paralela generació de recursos i contaminants.

Doncs bé, estudis de les Nacions Unides i del Banc Mundial (76) estimen que **la població global del món podria doblar-se d'ací a 50 anys**. L'any 2.040 podriem arribar als **10.000 milions** d'habitants.

Aquesta acceptació del paper de la població no està exent de polèmica, com veurem al proper capítol d'aquest llibre. En efecte, hom es pregunta, per exemple, si és realista considerar que la resta de factors romandran constants en relació a l'augment de la població.

Altres persones qüestionen que el simple augment del nombre d'habitants s'hagi de traduir inevitablement en degradació mediambiental dins una societat moderna, i si pot pensar-se en augments de població sense danys ambientals greus.

Finalment, altres investigadors plantegen si l'augment de la població és una **causa** de la degradació ambiental o bé és un **efecte** de causes més fonades que estan a sota, com poden ser els canvis tecnològics o l'organització social.

### **3.3. El desenvolupament econòmic**

El **ritme del creixement** econòmic, així com l'**evolució** i el **repartiment** de la riquesa, són factors que també semblen àmpliament reconeguts com una de les forces motrius del canvi global.

En els propers 50 anys, si la renda per càpita dels països pobres augmenta a un ritme del 2,5 % anual i la dels països desenvolupats a un ritme de l'1,5 % per any, podem trobar-nos amb que **a l'any 2.040 l'output econòmic del món s'hagi quadruplicat.** (77)

D'altra banda, les grans diferències entre països rics i pobres esperonen la voluntat de creixement econòmic d'aquests darrers, a un preu sovint nociu per al medi ambient. El nivell de disparitat de riquesa entre grups i individus opera, així, com a un estimulant del creixement que afecta al canvi global.

El creixement econòmic provoca, d'una banda, la producció de residus i contaminants. De l'altra, condueix a una reducció progressiva dels recursos no renovables del planeta: el carbó, el petroli, el gas natural i els minerals metàl·lics. Aquesta disminució s'extén, àdhuc, als recursos renovables quan el nivell d'erosió dels sòls excedeix el nivell de restauració dels sòls i dels nutrients.

És clar que aquests efectes potencials del creixement econòmic poden agreujar-se o atemperar-se segons quin sigui el model de producció de bens i serveis, el major o menor ús de materials per càpita, l'existència o no d'una gestió correcta dels residus, les formes d'organització política o les polítiques nacionals seguides pels governs.

### **3.4. La tecnologia**

La tecnologia o, millor dit, el **canvi tecnològic** pot trobar noves vies per a descobrir i explotar els recursos naturals, així com per a canviar l'eficiència dels processos de producció i consum. En aquest darrer aspecte, el canvi tecnològic pot alterar el volum de recursos necessaris per unitat de producte, i la quantitat de residus i afluents. Pot també

alterar el cost relatiu dels recursos, amb el consegüent impacte en l'oferta de bens i serveis.

Cada tecnologia, aplicada a un mateix procés, té impactes diferents en el medi ambient. La producció d'energia a partir de combustibles fòssils o de les centrals nuclears té unes conseqüències molt diferents, per exemple pel que respecta als efluents, com ja hem esmentat.

També entorn a aquest factor hi ha opinions ben diverses. Hi ha teories que defensen la idea de que les tecnologies actuals contribueixen activament a la degradació ambiental a un nivell superior al de l'impacte del creixement de la població o de l'economia.

A l'altre extrem, d'altres experts assenyalen que la tecnologia pot ser un benefici net per al medi ambient.

Al mig d'aquestes dos posicions extremes, hi ha opinions que sostenen que la tecnologia té un impacte petit i secundari en el procés de canvi global, o que defensen que no es tracta d'una força motriu, atès que prové de les demandes de la població i de les forces de mercat.

### **3.5. Les institucions i els sistemes polítics, econòmics i socials**

La gran majoria accepta que els **sistemes**, les **organitzacions** i les **institucions polítiques** poden exercir una influència decisiva sobre el canvi global. N'hi ha prou amb pensar amb Sadam Husein donant l'ordre de cremar els pous de petroli, o amb el president Nixon ordenar bombardejar amb napalm el Vietnam, per a tenir-ne una mostra viva i recent.

Les formes que adquireixen els **estats** (autoritaris o democràtics, centralitzats o descentralitzats) juguen un paper important, com ho demostren, per exemple, la situació mediambiental als països de l'est d'Europa després del comunisme o la situació del Brasil després del règim militar.

Igualment evident és el paper de les **polítiques públiques**, tant aquelles que tenen a veure directament amb el medi ambient global, com les que hi tenen efectes indirectes importants (Pensem, en aquest darrer cas, per exemple, en l'encoratjament públic que s'ha fet als Estats Units de la utilització de l'automòbil privat).

Els **sistemes econòmics** determinen com la gent produeix i consumeix els productes i serveis, i com la riquesa evoluciona i és distribuïda. La institució protagonista dels sistemes econòmics capitalistes (avui dominants al món) és la del **mercat**. Hi ha qui planteja, en aquest sentit, els problemes del medi ambient com a meres deficiències del mercat. D'altres en critiquen la mateixa lògica interna, tant del mercat com dels sistema de lliure empresa i de dominació

d'uns països per uns altres, com a base per a comprendre l'arrel dels problemes del canvi global.

Un altre factor clau dins els sistemes econòmic és el de l'**estructura de la propietat** i, més en concret, de la **propietat de la terra**. És imprescindible el seu estudi per a comprendre fenòmens com el canvi d'us de la terra, per exple.

Altres institucions i sistemes de gran influència són els sistemes escolars, els mitjans de comunicació, els sistemes legals i de comptabilitat nacional, els partits polítics, els sindicats, les empreses i les esglésies. També l'estructura de la institució familiar és important. Totes aquestes instàncies determinen la forma en que s'organitza la societat, i intervenen, d'una manera o altra, en la formació de les polítiques.

### **3.6. Les actituds i les creences**

Una darrera força motriu la constitueixen les actituds i les creences, que podem definir com les opinions dominants en determinada població sobre les relacions que existeixen i haurien d'existir entre la naturalesa i la societat.

Aquestes actituds i creences són conformades, en bona mesura, pel nivell de **coneixement** que la població tingui de l'estat del medi ambient i els seus efectes sobre la humanitat, així com per l'**experiència viscuda** per cada societat al respecte, el que podem anomenar memòria històrica.

És aquest un àmbit, com veurem amb detall al quart capítol d'aquest llibre, en el que s'han expressat un nombre molt considerable d'opinions i teories interpretatives.

Un grup important de pensadors parteix del desenvolupament de determinats sistemes de valors per explicar la configuració de les actituds actuals. Desde la separació entre esperit i natura dins la tradició judeo-cristiana, fins a la difusió d'una racionalitat purament instrumental (escola de Franckfurt), hom ha responsabilitzat a una gran diversitat de sistemes de valors en curs.

Altres experts han detectat, en canvi, un canvi secular de valors en algunes poblacions del món (el pas dels valors "materialistes" als "postmaterialistes"), el que explicaria el sorgiment de la sensibilitat ecològica.

Finalment, alguns psicòlegs han enfocat la qüestió des del punt de vista de la manera de pensar de la gent: una manera de pensar, avui, on predomina el curt termini i l'egocentrisme, sobre el llarg termini i l'interès col·lectiu.

Sigui quin sigui el procés de conformació d'actituds i creences, la majoria dels investigadors són de l'opinió de que juguen un paper clau a l'hora d'explicar el comportament humà respecte al medi ambient i, encara més, a l'hora de dissenyar qualsevol estratègia de resposta.

### **3.7. Avaluant el pes i la influència de cada força motriu**

Desgraciadament, hi ha encara poca recerca sobre el funcionament de les forces motrius que hem descrit i la manera en que contribueixen al canvi global.

Les raons d'aquesta manca d'estudi poden raure en que la demanda d'aquest tipus de recerca és molt recent, en que hi ha avui escasses dades sobre aquestes forces motrius a nivell mundial, i en que aquestes forces varien molt en relació al temps i a l'espai (79).

Això fa que l'evidència a nivell global sigui insuficient per a demostrar la validesa major o menor d'una variable. La recerca futura ens donarà, sens dubte, més indicadors.

D'altra banda, es tracta de forces fortament interrelacionades. No és possible atribuir a una sola d'aquestes variables un determinat tipus de canvi global.

Els debats sobre la deforestació ens ofereixen un bon exemple del que acabem de dir. Un estudi sobre les deforestacions en el segle XX indica que el canvi forestal a Tasmània va ser impulsat per les estructures canviants del capitalisme; al Sahel per una combinació de creixement demogràfic, la inadequada tecnologia indígena i les polítiques de tenència de les terres; i a la ex Unió Soviètica quasi exclusivament per la ineficàcia d'una planificació estatal centralitzada dels recursos (80).

## 4. SISTEMES HUMANS I CANVI GLOBAL

Les forces humanes motrius operen com a sistema. És a dir, s'interrelacionen i influencien unes a les altres de forma permanent. És el que anomenarem **sistemes humans**.

Però no sols s'interrelacionen amb la resta de variables humanes, sino que influeixen i són influïdes per forces motrius que provenen de la resta dels **sistemes naturals físics**.

Hi ha, doncs, una relació d'interdependència entre els sistemes humans i els sistemes naturals.

Explicarem aquí com funciona aquesta relació.

### 4.1. Els sistemes humans

L'home forma part de la biosfera. En aquest sentit cabria considerar els sistemes humans com a una part integrada dins els sistemes naturals físics.

Això no obstant, la contribució de l'acció humana al canvi global és de tal magnitud, que és útil separar els sistemes humans de la resta dels sistemes naturals, com si fossin conjunts relativament autònoms.

Els sistemes humans estan compostats per les **forces motrius** que ja hem descrit. Cadascuna d'aquestes es relaciona amb la resta a través d'una sèrie de **processos**: per exemple, el creixement de la població o les migracions afecten (procés) al factor de producció treball dins el sistema econòmic, en influir en el mercat de treball (oferta i demanda de feina).

Aquests processos tenen **ritmes temporals** molt diversos. N'hi ha que són molt ràpids, com els processos migratoris, que poden ocórrer en menys d'una generació. D'altres requereixen des d'una generació fins a la durada d'una vida humana, com els processos d'industrialització d'un país, que comporta, com a mínim, un període de 20 a 30 anys. N'hi ha, fins i tot de tant lents, que requereixen períodes més llargs que el d'una vida humana per a fer sentir els seus efectes.

### 4.2. Els sistemes naturals físics

Al primer capítol d'aquest llibre hem descrit els principals sistemes naturals físics.

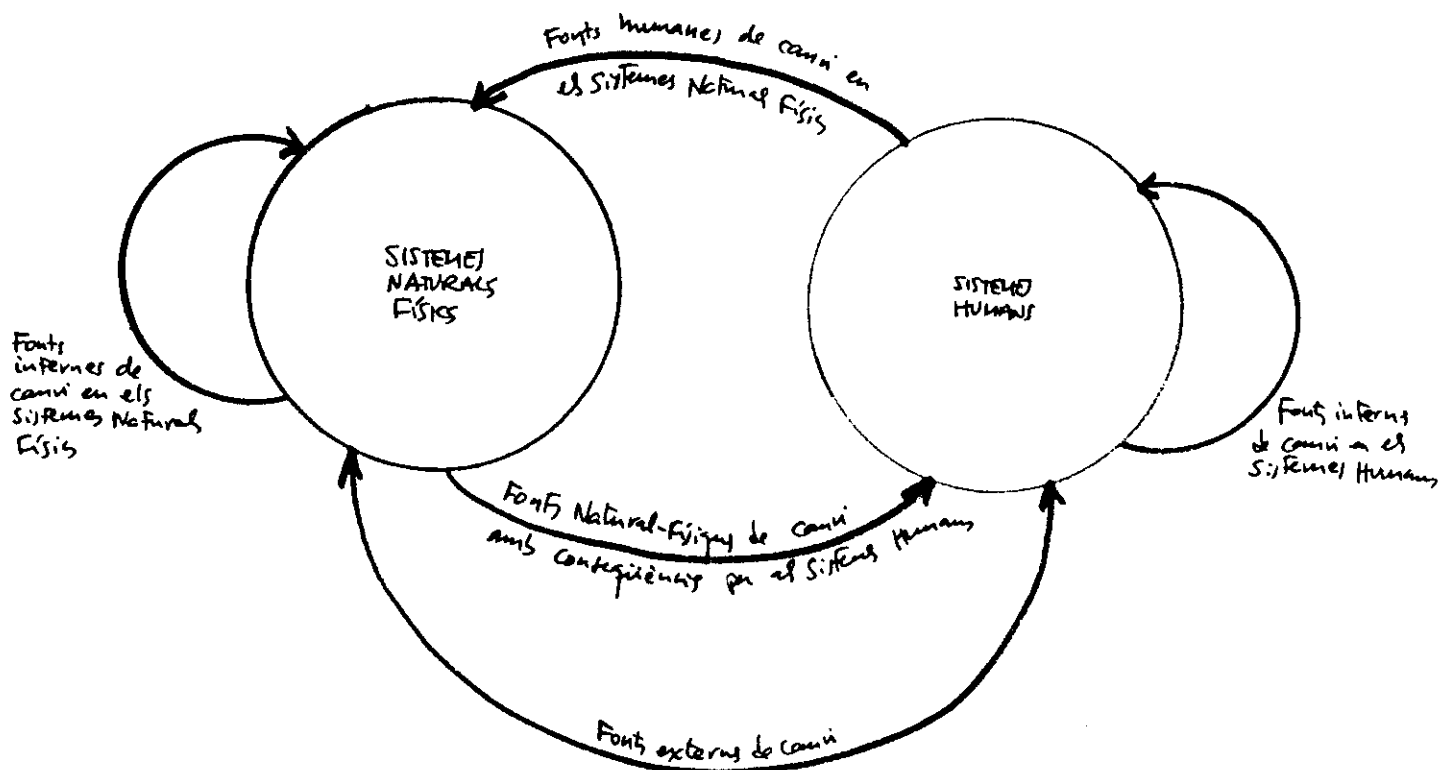
És important destacar aquí que aquests sistemes tenen unes característiques ben diferents a les dels sistemes humans. Així, als ulls dels científics socials, aquests sistemes són de difícil comprensió, doncs tenen interdependències complexes, freqüentment presenten respostes no lineals, poden implicar canvis irreversibles, s'expressen sovint amb llargs períodes de retard, i poden ser resultats de les interaccions de sistemes purament locals (84).

### 4.3. La dinàmica dels sistemes

Com indica William C. Clark (82), hi ha tres elements bàsics a considerar per a entendre la dinàmica d'aquests sistemes: les **interaccions** entre sistemes humans i sistemes naturals físics; els processos de **selecció** o de **tria** que els individus, els governs i les altres organitzacions fan per a alterar o gestionar aquestes interaccions; i els elements **culturals** i socials bàsics que configuren els processos d'interacció i de selecció.

#### 4.3.1. Interaccions entre sistemes humans i sistemes naturals físics

El següent gràfic il·lustra el funcionament d'aquestes interaccions:





Com podem veure, hi ha fonts o causes internes i externes del canvi ambiental.

Les **fonts internes** són aquelles que es produeixen a l'interior dels sistemes naturals físics o dels sistemes humans sense influències entre ambdós tipus de sistema. Com hem vist al primer capítol, hi ha un bon nombre de canvis operats en el sistema terrestre en els que no té res a veure l'activitat humana: el canvi de l'òrbita de la Terra en torn al sol, o les erupcions volcàniques en serien dos bons exemples. També dins els sistemes humans hi ha processos de canvi que no venen induïts per l'aparició d'una catàstrofe natural, sino per motius interns als mateixos, com poden ser els canvis poblacionals, per exemple.

Les **fonts externes** de canvi són les que es produeixen per la interacció entre ambdós sistemes. D'una banda, com hem vist, les activitats humanes són una font i una **causa** de canvi en els sistemes naturals físics. De l'altra, alguns canvis operats en aquests darrers afecten i tenen conseqüències per als sistemes humans.

L'home altera, com ja sabem, els fluxes d'energia i de materials entre els components del sistema terrestre. D'altra banda, l'impacte sobre les societats humanes dels canvis operats al nivell dels sistemes naturals vindran condicionats pels nivells de risc, d'exposició al perill, de vulnerabilitat i de capacitat de resposta d'aquestes societats.

Pel que fa a l'escala, a nivell temporal estem parlant aquí de períodes que van desde dècades a segles. L'escala espacial és la que va desde grans regions al món sencer.

#### 4.3.2. Els processos de tria i selecció

Els sistemes naturals físics responen d'una forma totalment reactiva a l'eventual intervenció humana. No passa el mateix en sentit contrari: els sistemes humans poden reaccionar de forma reactiva o de forma proactiva als canvis operats als sistemes naturals. En aquest cas la importància del procés de reflexió de l'home no tan sols sobre el seu passat, sinó també sobre les expectatives del seu futur, hi juga un paper decisiu.

En aquest procés de selecció o de tria, l'home opera amb els seus valors, les seves opcions i les seves percepcions. Els **valors** expressen el que la gent vol. Les **opcions** indiquen el que la gent pensa que pot realment aconseguir. Les **percepcions** ens diuen com la gent pensa que funciona el sistema terrestre, com i perquè creu que està canviant, i quina relació tenen aquests canvis amb les coses que els humans valoren.

### 4.3.3. El pes de les arrels

Hi ha, finalment, les arrels socials, culturals i històriques, que configuren els processos de tria i les interaccions esmentades.

Per a comprendre-les bé cal estudiar les característiques demogràfiques, organitzatives i econòmiques de cada societat. Com s'organitza la gent i com creixen i es distribueixen les persones i els diners.

### 4.4. El Diagrama d'Aspen: un esforç integrador

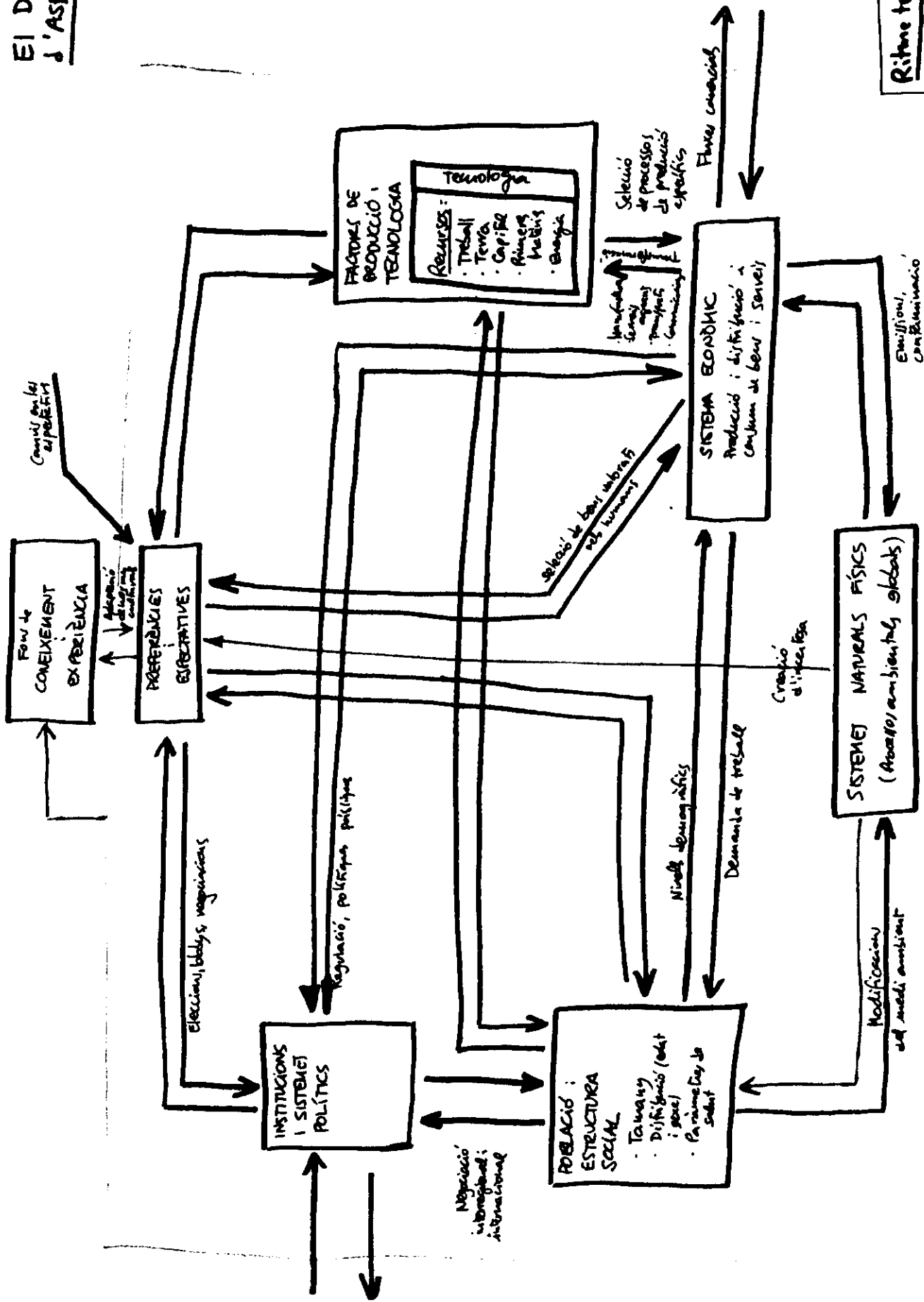
De l'1 al 6 d'agost del 1991 vaig tenir l'oportunitat de participar a Aspen (Colorado) en un Seminari, organitzat per l'Institut sobre el Canvi Global d'Aspen, dedicat a l'elaboració d'un "diagrama social" sobre la dimensió humana del canvi ambiental.

Es tractava de donar una rèplica al Diagrama de Bretherton, desenvolupant el que passava a dins la seva "caixa negra" dedicada a les accions humanes. Es volia posar a la pràctica els criteris expressats per William Clark i d'altres sobre la dinàmica dels sistemes. Es pretenia, finalment, contribuir als treballs de recerca del Programa "Dimensions Humanes" (HDP).

El Seminari fou patrocinat pel CIESIN i dirigit per Bill Kuhn, enginyer i professor de ciències atmosfèriques. Els professors Urs Luterbacher i Ellen Wiegandt presentaren la ponència introductòria i feren d'animadors de la discussió. Hi participaren experts de diverses Ciències Socials: antropòlegs (Frank Hole i Stephen Kowalewski), economistes (Jae Edmons, Frederic Pryor, Gary Yohe), demògrafs (Paul Demeny), especialistes en Ciència Política (Bruce Bueno de Mesquita, Christopher Achen) i experts en modelació (el físic Allan Din, i els propis Luterbacher i Wiegandt). Cadascú presentà aportacions desde la seva perspectiva d'estudi, i participà en el debat general del diagrama.

El resultat és el següent (3):

# El Diagrama d'Aspen



**Ritme temporal**

- Lent
- Moderat
- Ràpid

Aquest diagrama està compost per set forces humanes matrius, una sèrie de processos que lliguen aquestes entre si i amb els sistemes naturals físics, i una escala temporal diversa que assigna "tempos" diferents a cadascun d'aquests processos.

Hom confereix un paper central al fons de coneixement i d'experiència de les societats humanes. És aquest fons el que conforma les preferències concretes i les expectatives dels individus i les col·lectivitats, a través d'un procés d'adaptació de normes culturals. També els canvis en les expectatives, provinents de l'exterior, influeixen en la definició final de preferències i expectatives.

Aquestes preferències s'expressen i deixen sentir la seva influència en moltes direccions: en la configuració de les institucions i sistemes polítics (a través de les eleccions, els *lobbys* i les negociacions), en el sistema econòmic (a partir de la selecció dels bens que els humans valorem), en el sistema productiu i de tecnologia (a través de l'activitat humana dins les empreses, principalment), i en l'estructura poblacional (a través de decisions sobre la natalitat, per exemple)

Aquestes quatre forces motrius influeixen a la seva vegada sobre les expectatives i preferències de la gent. En efecte, les campanyes polítiques o les operacions de màrqueting condicionen opcions polítiques o econòmiques. Però també el tamany i distribució de la població existent determina les opcions i preferències dels individus, i la realitat dels recursos o del nivell tecnològic existents també influeix en les preferències de persones i organitzacions (uns recursos energètics abundants i barats poden generar, per exemple, conductes de consum intensiu d'energia).

Hi ha processos que són més obvis, com el que vincula (a través del mercat de treball i dels nivells demogràfics) la població amb el sistema econòmic, o el que vincula aquest darrer amb els factors de producció a través del procés de transformació dels recursos en bens i serveis.

També és prou conegut el procés que lliga els sistemes polítics amb els econòmics a través de les regulacions i les polítiques públiques d'una banda, i de la pressió dels grups econòmics d'interès de l'altra.

Pel que fa a les relacions amb els processos naturals físics, s'assenyala que tan sols dos forces motrius humanes hi tenen una relació directa: són la població i el sistema econòmic. La pressió i canvis d'estructura de les poblacions es considera que té un impacte de primer ordre en les modificacions ambientals. La contribució del sistema econòmic és

menys discutida: són les emissions i la contaminació que generen la producció i el **consum** de bens i serveis.

El Diagrama d'Aspen considera que els canvis globals operats en els sistemes naturals físics influeixen també el procés de definició de les preferències i les expectatives dels humans, a través de la creació d'incertesa.

### **Ritmes temporals diversos**

Tots aquests processos, però, no succeeixen a la mateixa velocitat. Un aspecte clau d'aquest diagrama és justament el diferent ritme temporal de cada procés.

Hi ha ritmes **ràpids** (negres al diagrama), que poden produir-se en períodes inferiors al d'una generació humana: la relació entre la població i els factors de producció, per exemple.

N'hi ha que tenen una **velocitat intermèdia** (blaus al diagrama): més d'una generació i fins al període de durada d'una vida humana. És el cas de la relació entre el sistema econòmic i els sistemes naturals físics, per exemple.

Finalment, hi ha processos **molt lents** (verd al diagrama): tarden més d'una vida humana a fer notar els seus efectes. Aquest és el ritme amb que els canvis globals en els sistemes naturals físics, es tradueixen en influència consistent en les preferències i expectatives humanes.

## NOTES DEL SEGON CAPÍTOL

1. MILLER, Roberta Balstad. **Las ciencias sociales y el desafío del cambio ambiental mundial**. Revista Internacional de Ciencias Sociales. Nº 130. UNESCO. Diciembre 1991.
2. Ibidem.
3. STERN, P., YOUNG, O., DRUCKMAN, D. (Eds.). **Global environmental Change. Understanding the Human Dimensions**. National Academy Press. Washington, D.C., 1992.
4. SCHIPPER, L., KETTOFF, A., i KAHANE, A. **Explaining residential energy use using international bottom up comparisons**. *Annual Review of Energy* Nº 10, 1985. Veure també SCHIPPER, L. **International Comparisons of Energy Efficiency**. Lawrence Berkeley Laboratory. Berkeley, California, 30 de Novembre del 1989.
5. HECHT, S.B. **Environment, development, and politics: Capital accumulation and the livestock sector im eastern Amazonia**. *World Development* Nº 13, Juny 1985. Veure també WORLD RESOURCES INSTITUTE. **Tropical Forests: A Call to Action**. World Resources Institute. Washington, D.C., 1985.
6. HARDIN, R. **Collective Action**. Johns Hopkins. Baltimore, Md. 1982.
7. CROSS, J.G., i GOYER, M.J. **Social Traps**. University of Michigan Press. Ann Arbor, Michigan, 1980.
8. BUTZER, K. **Cultural ecology**. Dins "Geography in America". Merrill. Columbus, Ohio, 1989. Veure també ELLEN, R. **Environment, Subsistence, and System: The Ecology of Small-scale Social Formations**. Cambridge University Press. New York, 1982.
9. BUTZER, H. **Early Hydraulic Civilization in Egypt: A Study in Cultural Ecology**. University of Chicago Press. Chicago, Illinois, 1976. Veure també: CRONON, W. **Changes in Land: Indians, Colonists, and the Ecology of New England**. Hill and Wang, New York, 1983; McEVOY, A.F. **The Fisherman's Problem: Ecology and Law in the California Fisheries, 1850-1980**. Cambridge University Press. New York, 1986; MERCHANT, C. **The realm, of social relations: Production, reproduction, and gender in environmental transformations**, dins TURNER, B. et al. (Eds.) *"The Earth as Transformed by Human Action"*. Cambridge University Press. New York, 1991; PYNE, S. **Fire in America**. Princeton University Press. Princeton, New Jersey, 1982; RABB, T.K. **Climate and society in history: A research agenda (with bibliography)**, dins CHEN, R.S. et al. (Eds.) *"Social Science Research and Climate Change: An Interdisciplinary Appraisal"*. Reidel. Dordrecht, Holanda, 1983; RICHARDS, J.F. **World environmental history and economic development**, dins CLARCK, W.C. et al. (Eds.) *"Sustainable Development of*

*the Biosphere*." Cambridge University Press. New York, 1986; PFISTER, C., i BRIMBLECOMBE, P. **The Silent Countdown**. Springer Verlag, 1990.

10. BLAIKIE, P., i BROOKFIELD, H.C. **Land Degradation and Society**. Methuen. London, 1987. Veure també: NETTING, R. **Hill Farmers of Nigeria: Cultural Ecology of the Kofyar of the Jos Plateau**. University of Washington Press. Seattle, Washington, 1968; RAPPAPORT, R.A. **Pigs for the Ancestors: Ritual in the Ecology of a New Guinea People**. Yale University Press. New Haven, Conn., 1967; TURNER, B., i BRUSH, S. **Comparative Farming Systems**. Guilford Press. New York, 1987; ROSA, E., MACHLIS, G., i KEATING, K. **Energy and society**. *Annual Review of Sociology*, Nº 14, 1988.

11. BORDEN, R.J. et. al. (Eds.). **Human Ecology: Research and Applications**. Society of Human Ecology. College Park, Mariland, 1988; Veure també: DIETZ, T., i BURNS, T. **Human agency in evolutionary theory**, dins WITTRICK, B. (Ed.) "Agency in Social Theory". Sage. London, 1991; DIETZ, T. et. al. **Evolutionary theory in sociology: An examination of current thinking**. *Sociological Forum*, Nº 5, 1990.

12. BARNETT, H., and MORSE, C. **Scarcity and Growth: The Economics of Natural Resource Availability**. The Johns Hopkins Press for Resources for the Future. Baltimore, Md. 1963. Veure també: SMITH, V. **Scarcity and Growth Reconsidered**. Johns Hopkins Press for Resources for the Future. Baltimore, Md. 1979.

13. KNEESE, A., i RUSSELL, C. **Environmental economics**, dins EATWELL, J. et. al. (Eds.) "The New Palgrave: A Dictionary of Economics", Volum 2. Macmillan London, 1987.

14. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Confronting Climate Change: Strategies for Energy Research and Development**. Committee on Alternative Energy Research and Development Strategies. Energy Engineering Board. Commission on Engineering and Technical Systems. National Academy Press. Washington, C.C., 1990.

15. MARTINEZ ALIER, Joan, i SCHLÜPMANN, K. **La ecología y la economía**. Textos de Economía. Fondo de Cultura Económica. México, 1991.

16. EMEL, J., i PEET, R. **Resource management and natural hazards**, dins PEET, R., i THRIFT, N. (Eds.) "New models in Geography: The Political-Economy Perspective". Unwin Hyman. London, 1989. Veureu també: SCHMIDHEINY, S. **Changing Course. A Global Business Perspective on Development and the Environment**. The MIT Press. Cambridge Massachussets. London, England, 1992.

17. WHYTE, A., i BURTON, I. **Environmental Risk Assessment**. SCOPE Nº 15. John Wiley & Sons. Chichester, 1980.

18. AITKEN, S.C. et. al. **Environmental perception and behavioral geography**, dins GAILE, G., i WILMOTT, C. (Eds.) "Geography in America". Merrill. Columbus, 1989. Veureu també: FISCHHOFF, B., i FURBY, L. **Psychological dimensions of climatic change**, dins CHEN, R. et. al. (Eds.)

*"Social Science Research and Climate Change: An Interdisciplinary Appraisal"*. Reidel. Dordrecht, Holanda, 1983; WHYTE, A. **Perception**, dins KATES, R. et al. (Eds.) *"Climate Impact Assessment: Studies of the Interaction of Climate and Society"* SCOPE Nº 27. John Wiley & Sons. Chichester, 1985; GOLLEDGE, R. **Environmental cognition**, dins STOKOLS, D., i ALTMAN, I. (Eds.) *"Handbook of Environmental Psychology"* Wiley. New York, 1987.

19. PAWLIK, Kurt. **The Psychology of Global Environmental Change: Some Basic Ideas and an Agenda for Cooperative International Research**, dins PAWLIK, K. (Ed.) *"The Psychological Dimensions of Global Change"*, International Journal of Psychology. International Union of Psychological Science. Volume 26. Nº 5. Lawrence Erlbaum Ltd. East Sussex, U.K., 1991.

20. MARTINEZ ALIER, Joan. **Temes d'història econòmico-ecològica**. Universitat Autònoma de Barcelona. Gener 1992. Vegeu també MARTINEZ ALIER, Joan. **De la economia ecològica al ecologismo popular**. Icaria. Barcelona, febrer 1992.

21. MORRISON, D. **The environment movement**, dins DUNLAP, R., i MICHELSON, W. (Eds.) *"Handbook of Environmental Sociology"* Greenwood. Greenwich, Conn., 1991.

22. DUNLAP, R., i JONES, R. **Public opinion and attitudes toward environmental issues**, dins "DUNLAP, R., i MICHELSON, W. (Eds.) *"Handbook of Environmental Sociology"* Greenwood. Greenwich, Conn., 1991.

23. SCHANAIBERG, A. **The political economy of environmental problems and policies: consciousness, conflict, and control capacities**, dins DUNLAP, R., i MICHELSON, W. (Eds.) *"Handbook of Environmental Sociology"* Greenwood. Greenwich, Conn., 1991.

24. BAUM, A., i PAULUS, P. **Crowding**, dins STOKOLS, D., i ALTMAN, I. *"Handbook of Environmental Psychology"* Wiley. New York, 1987.

25. STERN, P., i OSKAMP, S. **Managing scarce environmental resources**, dins STOKOLS, D., i ALTMAN, I. *"Handbook of Environmental Psychology"* Wiley. New York, 1987.

26. KNEESE, A., i RUSSELL, C. **Environmental economics**, dins EATWELL, J. et al. (Eds.) *"The New Palgrave: A Dictionary of Economics"* Macmillan. London, 1987.

27. MILLER, Roberta. **Las ciencias sociales y el desafío del cambio ambiental mundial**, dins *"Cambios en el medio ambiente planetario"*. Revista Internacional de Ciencias Sociales, Nº 130. Diciembre 1991.

28. BURTON, I. et al. **The Environment as Hazard**. Oxford University Press. New York, 1972. Veure també: MITCHELL, J. **Hazards research**, dins GAILE, G., i WILMOTT, C. (Eds.) *"Geography in America"* Merrill. Columbus, Ohio, 1989; MILETI, D., i NIGG, M. **Natural hazards and disasters**, dins DUNLAP, R., i MICHELSON, W. (Eds.) *"Handbook of Environmental Sociology"* Greenwood. Greenwich, Conn., 1991.



29. KOTLYAKOV, V. et. al. **Global change: Geographic approaches (A review)**. Proceedings of the National Academy of Sciences (USA), Nº 85. 1988. Veure també: PARRY, M. et. al. (Eds.) **The Impact of Climatic Variation on Agriculture**. Kluwer. Dordrecht, Holanda, 1988.
30. ARIZPE, Lourdes. **El cubo global**, dins "*Cambios en el medio ambiente planetario*". Revista Internacional de Ciencias Sociales, Nº 130. Diciembre 1991.
31. ARIZPE, L. **El cubo global**. Op. cit.
32. Ibidem.
33. MILLER, R., i JACOBSON, H. **Research on the human components of global change: next steps**. Discussion papers Nº 1. Human dimensions of global environmental change programme. Barcelona, 1992.
34. MILLER, R. **Las ciencias sociales y el desafío del cambio ambiental mundial**. Revista Internacional de Ciencias Sociales, Nº 130. Diciembre 1991.
35. RHIND, D. **Sistemas de información geográfica y problemas ambientales**, dins "*Cambios en el medio ambiente planetario*", Nº 130. Revista Internacional de Ciencias Sociales, Nº 130. Diciembre 1991.
36. MILLER, R. **Las ciencias sociales y el desafío del cambio ambiental mundial**. Op. cit.
37. Ibidem.
38. MILLER, R., i JACOBSON, H. **Research on the human components of global change: next steps**. Op. cit.
39. EDMONS, James. **A state-of-the-art report on social sciences and global environmental change**. Battelle, Pacific Northwest Laboratory, Suite 900, 901 D Street, Southwest, Washington, D.C. 20024. Document no publicat, 1991.
40. MILLER, R., i JACOBSON, H. **Research on the human components...** Op. cit.
41. WORCESTER, R., i BARNES, S. **Dynamics of Societal Learning About Global Environmental Change**. HDGEC Programme. International Social Science Council. Paris, Octubre 1991. Vegeu també: CLARKE, J., i RHIND, D. **Population Data and Global Environmental Change**. HDGEC Programme. ISSC. Paris, 1992.
42. Veure Annex al final d'aquest llibre: **Científics socials catalans que fan recerca i docència en medi ambient i canvi global**. Hi ha una fitxa amb les recerques desenvolupades per cada persona.
43. ARIZPE, L. **El cubo global**. Op. cit.
44. Ibidem.

45. MILLER, R., i JACOBSON, H. **Research on the human components...** Op. cit.
46. ARIZPE, L. **El cubo global.** Op. cit.
47. CLELAND, J., i SCOTT, C. (Eds.) **The World Fertility Survey: An Assessment.** Oxford University Press. New York, 1985.
48. MILLER, L., i JACOBSON, H. **Research on the human components...** Op. cit.
49. Ibidem.
50. MILLER, R. **Las ciencias sociales y el desafío del cambio ambiental mundial.** Op. cit.
51. Vegeu MUNN, **Avaluació de l'impacte ambiental.** SCOPE Nº 5, 1975; KATES, **Avaluació dels perills ambientals.** SCOPE Nº 8, 1978; WHYTE i BURTON, **Avaluació de riscos ambientals.** SCOPE Nº 27, 1980; KATES et. al. **Avaluació de l'impacte del clima.** SCOPE Nº 27, 1985; BOLIN et. al. **L'efecte hivernacle, el canvi climàtic i els ecosistemes.** SCOPE Nº 29, 1986.
52. LA RIVIÈRE, J. **Cooperación entre especialistas en ciencias naturales y en ciencias sociales en la investigación sobre el cambio mundial: imperativos, realidades y oportunidades.**, dins "*Cambios en el medio ambiente planetario*". Revista Internacional de Ciencias Sociales, Nº 130, Diciembre 1991.
53. WHITE, G., BRADLEY, D., i WHYTE, A. **Draws of Water.** Chicago University Press. Chicago, 1972.
54. LA RIVIÈRE, J. **Cooperación entre especialistas...** Op. cit.
55. Ibidem. Veure també: JACOBSON, H. **Difficulties and Benefits of Integrating Scientific Disciplines to study Global Environmental Change**, dins "*Sustainable Development, Science and Policy, the Conference Report*". Science International Nº 41, 1990.
56. LA RIVIÈRE, J. **Cooperación entre especialistas...** Op. cit.
57. ANDRESKI, S. **Social Sciences as Sorcery.** André Deutsch. Londres, 1972.

58. FYFE, W.S. **The environmental Crisis: Quantifying Geosphere Interactions.** *Science* Nº 213, 1981. Veure també: BENDER, F.K. **Mineral Resources Availability and Global Change.** *Episodes* Nº 9, 1986.
59. HALL, D.O. et al. **Biomass for Energy in the Developing Countries.** Pergamon, Oxford, 1982.
60. BRAATZ, B. i EBERT, C. **Human Activities Affecting Trace Gases and Climate.** Dins LASHOF, D. i TIRPAK, D. (Eds.) *Policy Options for Stabilizing Global Climate.* US Environmental Protection Agency, Washington, D.C., 1989.
61. HUSAR, R. **Emissions of Sulfur Dioxide and Nitrogen Oxides and Trends for Eastern North America.** Dins NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Acid Deposition: Long Term Trends* National Academy Press, Washington, D.C., 1986.
62. LASHOF, D. i TIRPAK, D. (Eds.) **Policy Options for Stabilizing Global Climate.** US Environmental Protection Agency, Washington, D.C., 1989.
63. F.A.O. **The Tropical Forestry Action Plan** FAO Roma, 1987.
64. WORLD RESOURCES INSTITUTE/II.E.D. **World Resources 1987** Basic Books, New York, 1987. Veure també: WORLD RESOURCES INSTITUTE/II.E.D./U.N.E.D. **World Resources 1988-89** Basic Books New York, 1988.
65. BURKE, L. **Technical Options for Reducing Greenhouse Gas Emissions: Agriculture.** Dins LASHOF, D. i TIRPAK, D. (Eds.) *Policy Options for Stabilizing Global Climate* US Environmental Agency, Washington, D.C., 1989.
66. BRAATZ, B. i EBERT, C. **Human Activities Affecting...** Op. cit.
67. STERN, P. et al. **Global environmental Change: Understanding the human dimensions.** Op. cit.
68. *Ibidem.*
69. Per al diòxid de carboni i el metà, WATSON, R. et al. **Greenhouse gases and aerosols.** Dins HOUGHTON, J. et al. (Eds.) *Climate Change: The IPCC Assessment.* Cambudge University Press, New York, 1990. Per a l'òxid nítrós, NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES **Policy implications of greenhouse warming.** National Academy Press, Washington, D.C., 1991.
70. WATSON, F. et al. **Greenhouse gases and aerosols.** Op. cit.
71. U.S. OFFICE OF TECHNOLOGY ASSESSMENT. **Changing by degrees: Steps to reduce greenhose gases.** U.S. Government Printing Office Washington, D.C., 1991
72. Resum de les taules i fonts ja esmentades

73. U.S. OFFICE OF TECHNOLOGY ASSESSMENT. **Changing by degrees...** Op. cit.
74. TURNER, B. **La utilización de la tierra y la capa terrestre superficial en el contexto del cambio ambiental mundial: algunas ideas para su estudio.** Revista Internacional de Ciencias Sociales Nº 130. Diciembre 1991. Veure també TURNER, B. et. al. Human driving forces of global environmental change: The macro-scale approach. Research Paper L. Clark University, 1990.
75. STERN, P. et. al. (Eds.) **Global environmental change: Understanding...** Op. cit.
76. Les conclusions estan en curs de publicació per part del CESEIN.
77. WORLD BANK. **World Development Report 1989.** Oxford, New York, 1989. UNITED NATIONS. **Intergovernmental Committee on Science & Technology for Development. Innovations for development. The Futuris** Nº 23, 1989.
78. Ibidem.
79. STERN, P. et. al. (Eds.) **Global...** Op. cit.
80. DARGAVEL, J. **Changing capital structures, the state, and tasmanian forestry** 1988. THOMSON, J. **Deforestation and desertification in tewenty-century arid sahelian Africa** 1988. BARR, E. **Perspectives on deforestation in the USSR.** Dins RICHARDS, J. *World deforestation in the twentieth century.* Duke University Press, Durham, N.C.
81. STERN, P. et. al **Global...** Op. cit.
82. CLARK, W. **The Human Dimensions of Global Environmental Change.** Dins COMMITTEE ON GLOBAL CHANGE (U.S.) *Towards an understanding of global change: Initial priorities for the US contributions to the IGBP.* National Academy Press, Washington, DC, 1988.
83. El diagrama i les ponències dels participants estan en vies de publicació pel CIESIN.

### 3. LA POBLACIÓ I L'US SOCIAL DELS RECURSOS

Hi ha pocs dubtes de que el recent i molt ràpid creixement de la població humana, i el seu augment previsible en el futur, constitueix una força motriu que afecta l'ús global dels recursos, i que, unit als models tecnològics i de consum, contribueix al canvi ambiental global.

En efecte, sembla molt probable que la població mundial pugui doblar la seva dimensió actual abans d'acabar el proper segle XXI. Més éssers humans signifiquen més sol·licituds de recursos naturals per a assegurar-ne la vida, i això vol dir més ús d'uns recursos naturals que són limitats, i més pressió negativa sobre el medi ambient.

Si tenim en compte que el 90 % d'aquest creixement es produirà als països pobres, la preocupació creix. En efecte, aquests països estan exposats a un ritme de creixement demogràfic elevat en relació al seu feble ritme de creixement econòmic i a les seves escasses possibilitats educatives i sanitàries. En aquests països, els governs sobreexploten sovint els seus recursos naturals en un esforç per eixugar els forts deutes, i la població més pobre sense terres de conreu es veu obligada a talar els boscos i a degradar els sòls marginals si vol alimentar les seves famílies.

Un altre factor agreujant és la concentració de la població humana en les grans ciutats, situades cada cop més als països pobres. Les conseqüències negatives per al medi ambient de la vida urbana en aquests països són molt nombroses.

La mida, la distribució i la mobilitat de les poblacions del món constitueixen, doncs, un aspecte clau a analitzar a l'hora d'avaluar l'impacte de l'acció humana sobre el canvi global.

Però és també clar, que aquest factor no pot ser considerat tot sol. Un nou nat als Estats Units consumirà en el futur, d'acord amb els nivells actuals, 35 vegades més energia que un nou nat a l'Índia. Això significa que és imprescindible considerar la relació que existeix entre la població i l'ús social dels recursos.

Hom ha assenyalat que la càrrega total que representa una societat humana sobre els sistemes ecològics que li donen suport està en funció de tres factors: el tamany de la població, el consum mig, i el nivell de les tecnologies que fa servir l'economia per a proporcionar bens i serveis (1). El nivell de consum està, al seu torn, afectat per molts aspectes, entre els que destaca l'organització del sistema econòmic.

També l'afecten factors de tipus cultural i polític, com veurem en capítols posteriors.

En aquest capítol descriurem, en primer lloc, l'**evolució soferta per la població mundial** en el passat i discutirem algunes de les estimacions efectuades sobre la seva previsible evolució futura. Comptarem, així, amb un marc de referència quantitatiu per saber de què parlem quan parlem del creixement de la població, de la seva distribució per edats o per regions, del procés d'urbanització i dels moviments migratoris.

En segon lloc, discutirem la **relació existent entre la població i els recursos**. Definirem el que s'entén per recursos i en descriurem les seves diferents característiques. Discutirem dos models que tracten d'explicar la relació entre població i recursos: el model biològic bàsic i el model de la teoria de la transició demogràfica. Descriurem també les diferents teories sobre la *capacitat de sustentació* de la Terra, així com les crítiques que s'hi han formulat. Finalment aludirem al concepte d'ús de recursos per càpita i d'Impacte Poblacional Global.

Posteriorment, ens aturarem a analitzar l'**organització del sistema econòmic mundial** i el **desigual accés als recursos** que tenen les diverses poblacions del món. Per a fer-ho, partirem dels canvis operats en el comerç mundial de productes alimentaris i, més concretament, del mercat internacional del grà. Posteriorment, descriurem com tant la pobresa com la riquesa són avui font d'esgotament de recursos naturals i de degradació ambiental. Finalment, plantejarem les bases del debat existent en torn al creixement econòmic com a base de resolució dels problemes del canvi global, així com els fonaments de la crítica de l'economia ecològica.

En quart lloc, plantejarem les diferents hipòtesis existents sobre la importància relativa de la **tecnologia** en la relació existent avui entre la població i els recursos.

Acabarem el capítol amb un resum de les principals **posicions teòriques** sobre el futur d'aquestes relacions entre la població i els recursos en el contexte del canvi global en el medi ambient.

## 1. L'EVOLUCIÓ PASSADA I PREVISIBLE DE LA POBLACIÓ MUNDIAL

Per entendre bé el que direm, pot ser oportú definir per endavant alguns conceptes demogràfics.

Així, el **creixement demogràfic** es calcula restant el nombre absolut de morts del nombre absolut de naixements. La xifra resultant es relaciona amb la població total per a obtenir la **taxa o percentatge de creixement**. Sabrem, així si el tamany de la població puja o baixa, i a quin ritme.

La **taxa de natalitat** (també anomenada "**bruta**" o "**absoluta**") és l'equivalent a dividir el nombre de naixements d'un any per la població total del mateix any (mesurada a la meitat de l'any), i multiplicar-ho per mil. Mesura quanta gent neix.

La **taxa de fecunditat** relaciona, en canvi, el nombre de naixements de mares amb edat de reproducció (convencionalment, de 15 a 49 anys), amb el nombre total de mares potencialment reproductores. Divideix el primer concepte pel segon, i el multiplica, també, per mil. En altres paraules, mesura el nombre de fills per dona en edat de tenir-ne.

La **taxa de mortalitat** relaciona, al seu torn, el nombre de defuncions ocorregudes durant l'any, amb la població total mesurada a la meitat de l'any. El primer concepte dividit pel segon, i multiplicat per mil. Mesura quanta gent mor.

La **taxa de mortalitat infantil** divideix el nombre de nens menors d'un any d'edat morts durant l'any, per la població total de nens d'aquesta edat (mesurada a la meitat de l'any), i ho multiplica per mil.

Finalment, hom parla de la **inèrcia de la població**, per indicar el pes de l'estructura d'edats en la natalitat i fecunditat d'un país. En efecte, atès que les nenes recent nascudes tarden un mínim de quinze anys en arribar a l'edat de reproducció, els eventuais descensos actuals de fecunditat, per exemple, poden no traduir-se en disminucions de la natalitat absoluta fins després d'uns anys. O a l'inrevés.

## **1.1. QUANTS SEREM?**

Abans d'entrar en qualsevol altra consideració, és important estimar el que pot ser el creixement global de la població mundial.

Per a fer-ho, analitzarem primer el que ha passat fins ara. És a dir, l'evolució de la població des dels orígens de l'home fins avui, detallant les raons que han fet possible aquesta evolució. Explicarem aquí el funcionament de la *teoria de la transició demogràfica*

En segon lloc, descriurem diversos escenaris possibles de creixement futur de la població. Exposarem les principals fonts de dades disponibles i els seus límits, així com la força de la *inèrcia* de la població, per descriure posteriorment els resultats concrets d'aquestes previsions. Finalment, analitzarem la sensibilitat d'aquests d'aquests escenaris a diversos canvis en les hipòtesis relatives a l'evolució de la mortalitat i de la fecunditat.

### **1.1.1. Què ha passat fins ara?**

#### **a. El creixement de la població: un fenomen recent**

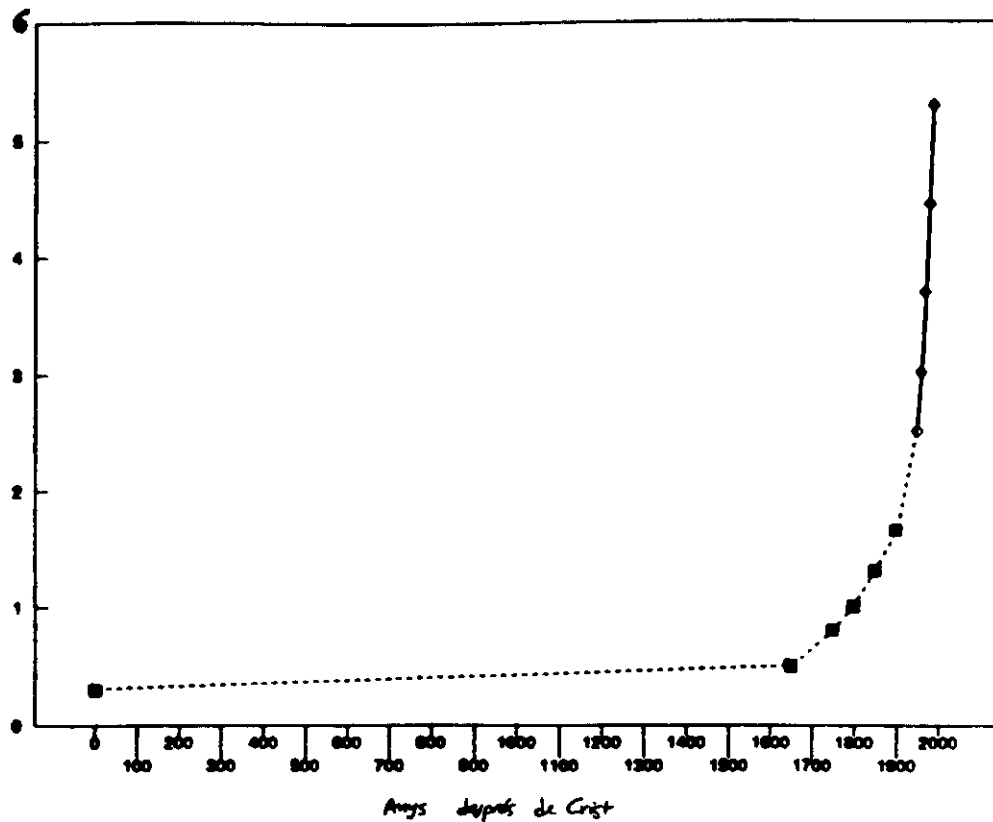
L'augment ràpid de la població mundial és un fenomen molt recent en la història de la humanitat. Un fenomen que té tan sols 250 anys de vida.

En efecte, l'evolució de la mida de la població, tal com la podem reconstruir avui, ofereix un perfil d'aquesta mena, des de l'any zero de la nostra era (la mort de Crist, ara fa uns dos mil anys (2):



## Evolució de la població mundial : anys 0-2.000 .

Milers  
de milions  
de persones



Gràfic N°1

Com acabem de veure, fins al segle XVIII de la nostra era el creixement de la població de la Terra no comença a emprendre el vol d'una forma molt acusada i ràpida.

Fins aquella data, la població humana fou reduïda i amb creixements molt lents. Així, hom estima que durant la **prehistòria** (és a dir, al voltant dels 10.000 anys abans de Crist), la població del planeta era d'uns 6 milions de persones. La vida era curta i era freqüent que acabés en mort violenta. Hi observem fluctuacions importants, en la gènesi de les quals els canvis climàtics semblen haver jugat un paper fonamental.

Hom ha afirmat que en aquesta època prehistòrica, hi havia un "cercle tancat" o "cercle viciós" d'autoregulació de la població humana. Quan l'home era encara caçador i recolector, amb prou feines aconseguia adaptar-se al seu entorn. Les seves armes i la seva tecnologia mai foren prou avançades com per a permetre-li destruir les fonts de la nutrició humana. La fam, la desnutrició, les epidèmies i les batalles amb altres humans i amb animals salvatges feien decreïxer la població humana amb certa regularitat. Constituïen factors reguladors semblants als que operen amb altres espècies animals (3).

## **b. La revolució agrària del neolític**

Aquesta situació no fou ja la mateixa després de la revolució agrària del neolític, 10.000 anys abans de Crist, que introduí el conreu del sòl i la domesticació d'animals. El sorgiment de l' agricultura permeté a la població humana superar de forma permanent les seves antigues limitacions i "obrir" el cercle viciós en que es trobava. També, a un altre nivell, començà aleshores el malmetement humà de la natura, especialment a través de l'erosió del sòl (4).

Amb la introducció de l'agricultura, la població humana es multiplicà varies vegades i el límit dels recursos, imposat per l'ecosistema o els caçadors-recolectors, augmentà considerablement. Hom ha estimat que els sis milions d'habitants de la Terra abans de l'aparició de l'agricultura, es convertien en 250, aproximadament, en començar la nostra era (5).

Hi ha un cert nivell de discussió sobre les raons que expliquen aquest primer procés de transformació demogràfica. La teoria clàssica (6) ho atribueix al millor nivell nutritiu garantitzat pel sistema agrari i ramader i a la disminució de l'estres nutritiu relacionat amb la inestabilitat del clima i les estacions. Aquests factors farien disminuir la mortalitat, el que explicaria el creixement poblacional.

Teories antropològiques més recents han abonat la tesi de que aquest creixement es fruit d'un augment de la fecunditat i no pas de la disminució de la mortalitat (7). De fet, aquesta hauria augmentat, degut especialment a les majors possibilitats de malalties infeccioses que suposaren el desenvolupament de l'agricultura i la major densitat poblacional, i, a més, per la pitjor qualitat dels aliments. La fecunditat creixeria degut al el menor "cost" de la criança dels infants i les majors possibilitats d'escurçar el període entre embarços que suposava la vida sedentària respecte a la vida dels caçadors i recolectors.

Sigui per efecte de la caiguda de la mortalitat o de l'increment de la fecunditat, o d'una probable combinació d'ambdós factors, el fet cert és que la revolució agrària constitueix el primer gran avenç tecnològic amb conseqüències transcendents per la població i sobre els recursos i el seu ús per part dels humans.

## **c. L'explosió demogràfica contemporània**

El procés de creixement poblacional de la revolució agrària fou, però, molt lent i desigual, des del seu inici al Proper Orient, la Xina i Mesoamèrica.

No és fins a la Revolució Industrial que s'inicia el que hom ha anomenat "explosió demogràfica", és a dir, el creixement molt ràpid de la població mundial, com podem veure al gràfic nº 1. Aquest

fenòmen ha estat estudiat pels demògrafs que n'han elaborat una doctrina: la *teoria de la transició demogràfica*.

El fet és que, desde l'any 1700, la població del món no ha deixat de créixer a un ritme cada dia major fins a la dècada del 1970. L'any 1830 va veure arribar el primer miler de milions d'habitants. Els posteriors milers de milions s'hi han afegit a un ritme cada cop més veloç: 2.000 milions (any 1930), 3.000 milions (any 1.960), 4.000 milions (any 1975) i 5.000 milions (any 1987). Hom estima (8) que assolirem els 6.000 milions l'any 1997.

El temps que passa per afegir un miler de milions adicional ha estat, fins ara, cada cop més breu. Dels cent anys que calgueren per afegir el segon miler de milions (1830-1930), hem passat als deu anys que hom estima que bastaran per afegir el sisé miler de milions (1987-1997).

Pero deturem-nos un moment a analitzar com s'ha produït aquest proces de ràpid creixement. Veïem que diu la *teoria de la transició demogràfica*.

#### **d. Les societats de l'Antic Règim: ineficients i desordenades**

Situem-nos, com a punt de partida, a les societats europees de l'Antic Règim, anterior a la Revolució Industrial. Eren unes societats que, des del punt de vista demogràfic, hom ha definit com a ineficients i desordenades (9)

**Ineficients**, doncs per obtenir un baix nivell de creixement de la població, necessitaven una gran quantitat **d'energia demogràfica**: les dones havien de tenir una mitja de 6 fills per a poder arribar al nivell de reemplaçament generacional. Això era així, degut a que entre la meitat i la tercera part dels nascuts morien abans d'arribar a l'edat reproductiva. Hom parla d'ineficiència, equiparant el sistema demogràfic al funcionament d'una màquina vella: necessita molt combustible (naixements) per a obtenir un baix rendiment (creixement de la població), malmetent en el procés una gran quantitat d'energia productiva (morts).

El sistema no sols era ineficient, sinó que era també **desordenat**. Això vol dir que molt sovint es subvertia l'ordre natural de precedència, és a dir, que el fill moria abans que el pare, i el net abans que l'avi. L'alt risc de mort i les catàstrofes freqüents n'eren la causa.

### e. Cap a l'eficàcia i l'ordre demogràfics

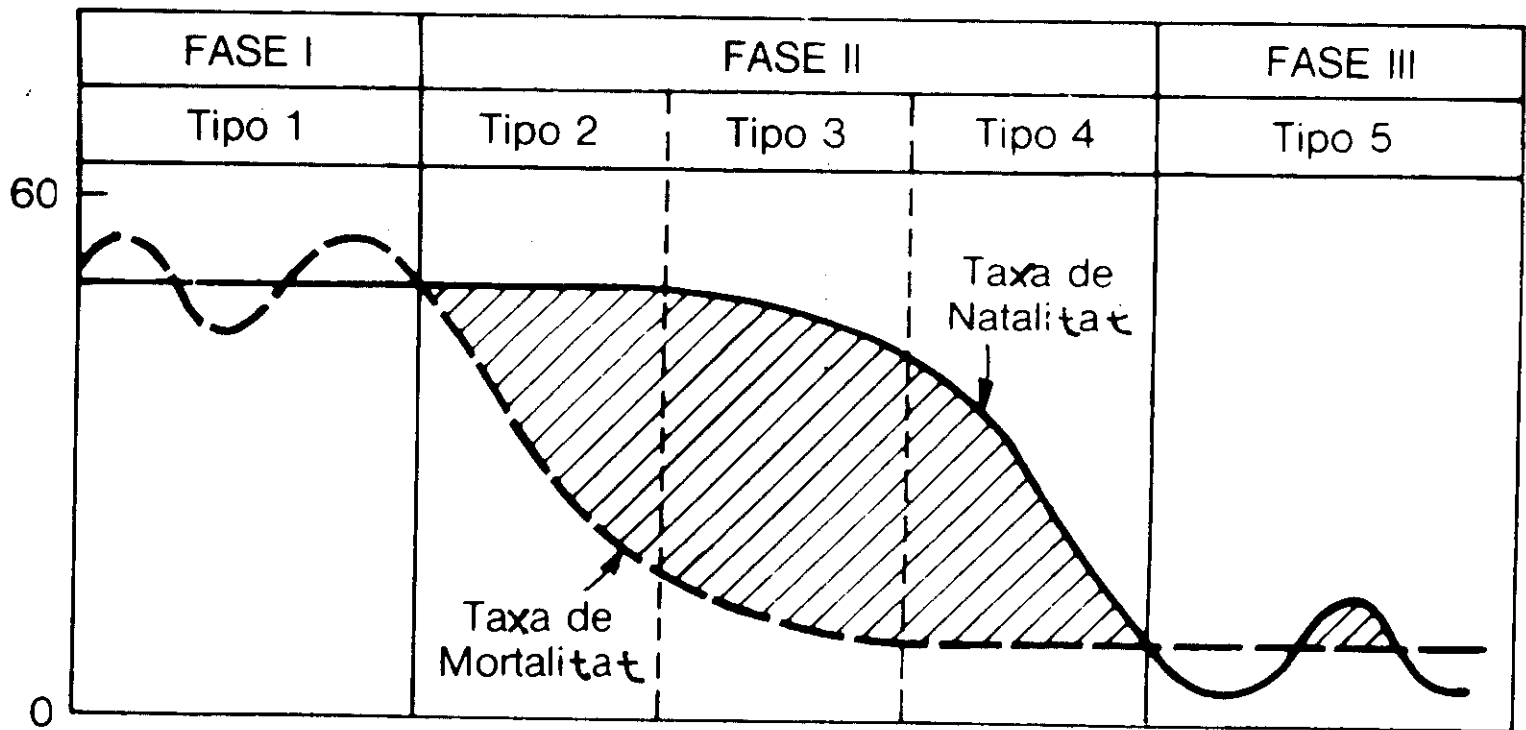
El procés de la *transició demogràfica* significa, des d'aquesta perspectiva, el pas de la dispersió a l'eficàcia i des del desordre a l'ordre.

En dos-cents anys, Europa ha vist nèixer, desenvolupar-se i concloure el seu procés de transició demogràfica. En aquests dos segles, ha multiplicat per quatre la seva població, ha elevat l'esperança de vida dels 25-30 anys fins als 70-75 anys, ha vist reduïda la fecunditat de 5 a menys de 2 fills per dona, i les taxes de natalitat i de mortalitat han baixat dràsticament des d'un nivell de 30-40 naixements / morts per mil habitants fins a un nivell de 10 per mil cada any (10).

Aquesta transició demogràfica, que a Europa s'inicià amb la Revolució Industrial, està avui en curs a molts països del món i s'està tan sols iniciant a d'altres.

El procés de transició demogràfica pot resumir-se en aquest gràfic (11):

Gràfic N° 2



 Creixement Demogràfic

Veiem el detall d'aquest procés.

#### **f. El motor del canvi: la caiguda de la mortalitat**

En el procés de transició demogràfica, el descens de la mortalitat precedeix, en general, a la disminució de la natalitat. Sols quan les poblacions percebeixen un cert nivell de seguretat en front de la mort, semblen entrar en funcionament els diversos i complexos factors que condueixen a la disminució progressiva de la fecunditat (nombre de fills per dona) que condueix finalment al descens de la natalitat (nombre absolut de naixements).

Els canvis en la taxa de mortalitat constitueixen, així, el factor fonamental en el creixement de la població. Són el motor del canvi.

Les raons d'aquest descens de la mortalitat rauen principalment en les millores experimentades en la **medicina** i el **control de les malalties**, d'una banda, i en els **progressos en l'organització econòmica i social** de l'altra, que ha garantitzat, entre altres coses, la seguretat alimentària

Des tènues parts de la millora de l'esperança de vida experimentada a Anglaterra i Itàlia durant el seu procés de transició, foren degudes al millor control de les malalties infeccioses, respiratòries e intestinals, especialment durant els 15 primers anys de vida de l'individu.(12).

Aquesta important disminució de la mortalitat ha estat (o està essent ara mateix) possible als països més pobres, degut a l'ús de **tècniques de tractament massiu**, com les vacunes o els antisèptics. Aquestes tècniques no són avui gaire cares, no requereixen molt personal qualificat i no fan necessària la implicació activa de tota la població. En aquest darrer aspecte, són diferents de les tècniques de control de la natalitat o dels projectes econòmics, que sí solen fer necessària aquesta implicació (13).

Aquests factors, units a la major facilitat d'importació de les tècniques sanitàries, expliquen que el procés de reducció de la mortalitat es produeixi avui més ràpidament als països pobres que estan en el procés de transició, que no ho fou a Europa en el seu moment: als europeus els costà més de segle i mig augmentar la seva esperança de vida dels 30 als 60 anys, mentre que alguns països pobres avui ho aconseguen en escassament mig segle.

També contribueixen a la disminució de la mortalitat, la **millor organització econòmica i social**. És evident que més aliments, més vestits, millors cases i infraestructures, ajuden a la supervivència. Tant o més importants, són els aspectes culturals o socials, com són ara la millora en la **higiene** personal i col·lectiva, en els mètodes de criança dels infants, o en l'organització dels mercats, obtinguda sovint a través d'un major nivell d'instrucció (14).

En la lluita per reduir la mortalitat, sembla que els factors culturals i socials juguen un paper més important a una primera fase, els específicament econòmics en una segona fase i els específicament científics en una tercera fase final (15).

Diversos experts insisteixen en el paper clau de la medicina i el sanejament públic (depuració de l'aigua, per exemple), en el procés actual de reducció de la mortalitat als països pobres. "La medicina - diu Sauvy - és molt més la causa de l'explosió demogràfica que no pas les millores en les condicions de vida". I afegeix, "el latinoamericà viu avui tant de temps com vivia un europeu occidental l'any 1938, però ho fa tan sols amb la meitat del seu nivell de vida. L'asiàtic mig viu avui com vivia un europeu occidental l'any 1990 aproximadament, però ho fa només amb la cinquena part del seu nivell de vida. L'africà viu avui com l'europeu dels anys 1880-1890, però ho fa tan sols amb un terç o un quart del seu nivell de vida d'aïeshores" (16).

Altres experts, com Ester Boserup, han afegit arguments en el mateix sentit (17).

Com a conseqüència de tots aquests processos, les taxes de mortalitat han sofert, en general, una progressiva reducció, paralela al progressiu augment de l'esperança de vida.

Les darreres dades de les Nacions Unides (18) fixen una esperança de vida mitja per al món de 63,9 anys, per al període 1985-1990. Per als països pobres (que són els que les Nacions Unides anomena "menys desenvolupats", i que inclou tot l'Àfrica, tot Latinoamèrica i tot Àsia menys el Japó, Melanèsia, Micronesia, Polinèsia i la ex-URSS asiàtica), la xifra fou de 61,4 anys per al mateix període. La dels països rics (Nordamèrica -Estats Units i Canadà -, Japó, tot Europa i la CEI ex-URSS, els que les Nacions Unides anomena "més desenvolupats") fou de 74 anys.

Malgrat la important diferència, cal assenyalar que aquesta s'ha fet menor tant pels avenços ja citats als països pobres, com per les creixents dificultats per fer decreïxer encara més les taxes de mortalitat als països rics. Hom assenyala, en aquest darrer aspecte, que aquestes taxes baixaran més pels canvis d'hàbit social i noves descobertes científiques, que pel desenvolupament de la medicina tradicional.

Aquestes són les xifres més recents, des del 1950 fins el 1990, referides a la taxa de mortalitat absoluta, l'esperança de vida en néixer i la mortalitat infantil (19):

Període	Món	Països Rics	Països Pobres	Àfrica	Amèrica Llatina	Nord Amèrica	Àsia	Europa	Oceania	C.E.I. (ex-URSS)
<u>Taxa de mortalitat absoluta</u> (per milers de persones)										
1950-1955	19.7	10.1	24.3	26.9	15.4	9.4	24.1	11.0	12.4	9.2
1975-1980	11.1	9.4	11.7	17.6	8.6	8.5	10.7	10.4	8.8	10.0
1985-1990	9.8	9.8	9.8	14.7	7.4	8.7	9.0	10.7	8.1	10.6
<u>Esperança de vida en néixer</u> (ambdós sexes/anys)										
1950-1955	47.5	66.0	42.2	37.7	51.9	69.0	42.0	65.8	60.8	64.1
1975-1980	60.4	72.0	57.4	47.9	63.3	73.3	58.3	72.6	68.2	67.9
1985-1990	63.9	74.0	61.4	52.0	66.7	75.6	62.7	74.4	71.3	70.0
<u>Taxa de mortalitat infantil</u> (per cada mil novent nins)										
1950-1955	155	56	180	188	126	29	181	62	68	73
1975-1980	86	19	97	126	70	14	91	19	35	28
1985-1990	70	15	78	103	54	10	72	13	26	24

### Taula N° 1

## Evolució de la mortalitat i l'esperança de vida al món

Les millores observades al quadre, no deixen de seguir oferint preocupants xifres a l'Àfrica o al Sudest asiàtic (en aquesta darrera zona l'esperança de vida era sols de 56,8 anys el 1985-90). Molt especialment, cal considerar les enormes diferències interregionals pel que fa a la mortalitat infantil.

### g. El descens de la fecunditat i les seves causes

El descens de la natalitat té a veure essencialment amb la reducció del nombre de fills nascuts per dona, és a dir, per la disminució de la fecunditat.

Aquesta reducció es sol produir, en el temps, després d'iniciat el procés de reducció de la mortalitat, que ve acompanyat, en general, d'un progrés econòmic i social.

Sembla que ambdós factors (control de la mortalitat, progrés econòmic i social) farien menys desitjable el tenir molts fills. Quan





És molt important veure aquí les diferències regionals. Mentre a indrets com Europa la fecunditat continuà reduint-se (amb casos de descens espectacular com a l'Europa del sud on països amb tradició natalista com Espanya tenen un dels índexs de fecunditat més baixos del món: 1,3), als països pobres la situació canvià poc o gens (23).

Gens a l'Àfrica, on segueix situada sobre el nivell de 6 infants per dona. Poc a l'Àsia, sobretot si tenim en compte que el dràstic descens de la Xina (de 5,6 els anys 1950-60 a un 2,4 els 1980's) s'ha fet amb mètodes coercitius que poden provocar demà una reacció de tipus contrari. A Amèrica Llatina més notable a partir de la meitat dels anys seixanta.

Encara que és tentador correlacionar fortament el creixement econòmic amb el descens de la fecunditat, l'evidència ens convida a la prudència, doncs els factors culturals, socials, i àdhuc, religiosos matitzen les tendències generals. Així com hi ha pocs dubtes arreu del món en la necessitat de la lluita contra la mort, la desitjabilitat de reduir la fecunditat és un tema molt més discutit i polèmic, com veurem més endavant.

En qualsevol cas el lent descens de la fecunditat ha produït un fenomen recent: la **davallada de l'índex de natalitat absolut** per a tot el món del 37 per mil el 1950-55 a un 27 per mil el 1985-90. Dada aquesta de gran importància si és que es consolida en el futur.

#### e. Les fases del procés de transició

Com podem veure en el gràfic nº 2, el procés de transició demogràfica atravesava diverses fases (24).

La primera (Fase 1, Tipus 1) caracteritza les societats preindustrials o d'economia de subsistència. Les taxes de natalitat i de mortalitat hi són molt elevades i fluctuants, degut a la fam i les epidèmies. El creixement demogràfic és molt dèbil o nul.

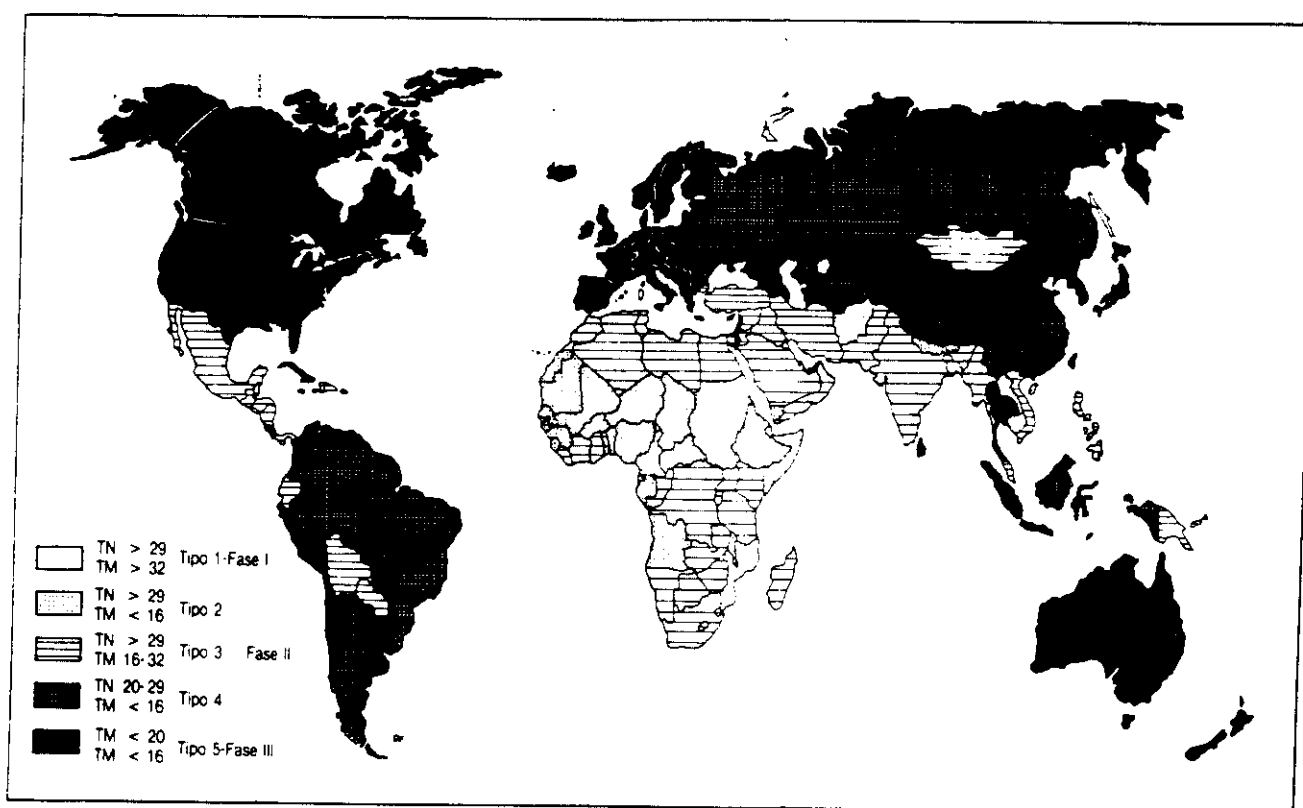
La segona (Fase 2, Tipus 2), veu aparèixer una reducció important però lenta de la mortalitat, mentre les taxes de natalitat segueixen essent altes. Es produeix, doncs, una diferència notable entre ambdós corbes, i s'inicia així l'augment de la població.

En un tercer moment (Fase 2, Tipus 3), es caracteritza per taxes de mortalitat molt baixes i una natalitat que disminueix ràpidament, convergint al final del període, de manera que s'experimenta una desacceleració progressiva del creixement.

En la darrera fase ( Fase 3, tipus 1), quan la natalitat ha caigut ja fins al nivell de la mortalitat, es caracteritza per períodes de fluctuació de

resposta, probablement, al cicle econòmic. El creixement de la població és nul o molt dèbil.

El següent gràfic, indica l'estadi en que es trobarien els diferents països del món respecte a aquestes cinc etapes de la transició demogràfica (25):



Fuente: Population Reference Bureau. World Population Data Sheet 1989

Gràfic N°3

La transició demogràfica al món

TN = Taxa de natalitat  
TM = Taxa de mortalitat

## i. El creixement recent de la població mundial

Per concloure aquest epígraf, veiem com ha evolucionat la població mundial en els darrers quaranta anys.

Les Nacions Unides han assenyalat tres fases dins d'aquest creixement, que venen determinades per aquestes xifres (26):

	Taxa de natalitat	Taxa de mortalitat (per mil)	Taxa de creixement de la població (percentatge)
Phase I: 1950-1955 to 1965-1970			
1950-1955	37.5	19.7	1.79
1965-1970	33.9	13.3	2.06
Change	-3.6	-6.4	+0.27
Phase II: 1965-1970 to 1975-1980			
1965-1970	33.9	13.3	2.06
1975-1980	28.3	11.1	1.73
Change	-5.6	-2.2	-0.33
Phase III: 1975-1980 to 1990-1995			
1975-1980	28.3	11.1	1.73
1990-1995	26.4	9.2	1.73
Change	-1.9	-1.9	-0.0

### Taula Nº3

#### El creixement recent de la població mundial

La primera fase és de **ràpid creixement de la població mundial** i s'extén del 1950 al 1970. És un creixement induït per la **caiguda de la mortalitat**, com hem vist ja, i per una estagnació de la **fecunditat**. L'índex de la **fecunditat** baixà tan sols del 5,0 al 4,9, però per efecte de l'estructura d'edats i la inèrcia poblacional, la taxa de natalitat absoluta va disminuir tres punts: de 37 a 34 naixements per 1000 habitants.

La segona fase (1965-1980) es de **ràpida disminució del creixement**, deguda al **descens de la fecunditat**.

Després de l'any 1970, la fecunditat disminuï ràpidament, mentre les disminucions en la mortalitat es ralentitzaren.

La darrera fase fins avui (1980-1995) es caracteritza per ésser **relativament constant** i els experts de les Nacions Unides preveuen que seguirà així fins a l'any 1995. Aquí ens trobem que la inèrcia juga en sentit contrari de com ho feia a la primera fase: malgrat que la fecunditat baixa força (un 14 %, de 3,8 nens a 3,3), la taxa de natalitat disminueix sols un 7% (de 28% al 26%), doncs el nombre de dones en edat reproductiva és relativament gran respecte a la proporció decreixent d'infants. La mortalitat disminueix lleument al període. És doncs, aquesta ralentització en el descens de la taxa de natalitat el que explica l'estagnació o estabilització del creixement de la població mundial.

### 1.1.2. El creixement futur de la població

El coneixement del que ha passat fins ara, per bé que inexacte per la gran dificultat d'obtenir dades fiables a molts països, ens és molt útil per mirar de preveure el que pot succeir en el futur immediat del món. Això és el que farem en aquest apartat.

#### a. Les fonts de dades disponibles

Les principals fonts de dades a nivell mundial i de les principals regions són les de les **Nacions Unides** i les de la **Secció Internacional de l'Oficina del Cens dels Estats Units** (US Bureau of Census). Una tercera font són els informes anuals del **Banc Mundial** (27).

Les dues primeres entitats exerceixen una mena de "duopoli" en la publicació de les dades. Ambdues recullen la majoria de les seves dades de les oficines nacionals d'estadística de cada país. Aquestes dades poden ser millorades a través d'altres fonts de dades independents abans de la seva publicació. Les dades publicades per ambdues organitzacions difereixen molt poc. L'any 1988, la diferència entre les xifres sobre la població total del món fou de l'1%. Per l'Àsia Occidental, la diferència fou del 7,8%, per Centre Amèrica del 6,1% i per a Europa, Àfrica i el Sudest Asiàtic d'un 2% aproximadament. En general, les xifres de l'Oficina del Cens dels Estats Units són lleument superiors que les publicades per les Nacions Unides (28).

Les dades publicades pel **Banc Mundial**, encara que basades essencialment en les elaborades per les Nacions Unides, tenen l'avantatge de que són revisades i millorades quan el Banc té l'oportunitat d'aconseguir millor informació. També té interès per a l'anàlisi país per país, doncs les seves projeccions ho són més a aquest

nivell que al d'agregats amplis de tipus regional (29). Això no obstant, el Banc no ofereix dades sobre l'important aspecte de la distribució de la població (30).

El dit fins ara ja ens prevé de possibles inexactituds, atesa la migrada fiabilitat de les oficines d'estadística de molts països, especialment els més pobres. Hom ha observat que sovint són més fiables les informacions fotogràfiques via satèlit (els anomenats Sistemes d'Informació Geogràfica) que no pas les que posseeixen les burocràcies governamentals de certs països (31).

Referint-nos a les previsions sobre el futur de la població, la reserva ha de ser encara més gran, doncs es basen en plantejaments teòrics sempre opinables i influïts per les pressions polítiques a les que es veuen sotmeses les citades entitats. Les Nacions Unides la primera.

Aquestes hipòtesis beuen d'un tronc comú: la ja descrita teoria de la transició demogràfica. Hom l'aplica per a predir l'evolució futura de la població, suposant una primera disminució de la mortalitat, la posterior davallada de la fecunditat, i una tendència a la convergència en un equilibri de baixes taxes de mortalitat i de fecunditat que es mantindria constant en el llarg termini. Aquesta taxa de fecunditat d'equilibri seria la de reemplaçament. Tant les Nacions Unides com el Banc Mundial s'hi basen.

De les diverses crítiques que hom pot fer a aquestes hipòtesis de previsió podriem destacar-ne, a tall d'exemple, les que assenyalava Paul Demeny (32):

1. Les previsions de mortalitat descarten completament eventuais catàstrofes, doncs són poc rellevants a llarg termini. No obstant, què passaria amb possibles guerres o situacions de fam a gran escala?
2. L'assumpció de la convergència al nivell de reemplaçament a la primera meitat del segle XXI, sembla poc convincent. Quin mecanisme pot induir, per exemple, en només unes dècades, a aconseguir el mateix comportament - en fecunditat - a l'Àfrica Tropical que a Europa? Sobre tot si tenim en compte que és el creixement econòmic, més que no pas els sistemes de control de la natalitat, el que canvia més ràpidament els models de fecunditat.
3. És discutible, també, que, un cop arribats al nivell d'una fecunditat de reemplaçament, aquesta es mantingui sense fluctuacions. L'experiència diu més aviat el contrari. A llarg termini les previsions de fecunditat fetes per les Nacions Unides és probable que siguin massa baixes.
4. A moltes regions del món, l'explosió demogràfica està per començar. El creixement és molt heterogeni per zones geogràfiques. Cal una anàlisi regional detallada.

Aquestes crítiques il·lustren la fragilitat del treball de previsió, tan sotmès a judicis de valor respecte al que hom voldria que pasés.

Amb aquestes reserves ben presents, abordem ara els escenaris de creixement futur de la població basats en les dades facilitades per les Nacions Unides.

### **b. La força de la inèrcia poblacional**

En començar a parlar de població ja hem definit el que era la inèrcia poblacional, i convé recordar-ho aquí.

Una disminució de la fecunditat no té perque implicarí un descens de la natalitat i, en conseqüència, un decrement del creixement de la població.

En efecte, la fecunditat mesura el nombre de fills per dona potencialment fèrtil (convencionalment, entre 15 i 49 anys). El nombre de naixements final serà, per tant, el producte de dos factors: la fecunditat i el nombre efectiu de dones en edat de procreació. De manera que si aquest nombre és encara important (degut a anteriors augments de població com a conseqüència d'anteriors fecunditats elevades), encara que la fecunditat actual minvi, el nombre absolut de naixements pot augmentar i, amb ell, el nombre de la població total.

En altres paraules, podem dir que hem d'esperar al menys 15 anys per a que les caigudes de fecunditat es tradueixin, sens dubte, en disminucions de natalitat. Això sense considerar, es clar, l'efecte de les migracions i d'altres factors, com les guerres, la fam o les epidèmies.(33).

Cal tenir present, en aquest contexte, que petites diferències en les tendències en la fecunditat poden tenir un gran impacte en el llarg termini, per exemple a l'Àfrica.

La inèrcia poblacional ja s'ha posat de manifest quan comentàvem els canvis operats en la població del món els darrers quaranta anys i és molt important tenir-la en compte a l'hora de fer previsions. En les properes dècades, la inèrcia, per si sola, pot portar a moltes poblacions a duplicar-se.

### **c. Escenaris del futur de la població**

A l'hora d'estimar la població futura, és útil el disseny i comparació de diversos escenaris basats en diverses hipòtesis.

Aquí considerarem quatre tipus d'escenari:

1. **L'escenari del creixement continu.** Basat en que es mantinguin constants, al nivell del període 1985-1990, els índexs de fecunditat i de mortalitat del món.

2. **L'escenari de la "variant mitja" de les Nacions Unides.** Les Nacions Unides han elaborat una sèrie de previsions fins l'any 2025, basant-se en les següents hipòtesis (34):

a. La taxa de fecunditat del món passarà del nivell de 3,45 durant el període 1985-1990, a un nivell de 3 el període 2000-2005, i de 2,3 el període 2020-2025.

b. La taxa de mortalitat del món passaria del 9,8 per mil al període 1985-1990, al 7,6 per mil al període 2020-2025.

c. L'esperança de vida passaria així, a nivell global, dels 63,9 anys al període 1985-1990, als 72,9 anys al període 2020-2025. Aquesta evolució sena des dels 61,4 als 71,6 anys pels països pobres, i dels 74 als 79 anys pels països rics.

3. **Escenaris amb diferents índexs de fecunditat.** En aquest cas, veurem la sensibilitat del model de "variant mitja" de les Nacions Unides si alterem alguns paràmetres referents a la fecunditat:

a. Què passa si la disminució de la fecunditat prevista pel model de "variant mitja" de les Nacions Unides es retrassa vint-i-cinc anys, mantenint la mateixa taxa de mortalitat? (**Escenari del descens lent de la fecunditat**).

b. Què passa si la disminució de la fecunditat va més depressa del que preveu el model de "variant mitja" de les Nacions Unides, i es situa al nivell 1,4 a tot el món l'any 2025, sense alterar-ne la taxa de mortalitat establerta? (**Escenari del descens ràpid de la fecunditat**).

c. Què passa si s'aconsegueix una fecunditat al nivell de reemplaçament (2,1) de forma immediata (any 1990), sense tocar la mortalitat? (**Escenari de la fecunditat de reemplaçament immediata**).

4. **Escenaris amb diferents índexs de mortalitat.** En aquest cas observem la sensibilitat del model de "variant mitja" de les Nacions Unides, en alterar alguns paràmetres referents a la taxa de mortalitat:

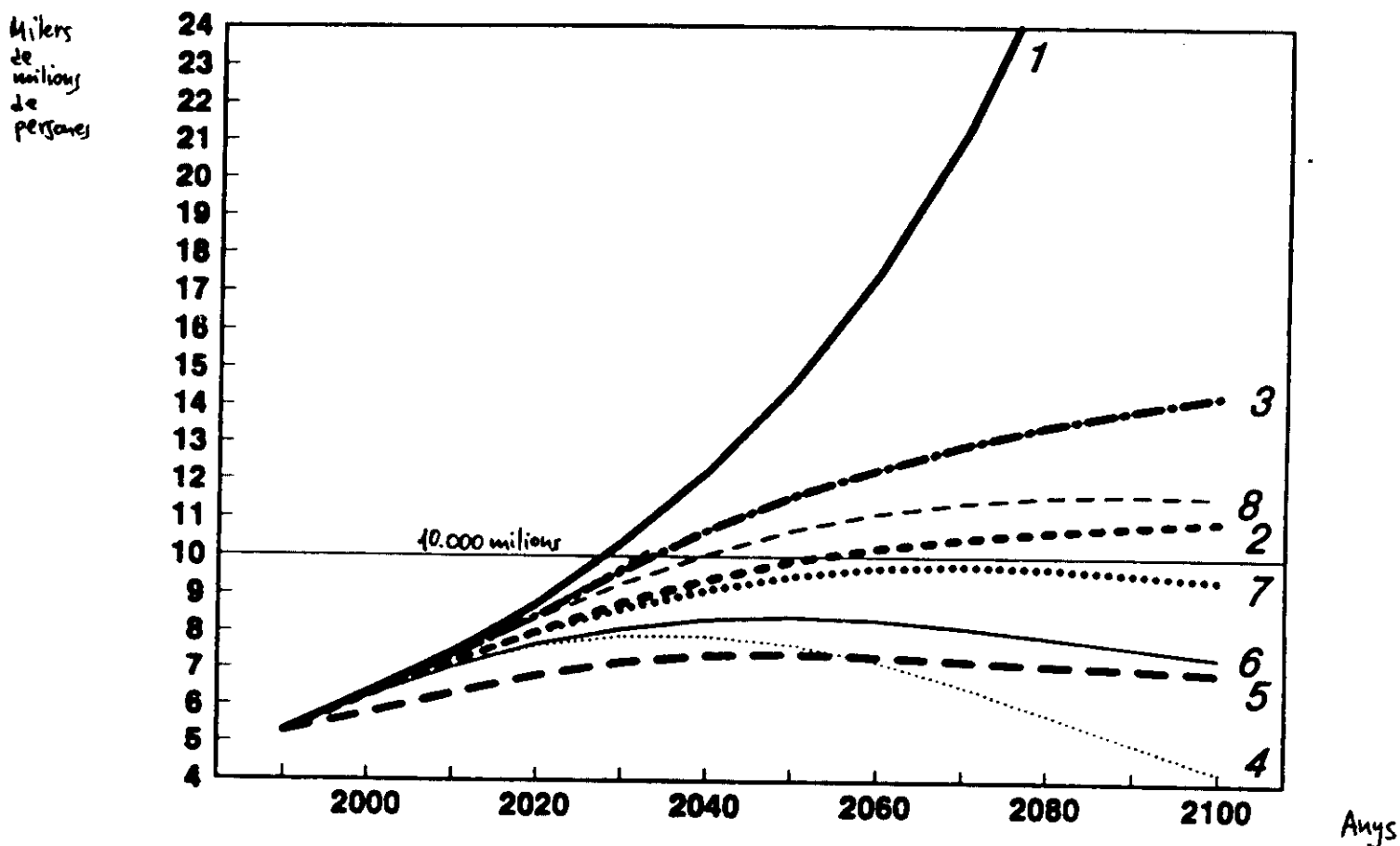
a. Què passaria si la mortalitat en comptes de baixar, es mantingués constant, mentre la fecunditat arriba al nivell de reemplaçament l'any 2025? (**Escenari de la mortalitat constant**).

b. Què passaria si es retrassa vint-i-cinc anys el descens en la mortalitat previst en el model de "variant mitja" de les Nacions

Unides, i la fecunditat arriba al nivell de reemplaçamet (2,1) l'any 2025? (Escenari del descens lent de la mortalitat).

c. Què passaria si l'esperança de vida l'any 2025 arribés fins als 80-85 anys, mantenint un nivell de fecunditat de 2,1 per a aquell any? (Escenari del descens ràpid de la mortalitat).

Les corbes que representarien cadascún d'aquests vuit escenaris queden reflexades en el quadre següent (35), extrapolant les dades fins l'any 2100:



Gràfic N° 4

Escenaris sobre el futur de la població del món

Veiem ara aquests escenaris, un per un.



#### **d. L'escenari del creixement continu**

Sembla clar que el creixement exponencial de la població **no pot** continuar per sempre. A llarg termini no és realista pensar que es pugui donar aquesta situació. Sembla impossible.

Aixó no obstant, pot ser instructiu usar-lo com a punt de referència per a comparar-lo amb els altres escenaris, a curt i llarg termini.

D'altra banda, avui podem mirar de deduir quina serà la direcció dels canvis que es produiràn en els índexs que afecten l'augment de la població, però n'ignorem l'amplitud i el ritme temporal. Aquesta incertesa fa interessant l'observació d'aquest escenari, basat en els **índex constants** tant de fecunditat com de mortalitat. És a dir, que la gent seguiria morint al ritme d'ara mateix, i que el nombre de fills per dona potencialment fèrtil seria el mateix que el que hi ha a l'actualitat.

El resultat és la corva nº 1 del gràfic. En aquest escenari, la població mundial tindria aquesta evolució:

<b>Any</b>	<b>Milions de persones</b>
2015	8.000
2025	10.000
2050	15.000
2100	40.000

Com veurem ara mateix, degut a la inèrcia poblacional, aquest escenari no és molt diferent de la resta **durant les properes tres dècades**.

És evident que amb aquest escenari els problemes de sobrepoblament de la Terra apareixerien aviat.

#### **e. L'escenari de la "variant mitja" de les Nacions Unides**

L'escenari de la "variant mitja" elaborat per les Nacions Unides, que és el més conegut i utilitzat arreu del món, vé expressat per la corva nº 2 del nostre gràfic.

Sota aquestes hipòtesis, l'any 2100 s'assoleix el nivell màxim de població del món, l'anomenat límit de "nivellació", entorn als **11.000 milions de persones**. A partir d'ací, el volum de la població començaria a davallar. En aquest escenari, l'any 2050, el nivell de la població ja seria de 10.000 milions de persones.

L'evolució, desde l'any 1950, seria aquesta:

<b>Any</b>	<b>Milions de persones</b>
1950	2.500
1990	5.300
2000	6.300
2025	8.500
2050	10.000
2100	11.000 (nivellació)

#### **f. Escenaris amb diferents índexs de fecunditat.**

Si alterem els índexs de fecunditat, tal com hem assenyalat, obtenim els següents resultats:

1. **Escenari del descens lent de la fecunditat.** La disminució prevista en el model de "variant mitja" s'aplaça vint-i-cinc anys, mantenint la mateixa taxa de mortalitat que en el model de "variant mitja". És la corva nº 3 del nostre gràfic. La mida de la població al final del període és de **14.000 milions** de persones l'any 2100. L'augment de la població no s'atura fins a arribar a un "nivellament" entorn als 15.000 o 16.000 milions de persones, en el segle XXII.

2. **Escenari del descens ràpid de la fecunditat.** La fecunditat és del 1,4 a tot el món l'any 2025, amb la mateixa mortalitat que la estimada pel model de "variant mitja". És la corva nº 4 del nostre gràfic. En aquesta hipòtesi la població mundial continuaria creixent fins a un màxim de **8.000 milions de persones**, assolit entre els anys 2030 i 2040. Després d'aquest punt, la mida de la població disminuiria fins a arribar a menys de 5.000 milions de persones l'any 2100. Hem de pensar que aquest escenari és força improbable, atès que suposaria una disminució de la fecunditat fins a un nivell (1,4) equivalent a dos tercers parts del nivell de reemplaçament aconseguida l'any 2025, el que sembla lluny de produir-se.

3. **Escenari de la fecunditat de reemplaçament immediata.** La fecunditat seria de 2,1 l'any 1990 i la taxa de mortalitat, la de la "variant mitja". És el que expressa, la corva nº 5 del nostre gràfic. És interessant la consideració d'aquest escenari, doncs ens diu que àdhuc en el cas, completament improbable d'altra banda, de que l'índex de fecunditat se situés immediatament a tot el món al nivell de pur reemplaçament (nivell 2,1), la població augmentaria en **2.000 milions de persones addicionals**, degut als efectes de la inèrcia o "momentum" del creixement poblacional.

### **g. Escenaris amb diferents índexs de mortalitat**

Alterant els índexs de mortalitat establerts al model de "variant mitja" de les Nacions Unides, obtenim els següents resultats:

1. **Escenari de la mortalitat constant.** La taxa de mortalitat no baixa sino que és constant, mentre la fecunditat és situa en el 2,1 a tot el món l'any 2025. Aquest escenari s'expressa a la corva nº 6. El que observem en aquest cas és que s'aplaça en deu anys l'augment de la població. És un escenari interessant per al cas de que les assumpcions de les Nacions Unides sobre les millores en la mortalitat no s'arribessin a produir. A llarg termini, la mida de la població s'anivella al voltant dels **7.500 milions de persones**. És a dir, 3.500 milions per sota de l'escenari de les Nacions Unides (corvaº 2) que contempla millores sobre la mortalitat.

2. **Escenari del descens lent de la mortalitat.** Es tracta, en aquest cas, d'aplaçar en vint-i-cinc anys el decrement de la mortalitat previst per les Nacions Unides, mentre la fecunditat assoleix el nivell 2,1 l'any 2025. Com podem veure a la corva nº 7, aquest escenari no representa un impacte gaire significatiu en quant a la mida de la població. La seva diferència respecte a la corva nº 2 és reduïda.

3. **Escenari del descens ràpid de la mortalitat.** Aquí explorem què passaria si l'esperança de vida arribés als vuitanta-cinc anys per a les dones i als vuitanta anys per als homes l'any 2025, essent la fecunditat per aquest mateix any del 2,1 (és a dir, el nivell de reemplaçament). Això significaria augments no molt importants en l'evolució de la mida de la població: 1.000 milions de persones addicionals l'any 2050, i 2.000 milions de persones addicionals l'any 2100. Ho podem veure reflexat a la corva nº 8 del nostre gràfic.

### **h. Conclusions**

A la vista d'aquestes previsions en els diferents escenaris podem concloure el següent:

1. La mida de la població mundial, segons pràcticament tots els escenaris arribarà en uns trenta o quaranta anys al nivell de 8.000 milions de persones com a mínim.

2. Hi ha les premises per a que la població de la Terra, un cop superats els 8.000 milions d'habitants en el primer quart del proper segle, arribi als 10.000 o 11.000 milions abans de l'inici del segle XXII.

3. Àdhuc si la fecunditat és situés d'immediat al nivell de pur reemplaçament, la inèrcia poblacional afegiria 2.000 milions de persones a la població mundial.

4. Més encara. Si la fecunditat és situada a sols dos tercers parts del nivell de reemplaçament (nivell 1,4), hipòtesi molt improbable, la població del món arribaria als 8.000 milions de persones, i sols després començaria a davallar.

5. Recordem que res ens assegura que la fecunditat no pugui romandre durant molt de temps sota el nivell de reemplaç o molt per sobre.

6. Assenyallem també que hi ha un gran potencial de creixement a alguns continents, molt especialment a l'Àfrica, com veurem més endavant.

## 1.2. L'ENVELLIMENT INEVITABLE

Les poblacions del món s'enfronten avui a un important dilema: o créixer o envellir. En efecte, les tendències previstes de reducció del creixement de la població mundial, amb taxes menors de mortalitat i fecunditat, porta l'envelliment creixent de les societats humanes.

Aquest fenomen, ja molt accentuat als països rics, és important i significatiu. Afecta a la inèrcia de la població dins el procés de transició demogràfica. Té implicacions en l'estructura econòmica dels països i en les estratègies de despesa: canvien les despeses dedicades a l'educació dels joves i a suport als vells. I el que és més important per a l'objectiu d'aquest llibre: té implicacions en els models de consum, en els sistemes de valors i en la cultura dels països.

### 1.2.1. Què ha passat fins ara?

Fins al moment present, l'envelliment s'ha accentuat sobretot als països rics.

Així, segons les dades de les Nacions Unides, la població de menys de 60 anys, ha passat als **països rics**, de representar un 11,4 % del total l'any 1950, a representar un 17,1 % l'any 1990. A alguns països com Alemanya s'arribava al 1990 a un 20 % de la població total.

Als **països pobres**, l'augment ha estat menys pronunciat. La població de menys de 60 anys ha passat dels 6,3 % a un 6,9 % en el mateix període de temps, atesa una esperança de vida encara força menor. (36).

### 1.2.2. L'evolució futura del envelliment

En el futur hom preveu que l'envelliment arribi als països pobres.

En la hipòtesi d'una població estacionària, que es la que la majoria d'escenaris preveuen, la proporció entre sexagenaris i població s'establiria exclusivament en relació a l'esperança de vida. Aquesta seria la situació (37):

Esperança de vida	Sexagenaris
50 anys	15 %
60 anys	18,1 %
70 anys	20,6 %
75 anys	22,6 %

Aquestes són les xifres que ha estimat les Nacions Unides en base a la hipòtesi de la "variant mitja" són les següents (38) :

	Població de més de 60 anys					
	1990		2010		2025	
	En milers	en percentatge	En milers	en percentatge	En milers	en percentatge
<u>Tot el Món</u>	488.756	9,25%	764.435	10,61%	969.574	11,40%
<u>Països Ric</u>	206.124	17,08%	266.523	20,35%	344.608	25,45%
<u>Països Pobres</u>	282.631	6,91%	497.910	8,44%	860.730	12,05%

### 1.2.3. Conseqüències

Es fa difícil avaluar les conseqüències d'aquest envelliment.

Més enllà dels problemes de Seguretat Social i presupostaris que suposarà per als governs, hom pot preguntar-se si una població envellida tindrà menys vitalitat per la innovació. Si això succeís, seria preocupant, atesa la major necessitat d'innovació que hi haurà en el futur per a fer front als perills que amenacen la vida humana (39).

D'altra banda, si el poder polític cau en mans de la població de més edat pot haver-hi un risc de conservadurisme i resignació decadents.

Finalment, és també possible que una reacció forçosa porti a l'exclusió progressiva de la població vella. Aquesta exclusió pot ocórrer en un primer moment a nivell social (a través de mecanismes humanitaris), i posteriorment a nivell físic, a través de processos que són sovint tan indirectes que no en som sovint conscients.

## 1.3. CREIXEN ELS POBRES

Durant els darrers cinc anys (1985-1990), el 93 % del creixement de la població mundial ho ha fet als països pobres. Aquesta tendència s'accentuarà en el futur, segons les previsions de les Nacions Unides, per bé que apareixeran diferències molt notables a l'interior del grup de països pobres. El canvi intern més important, en aquest sentit, serà el major creixement de la població africana.

### 1.3.1. Un creixement desigual

Entre l'any 1950 i el 1990, la població dels països rics augmentà un 45 % mentre la dels països pobres ho feia en un 143 %.

Els darrers anys (1985-1990) el creixement **anual** dels primers ha estat del 0,5 %, i el dels segons del 2,1 %.

Aquesta tendència es preveu que continui en el futur. L'escenari de la "variant mitja" de les Nacions Unides estima per al període 2020-2025 un creixement del 0,2 % als països rics i d'un 1,2 % als països pobres.

És a dir, mentre als països rics el creixement pràcticament s'ha aturat (a alguns indrets àdhuc es negatiu), als països pobres (alguns ja molt poblats) continuarà d'una forma molt important, encara que menor a l'actual (40).

En el període 1950-1955 la població del món augmentà en termes absoluts en 47 milions de persones cada any: Els països rics hi contribuïren en un 23 % i els pobres en un 77 %. Al període 1985-1990 el món cresqué a un ritme de 88 milions de persones l'any: els països rics n'hi aportaren tan sols el 7 %.

### 1.3.2. L'hora de l'Àfrica

Dins els països pobres hi ha grans diferències en els ritmes de creixement. Veiem les diferències, per exemple, entre continents (41):

	taxa de creixement (percentatge)			taxa de natalitat (per milers)			taxa de mortalitat (per milers)		
	Africa	Asia	Latin America	Africa	Asia	Latin America	Africa	Asia	Latin America
1950-1955	2.2	1.9	2.7	49	43	43	27	24	15
1965-1970	2.6	2.4	2.6	47	38	38	21	14	11
1985-1990	3.0	1.9	2.1	45	28	29	15	9	7

Taula N°4

El creixement poblacional de continents pobres

Durant el període 1950-1955, l'alt creixement d'Amèrica Llatina s'explica sobre tot perquè va ser allà on primer va començar a reduir-se la mortalitat. L'esperança de vida en aquesta zona era deu vegades més gran que a l'Àfrica o a l'Àsia, i la taxa de mortalitat un deu per mil menor. Àfrica i Àsia tenien semblants esperances de vida i taxes de mortalitat, però la fecunditat de les dones africanes era 0,7 punts major que la de les asiàtiques: per això la població de l'Àfrica cresqué més.

Al període 1965-1970 es produí una convergència temporal en els ritmes de creixement. Les poblacions africanes i asiàtiques cresqueren fortament a l'Àfrica i a l'Àsia, degut als descensos forts en la mortalitat, amb petites reduccions de fecunditat. El creixement a Amèrica Llatina continuà, atès que fecunditat i mortalitat baixaren en proporcions semblants.

Al període més recent (1985-1990), els ritmes de creixement han tomat a divergir. El fort increment de l'Àfrica és degut a que ha baixat la mortalitat, mentre la fecunditat és quasi estacionària. Les fortes reduccions del creixement d'Àsia i d'Amèrica Llatina es deuen a fortes

reduccions en la fecunditat, particularment pronunciada en aquest darrer continent.

A futur, les previsions de l'escenari de "variant mitja" de les Nacions Unides preveuen un manteniment d'aquestes grans diferències en el ritme de creixement: un 1,9 % a l'Àfrica, 0,9 % a l'Àsia, i l'1,1 a l'Amèrica Llatina. És l'escenari previst per al període 2020-2025.

Dins de cada continent pobre, hi ha grans diferències en els ritmes de creixement de la població. Així, dins de l'Àfrica les taxes de creixement del sud més desenvolupat i del nord magrebí són menors a les de la resta de població negra (42):

*Taxa de creixement de la població de països pobres (en percentatge)*

	1950-1955	1985-1990	2020-2025
<b>Africa</b>			
Eastern Africa	2.3	3.2	2.1
Middle Africa	1.8	3.0	2.2
Northern Africa	2.3	2.7	1.3
Southern Africa	2.3	2.4	1.4
Western Africa	2.3	3.2	2.0
<b>Latin America</b>			
Caribbean	1.8	1.5	1.0
Central America	2.9	2.3	1.3
South America	2.8	2.0	1.1
<b>Asia</b>			
Eastern Asia	1.8	1.3	0.4
South-eastern Asia	1.9	2.1	1.0
Southern Asia	2.0	2.3	1.1
Western Asia	2.7	2.8	1.7

**Table 42**

### 1.3.3. La redistribució del "poder demogràfic"

La desigualtat en el creixement comporta una notable redistribució del pes demogràfic de les diferents regions i països del món. Amb tot el que això comporta de càrrega i de poder per a les noves zones més poblades.

La distribució de la població mundial passada i prevista per les Nacions Unides, des del 1950 fins al 2025 és la següent (43):



Taula Nº6

*Distribució percentual de la població del món*

	1950	1990	2025
Africa	8.8	12.1	18.8
Latin America	6.6	8.5	8.9
Asia	54.7	58.8	57.7
China	22.1	21.5	17.8
India	14.2	16.1	17.0
Other Asia	18.4	21.2	23.0
Northern America	6.6	5.2	3.9
Europe	15.6	9.4	6.1
Oceania	0.5	0.5	0.5
USSR	7.2	5.4	4.1
World	100.0	100.0	100.0

Així, Europa, tota sencera (inclòs l'est), que ja havia passat d'un 15,6 % a un 9,4 %, reduiria encara més el seu pes relatiu fins a un reduït 6,1 %.

Respecte a la situació actual, Àfrica veurà créixer molt el seu pes poblacional, mentre que tant Àsia com Amèrica Llatina s'estabilitzarien. Tant Canadà i Estats Units (Nordamèrica) com l'antiga URSS seguirien, una mica més lentament, el camí d'Europa.

És clar que tot això requereix una anàlisi més desagregada. Doncs, a l'Àsia l'estabilització prevista depèn essencialment de que la Xina continui mantenint la seva taxa de fecunditat per sota el nivell de reemplaçament, doncs la resta d'Àsia, Índia inclosa, guanyarà pes relatiu dins la població del món, com podem veure a la taula que acabem de transcriure.

És obligat també esmentar el canvi radical que es produirà en el "ranking" de països més poblats del món. L'any 2025, hom preveu que al menys nou països de l'Àfrica es situïn entre els trenta més poblats del món. Nigèria, per exemple, amb 281 milions d'habitants, hom preveu que ocupi el sisè lloc del món en població. Espanya que figura

encara l'any 1990 com el país 25è en la llista de països més poblats, ja no figura a la llista dins de 33 anys. Aquestes són les xifres:

Els 32 països més poblats, regions federals, basat en la "variant unific." de 1950, 1990 i 2025 (En milions de persones)

1950		1990		2025	
Country	Population	Country	Population	Country	Population
1. China	555	1. China	1 139	1. China	1 513
2. India	358	2. India	853	2. India	1 442
3. USSR	180	3. USSR	289	3. USSR	352
4. USA	152	4. USA	249	4. USA	300
5. Japan	84	5. Indonesia	184	5. Indonesia	286
6. Indonesia	80	6. Brazil	150	6. Nigeria	281
7. Brazil	53	7. Japan	123	7. Pakistan	267
8. United Kingdom	51	8. Pakistan	123	8. Brazil	246
9. Germany, Fed. Rep. of <sup>a/</sup>	50	9. Bangladesh	116	9. Bangladesh	235
10. Italy	47	10. Nigeria	109	10. Mexico	150
11. France	42	11. Mexico	89	11. Japan	127
12. Bangladesh	42	12. Viet Nam	67	12. Ethiopia	127
13. Pakistan	40	13. Philippines	62	13. Viet Nam	117
14. Nigeria	33	14. Germany, Fed. Rep. of <sup>a/</sup>	61	14. Iran (Islamic Rep. of)	114
15. Viet Nam	30	15. United Kingdom	57	15. Philippines	112
16. Mexico	28	16. Italy	57	16. Zaire	99
17. Spain	28	17. France	56	17. Egypt	90
18. Poland	25	18. Turkey	56	18. Turkey	88
19. Philippines	21	19. Thailand	56	19. United Rep. of Tanzania	85
20. Turkey	21	20. Iran (Islamic Rep. of)	55	20. Thailand	81
21. Rep. of Korea	20	21. Egypt	52	21. Kenya	79
22. Egypt	20	22. Ethiopia	49	22. Myanmar	73
23. Thailand	20	23. Rep. of Korea	43	23. South Africa	65
24. Ethiopia	20	24. Myanmar	42	24. France	60
25. Germany, Dem. Rep. <sup>a/</sup>	18	25. Spain	39	25. United Kingdom	60
26. Myanmar	18	26. Poland	38	26. Sudan	60
27. Argentina	17	27. South Africa	35	27. Germany, Fed. Rep. of <sup>a/</sup>	55
28. Iran (Islamic Rep. of)	17	28. Colombia	33	28. Colombia	54
29. Yugoslavia	16	29. Argentina	32	29. Uganda	53
30. Romania	16	30. United Rep. of Tanzania	27	30. Italy	53
31. Canada	14	31. Canada	27	31. Algeria	52
32. South Africa	14	32. Sudan	25	32. Rep. of Korea	52

Taula Nº7

[ (a) les dues Alemanies en cas són comptabilitzades de forma separada en aquesta taula ]

#### 1.3.4. Conseqüències

Les conseqüències sobre el medi ambient d'aquests canvis poden ser molt importants, en incorporar més pressió de necessitats sobre uns recursos que són avui molt reduïts en aquests països. Els riscos de deforestació, d'erosió del sòl o de processos d'industrialització encara més hostils per al medi ambient dels que ho foren als països avui rics, augmentaran probablement, com tindrem ocasió de plantejar amb més detall més endavant.

D'altra banda, cal no excloure el potencial de conflicte bèlic d'aquesta redistribució de pesos demogràfics. Aquests canvis no seran neutrals i poden generar conflictes i fins i tot guerres. Pensem, per exemple, en països fronterers amb problemes. L'evolució del pes relatiu de Mèxic respecte als Estats Units pot passar de la relació 1/1,8 que tenien l'any 1950 a una relació 1/1,2 que poden tenir l'any 2025. La relació entre els països magrebins del sud de la Mediterrània respecte als països europeus mediterrànics pot passar de 1/2,1 al 1950 a 1/0,6 al 2025, passant a ser més poblats els països del sud que els del nord.

És difícil pensar que això passi sense l'esclat de conflictes. Com podrien sorgir entre una Turquia més poblada que Grècia, o un Brasil més poblat que l'Argentina o uns països àrabs més poblats que Israel (45).

#### 1.4. CREIXEN LES CIUTATS

Durant molt de temps en la història de la humanitat, el procés d'urbanització significava una via de reducció del ritme de creixement de la població. Durant l'edat mitja d'Europa i a l'època immediatament posterior, les ciutats no aconseguien un nivell de reemplaçament: les seves taxes de mortalitat eren més altes que les existents al camp i les seves natalitats més baixes, de manera que sense un fluxe continuat d'inmigrants una ciutat tendia a desaparèixer. La gent anava a les ciutats amb recança, ateses les dificultats de la vida urbana, i sols ho feia en proporció als llocs de treball que la indústria oferia (46).

Cap d'aquests factors es dona avui. Les ciutats tenen altes taxes de natalitat, i les seves taxes de mortalitat no són més altes que les del camp, de manera que gran part del seu creixement és simplement el creixement natural. Els inmigrants a les ciutats no esperen l'evolució de la indústria: hi van amb o sense perspectives de treball. I tot això succeeix en un context de ràpid creixement natural de la població al camp, que és molt més gran que al d'Europa rural del segle XIX.

### 1.4.1.L'explosió urbana

Hom calcula que el ritme de creixement de la població de les ciutats a tot el món és, en l'actualitat, d'un 2,5 % anual, és a dir, força per sobre del creixement global de la població estimat per les Nacions Unides en un 1,7 % . A aquest ritme, el nombre de ciutadans es doblarà en els propers 28 anys. I el que és més important: el 90 % d'aquest creixement urbà ocorre als països pobres, en els que les poblacions de les ciutats augmenten a un ritme del 3,5 anual (47).

Segons el Population Reference Bureau, l'any 1986 un 43 % de la població mundial vivia a ciutats (definides, segons els països en un interval que va de 10.000 a 20.000 habitants ), i l'any 2000 s'arribaria al 48 %. Però com deiem, el ritme de creixement més important s'està produint als països pobres, com podem veure en les següents xifres (48):

---

*Percentatge de la Població Urbana respecte a la Població Total  
(1950, 1986 i projeccions a l'any 2000)*

Region	1950	1986	2000
		(percent)	
North America	64	74	78
Europe	56	73	79
Soviet Union	39	71	74
East Asia	43	70	79
Latin America	41	65	77
Oceania	61	65	73
China	12	32	40
Africa	15	30	42
South Asia	15	24	35
World	29	43	48

---

Sources: For 1986 data, Population Reference Bureau, *1986 World Population Data Sheet* (Washington, D.C., 1986), for 1950 and 2000, Carl Haub, Population Reference Bureau, Washington, D.C., personal communication, August 28, 1986

---

Taula N°8

Hom calcula que, mentre les ciutats dels països rics doblaran la població entre 1950 i l'any 2000, en el mateix període les ciutats dels països pobres la multiplicaran per més de sis. L'any 2000, les ciutats dels països pobres contindràn el doble de població que les dels països rics. Avui mateix, la ciutat de Mèxic, amb els seus 20 milions i escaig d'habitants, és la més gran del món, i set de les deu ciutats més grans del món són als països pobres.

Mentre el creixement de les ciutats riques tendeix a ralentitzar-se, les ciutats pobres creixeràn encara molt fortament. Aquestes són les previsions del World Resources Institute (49):

#### **Ritme de creixement demogràfic de les ciutats**

	<b>1990-2000</b>	<b>2010-2025</b>
Països rics	0,8 %	0,5 %
Països pobres	3,4 %	2,8 %

#### **1.4.2. Components i causes del creixement de les ciutats**

El procés d'urbanització té tres **components**: les migracions, el creixement natural i la transformació en ciutats d'àrees prèviament rurals en ràpid desenvolupament. En els primers estadis del procés, les migracions són el component principal, com passa ara mateix a l'Àfrica, mentre que el creixement natural és el principal responsable del creixement de les ciutats asiàtiques i latinoamericanes.

Hi ha dos **causes** principals que expliquen l'explosió urbana als països pobres. La primera és la política inversora i fiscal de molts països subdesenvolupats que primen les ciutats per sobre de la resta del país, concentrant-hi la despesa pública i realitzant-hi una política de subvencions, especialment als productes alimentaris. La segona causa és el fet de que a les ciutats es concentra el gros de la riquesa i de l'activitat econòmica del país. Per exemple, la ciutat de Mèxic concentrava l'any 1983, el 44 % del Producte Nacional Brut del país, el 52 % del Producte Industrial Brut i el 54 % dels serveis, mentre hi vivia "tan sols" el 20 % de la població del país (50).

#### **1.4.3. Efectes negatius per als països pobres**

El ràpid creixement de les ciutats, especialment les dels països pobres té molts efectes negatius per a la vida en aquestes aglomeracions humanes i per al conjunt del país.

El gran augment de la demanda de serveis a les ciutats fa que els governs hi concentrin els recursos escassos, deixant la resta de regions

sense inversions. La major capacitat de pressió política dels ciutadans, és també un factor decisiu. D'altra banda, l'èxit o fracàs de la ciutat esdevé crític per a la supervivència del país, amb el que aquest es fa més vulnerable. Una catàstrofe a la gran ciutat, arrosega al país sencer.

Els efectes del creixement urbà són també negatius per a la vida mateixa a la ciutat. Els nou vinguts, com els mateixos residents joves, busquen, molt sovint sense èxit, aconseguir les bases mínimes d'una vida digna: la vivenda, el transport, l'aigua o l'escola. L'atur és molt elevat, atesa l'incapacitat del sistema productiu d'assumir el nou allau de ciutadans. Els serveis urbans ( com el clavegueram, l'enllumenat, o les conduccions d'aigua potable ) són molt deficientes i es colapsen sovint per sobresaturació d'usuaris (51).

Un problema particularment agut és el del suministre alimentari a les grans ciutats dels països pobres com a molt especialment a aquells que importen avui grans quantitats d'aliments dels països rics. El canvi de tendència del comerç internacional del grà i d'altres productes alimentaris ha agreujat la situació, com veurem després amb més detall. Aquest problema és tan agut que algunes ciutats han optat pel desenvolupament d'una mena d'"agricultura urbana" per al sosteniment de la població de la ciutat. Les experiències de la Xina i de Hong-Kong són particularment interessants (52).

La dependència de les importacions agràries s'agreuja amb la política de subsidis indiscriminats per a les poblacions urbanes per a la compra d'aliments. Aquests subsidis enfonsen els preus agraris interiors, redueixen la ja minsa renda dels camperols i realimenten l'exode rural a les ciutats.

#### **1.4.4. Conseqüències per al medi ambient**

Les grans ciutats generen molts problemes respecte al medi ambient i el canvi global.

Els ciutadans són més depenents de l'energia que els que viuen al camp, i a les ciutats és més costós el transport i la transformació (o tractament) d'aliments d'una banda i de residus de l'altra. Això augmenta el cost fiscal i ambiental de les ciutats.

Aquest fet es fa especialment evident quan les necessitats de la ciutat, com sol ser el cas, excedeixen la capacitat de suministre (alimentari i energètic) de l'entorn immediat, i afecta a d'altres ecosistemes, alguns molt allunyats del centre urbà.

El problema de l'aigua il·lustra bé el que diem. Però també podem parlar del problema dels combustibles domèstics o dels aliments. L'obtenció, transport i depuració de l'aigua constitueix un problema de vida o mort a la majoria de ciutats de països subdesenvolupats. Els

costs són sovint molt elevats, conduint a enfrontaments entre ciutats i països. L'esgotament i contaminació dels aquífers subterranis per part de les aigües residuals, és un dels problemes més importants.

D'altra banda, les ciutats són emissors privilegiats de contaminació. L'aire de les ciutats està saturat d'òxids de nitrogen i de sulfur, de diòxid de carboni i de partícules de plom, arsènic i cadmi. Hi contribueixen les indústries i, molt especialment, els automòbils. Situacions com les de les ciutats de Sao Paulo o de Mèxic són prou conegudes, com ho són les de Milà o de les ciutats industrials de l'est d'Europa. En aquest punt moltes ciutats dels països rics competeixen amb èxit amb les dels països pobres.

La deficient situació del transport públic, especialment a les ciutats pobres, fa difícil la reducció de la contaminació atmosfèrica. Però hi ha també la contaminació de l'aigua, dels sòls i dels aliments.

Les conseqüències de tots aquests processos en fenòmens com l'accentuació de l'efecte hivernacle, la pluja àcida o la disminució de la capa d'ozó són molt considerables.

## **1.5. LES MIGRACIONS DIFÍCILS**

Les migracions nacionals i internacionals són antigues com la història de l'home sobre la Terra. Cap altra espècie animal s'ha bellugat tant amunt i avall pel nostre planeta.

Les migracions, d'altra banda, han servit de regulador poblacional, com a vàlvula d'escapament davant crisis econòmiques o catàstrofes.

Avui, però, les migracions semblen fer-se cada cop més difícils. Agreujant, amb això, la difícil situació del països pobres i fent més greu, per tant, el creixement poblacional d'aquestes societats.

### **1.5.1. Les migracions internacionals a l'època colonial**

En el període colonial hi hagué grans moviments de mà d'obra des dels països desenvolupats molt poblats cap a les colònies poc poblades. En sentit contrari no hi havia moviment digne de menció, excepció feta dels emigrants que tomaven al seu país d'origen (53).

Aquest fenomen, que es desenvolupa amb força a partir del segle XVII, en coincidir amb el declivi de les societats agràries europees, té el seu creixement més important durant el segle XIX. Les quatre principals crisis agràries a Europa (especialment a l'Europa central i bàltica) suposaren la partida de 52 milions d'emigrants cap a terres d'ultramar poc poblades (54).

### 1.5.2. La inversió del procés migratori internacional

Avui observem que aquell procés va invertir-se, i canvià completament de direcció.

En el període postcolonial, la ràpida expansió econòmica i les baixes taxes de creixement de la força de treball als països més desenvolupats, creen una demanda de mà d'obra immigrant. Moltes persones dels països pobres, en els que la població en edat de treballar creixia ràpidament, aprofitaren l'oportunitat d'obtenir millor feina i més ingressos i emigraren a aquells països. El moviment de mà d'obra canvià de direcció.

A partir d'aquell moment, la forma tradicional de transferir habilitats tecnològiques mitjançant l'emigració des dels països rics als pobres es practicà només en la mesura en que petits grups de gerents i alguns experts tècnics dels països desenvolupats van romandre alguns anys als països subdesenvolupats. Això no obstant, sembla que ha anat en augment la transferència d'aquestes habilitats a través de la migració de països de tecnologia mitjana (com poden ser el Brasil o l'Índia) cap als països més pobres de més baixos nivells tecnològics (55).

Tot això succeïa en el marc d'una transformació més global dels intercanvis internacionals de bens, de capitals i de persones, entre els països de tecnologies altes (normalment els rics) i els de tecnologies baixes (generalment els pobres). Com ha il·lustrat Boserup, aquest és, en síntesi, el procés de canvi (56):

#### Gràfic N°5

*Comercio internacional y movimientos de factores entre distintos grupos de tecnología, periodos coloniales y poscoloniales*

	Período colonial		Período poscolonial	
	Tecnología baja y mediana	Tecnología alta <sup>1</sup>	Tecnología baja y mediana	Tecnología alta <sup>2</sup>
<i>Comercio</i>				
Materias primas	→		→	
Energía	←		→	
Bebidas tropicales	→		→	
Alimentos	→		→	
Bienes industriales de consumo	←		←	
Equipo	←		←	
<i>Movimientos de factores</i>				
Capital	←		←	
Mano de obra	→		→	
Habilidades	←		→	



### 1.5.3. Migració internacional "zero"?

Aquest procés sembla estar en retrocés.

Va haver-hi una reacció creixentment hostil dels sindicats i de les societats més desenvolupades a la llibertat d'emigració de mà d'obra barata procedent dels països pobres. Aquest procés va aguditzar-se especialment a la dècada dels anys setanta d'aquest segle, en que l'atur elevat als països rics va implicar un cert replegament de les polítiques liberals de dècades precedents. La continuada crisi econòmica d'alguns països rics, fa preveure la continuació d'aquestes reticències.

Les previsions futures fetes per les Nacions Unides (57) dissenyen un escenari en el que les migracions internacionals tendeixen a ser zero, atès l'escàs volum de moviments a molts països. Per grans regions, sols Amèrica del Nord (Estats Units i el Canadà) i Oceania (Austràlia i Nova Zelanda) mantenen una tendència futura a l'acceptació d'inmigrants, per bé que en valors estabilitzats, en tenir polítiques de control. A un nivell molt menor, els països petrolers del Golf podrien seguir important mà d'obra (58).

Costa de creure, malgrat les línies defensives posades pels països més desenvolupats, que les migracions internacionals no continuïn, tant per raons econòmico-socials, com culturals o polítiques. I en qualsevol cas, les migracions internes dins dels països seguiràn molt fortes, tal com hem indicat, desde el camp cap a la ciutat.

En l'aspecte econòmic i social, les migracions nacionals i internacionals continuaràn creixent als països subdesenvolupats, degut a l'augment de les seves poblacions i a la seva pobresa, a la creixent concentració de terres i de riquesa que s'hi produeix, i a les polítiques dels governs tot sovint ineficients i corruptes.

A aquests factors se n'hi afegeixen de tipus cultural i polític. En el primer aspecte, es difón avui, a través de l'educació i dels mitjans de comunicació, una preferència clara per la **cultura urbana** dels països rics, esperonant amb aixó el fenomen migratori. En el segon aspecte, hi ha el problema creixent dels **refugiats polítics**, víctimes als seus països de les guerres i les lluites pel control i l'accés als recursos escassos en terres, capital, tecnologia o aigua (59).

Per tot plegat, cal suposar la continuació del procés migratori, però de forma sovint **il.legal** i **clandestina**, amb tot el que aixó comporta de potencial de violència i de conflicte, per no parlar del cost social pel qui es veu forçat a emigrar.

#### 1.5.4. L'estratègia de les multinacionals

Davant les mesures legals i administratives que limiten l'afluència de mà d'obra (i també de productes, per exemple agraris) dels països pobres cap als rics, hi ha hagut en alguns casos un procés de transferència de capital dels primers als segons.

En efecte, algunes empreses multinacionals, davant la dificultat (o el cost) de tenir els emigrants a les fàbriques de la metròpoli, han començat a desplaçar centres productius a alguns països menys desenvolupats, particularment als posseïdors de tecnologies mitjes i amb gran potencial de mercat intern (en general, zones poblades). Aquests darrers països, han aparegut cada cop més atractius per a les multinacionals, en la mesura en que milloraven les seves infraestructures i la qualificació de la mà d'obra, mentre continuaven treballant per sota comparativament molt baixos (60).

Aquest fenomen podria reforçar la tendència ja descrita, a un menor moviment migratori en el futur.

#### 1.5.5. Conseqüències

Les conseqüències de les migracions internes, dins els límits del propi país, tenen sovint conseqüències molt negatives per al medi ambient. Signifiquen moltes vegades la pèrdua dels mitjans de sustentació, la degradació dels sòls abandonats, la desertització d'extenses àrees del territori, l'escassetat d'aliments i de terres. En ocasions les migracions internacionals clandestines o sense un futur treball garantitzat, poden significar també algunes d'aquestes conseqüències.

En ambdós casos, les migracions contribueixen sovint a degradar el medi ambient de la vida urbana a les grans ciutats, molt particularment a les ciutats pobres.

Malgrat totes aquestes conseqüències, les migracions de tipus **internacional** exerceixen, en general, un paper positiu per a la regulació de la població mundial.

En efecte, sol ser una forma d'augmentar la renda dels països pobres i el seu nivell d'instrucció. Les pautes de conducta de l'immigrant amb feina i ben assimilat al país ric de destinació, poden tenir un efecte posterior en el país d'origen. Les pautes de fecunditat se'n veurien afectades, com demostra l'experiència dels immigrants dels països mediterranis cap al nord d'Europa.

Per això, és preocupant el protagonisme creixent en matèria d'immigracions que complica encara més la ja difícil situació poblacional dels països pobres.

Si s'una banda és cert que hi ha dificultats objectives per a les migracions, en la mesura en que pràcticament no hi ha a la Terra cap territori buit disponible sobre el que donar sortida als excedents demogràfics, també ho és que a aquest factor demogràfic se n'hi afegeix un de polític: que a la creixent integració econòmica s'hi correspon sovint avui una separació creixent de pobles i d'ètnies i, àdhuc, una tendència a la segregació entre grups a l'interior de les fronteres nacionals (61).

## **1.6. CONCLUSIONS**

El panorama que sembla esperar-nos per a un bon període, d' almenys trenta o quaranta anys, és aquest: molta gent (fins a 8.000 milions pràcticament segur, fins a 10 o 11.000 milions - el doble de l'actual població - força probable en el proper segle), més envellida, més concentrada (quan no hacinada) a grans ciutats, i més pobra (atès que el creixement més important es produeix als pobles més pobres de la Terra).

Un panorama suficientment preocupant en relació al canvi global com veurem en la resta del present capítol.

## 2.LA POBLACIÓ, ELS RECURSOS I LA CAPACITAT DE SUSTENTACIÓ DE LA TERRA

La Terra està experimentant un ràpid creixement en la mida de la seva població, amb importants canvis en la seva distribució i mobilitat que reforcen encara més les dimensions del creixement poblacional, com acabem de veure.

En aquesta secció definirem, en primer lloc, el que s'entén per recursos naturals. Després discutirem com la major o menor existència i disponibilitat de recursos afecta l'evolució de la població, i al revés. En tercer lloc, ens plantejarem el problema de la *capacitat de sustentació* de la Terra, és a dir: atés el nivell actual i previsible de recursos naturals, fins a quantes persones hom podrà arribar a mantenir? Finalment, indicarem com canvia la concepció d'aquests temes quan s'aborda des del punt de vista del consum de recursos **per càpita**.

### 2.1. ELS RECURSOS: CONCEPTES I TIPOLOGIA

#### 2.1.2. Què és un recurs?

En el seu sentit més ampli, un recurs és quelcom al que la gent atribueix un **valor**. En aquest cas parlem de recursos naturals, és a dir que estan presents a la natura.

Pot ser quelcom tangible, com el carbó o l'aigua, o quelcom estètic, com la conservació d'espai o de tranquil·litat. Generalment, hom considera que una cosa és un recurs quan un **grup de gent** la percebeix com a valuosa.

Un recurs sols existeix si hi ha una **demanda**. L'urani, fins fa ben poc, no tenia gairebé valor; sols recentment ha estat usat com a font per a l'energia nuclear i, per tant, considerat un important recurs. Abans de la descoberta del seu possible ús com a combustible, el carbó no era un veritable recurs.

Els recursos són **dinàmics**. El que pot ser era considerat un recurs fa cent anys, ja no ho és ara, doncs té poc valor avui. El sílex, per exemple, usat pels nostres avantpassats per fer destrals o ganivets, era un gran recurs aleshores i avui ja no ho és.

La visió i valoració del que és un recurs varia **geogràficament**. El fang pot ser per a nosaltres més una molestia que un recurs, mentre a molts països pobres és un valuós material de construcció.

Tot pot esdevenir un recurs: el sòl, l'aigua, els minerals i la gent. En efecte, també, com acabem de veure, la població ha estat considerada un recurs, i encara ho és, especialment quan parlem de poblacions educades i qualificades per al treball (62).

### 2.1.2. Què és una reserva?

Una reserva és la part no usada de la totalitat d'un recurs que pot ser explotada econòmicament, atés el nivell tecnològic disponible i el nivell de preus existent.

Les reserves poden ser revisades a l'alça, com ha passat sovint a les darreres dècades, com en el cas del petroli. Les raons d'aquestes revisions solen ser les **noves descobertes** i les **noves tecnologies** que permeten extreure el recurs d'indrets hostils ja descoberts (com succeí amb el petroli del mar del Nord).

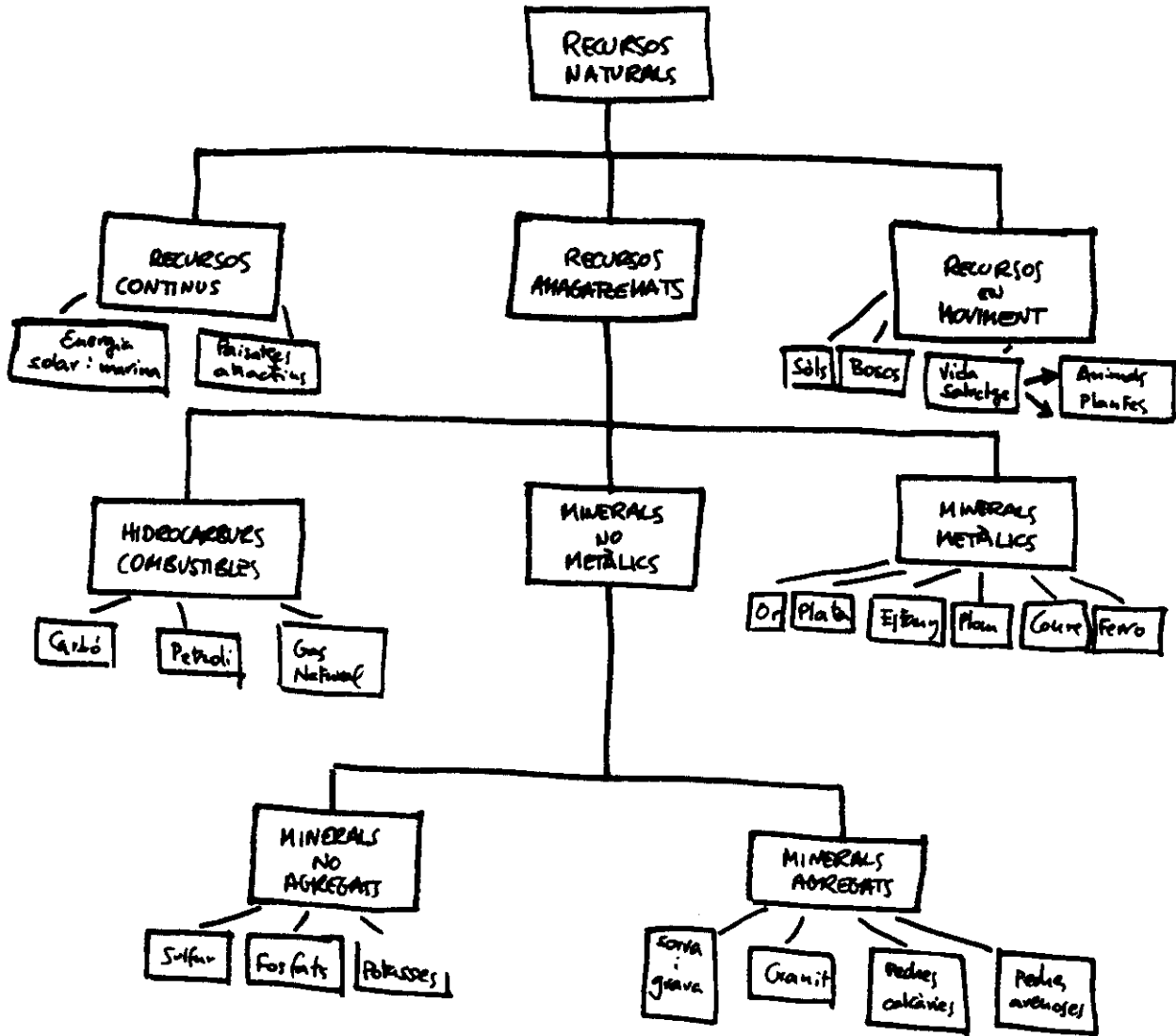
També pot ocórrer (ha passat en alguns casos) que canvis operats en el sistema de preus, per exemple augments del preu per increment de la demanda, facin que explotacions prèviament considerades antieconòmiques, esdevinguin reserves, en fer-se rendible la seva extracció davant dels nous preus més alts.

En sentit contrari, noves descobertes poden provocar el tancament d'una explotació geològicament difícil, amb rendabilitats marginals en l'actualitat.

### 2.1.3. Tipus de recurs

En funció de la seva relativa renovabilitat i de la intervenció de l'acció humana, podem dividir els recursos naturals en tres grans blocs: els continus, els amagatzemats i els que estan en moviment.

Esquemàticament, aquesta seria la classificació (63):



Els recursos **continus** són aquells que estan disponibles en la natura, independentment de l'acció humana, però que poden ser modificats per aquesta. És el cas de l'energia solar o marina (l'energia de les mareas) o dels paisatges naturals atractius.

Els recursos **amagatzemats** són recursos **no renovables**, excepte a través del temps geològic, el ritme lentíssim del qual vam esmentar al primer capítol d'aquest llibre. N'hi ha de tres menes: els **hidrocarburs combustibles** (carbó, petroli, gas natural), els **minerals metàlics** (or, plata, plom, ferro) i els **minerals no metàlics** (siguin aquests *no agregats* - com els fosfats o les potasses - o *agregats* - com el granit o la grava -).

Els recursos **en moviment** són recursos que poden ser mantinguts o incrementats per l'home. És el cas dels sòls, els boscs i del conjunt d'animals i plantes de vida salvatge. L'home pot erosionar els sòls o deforestar regions senceres, i pot, també, recuperar sòls quasi àrids i reforestar zones prèviament calzinades.

#### 2.1.4. Factors que intervenen en el desenvolupament d'un recurs

Un cop descobert un determinat recurs, el seu desenvolupament futur depèn de diversos factors. Els més importants són els següents:

- a. La tecnologia disponible.
- b. La disponibilitat de mà d'obra qualificada.
- c. L'existència d'uns preus internacionals favorables.
- d. El tipus de política del govern del país propietari del recurs.
- e. El cost del sòl en el que s'han de desenvolupar els treballs.
- f. Les infraestructures (especialment de transport) disponibles.

En els països rics més desenvolupats, hi podriem afegir dos factors més: les opinions dels propietaris de sòl locals i les opinions dels moviments ecologistes i dels experts en medi ambient.

Com veiem, l'explotació d'un recurs, no és ni automàtica ni immediata. Això explica el feble desenvolupament d'alguns recursos ja descoberts.

## **2.2. EL MODEL BIOLÒGIC BÀSIC DE RELACIÓ ENTRE LA POBLACIÓ I ELS RECURSOS**

### **2.2.1. Els recursos determinen la població**

Hi ha una forma clàssica de relacionar la població amb els recursos. És el que hom ha anomenat model **biològic** o model **bàsic**.

El plantejament és simple: són els recursos els que determinen la població.

El funcionament del model, en paraules de Nathan Keyfitz (64) és el següent: " L'única manera en que els recursos o qualsevol altra variable pot influir en la població és a través dels components del creixement poblacional: naixements, morts i migracions. En aquest model primitiu, si la població excedeix la seva base de recursos (incloent recursos no alimentaris que pot canviar per aliments), les taxes de mortalitat pujaran, sigui directament a través de la mort per fam o bè, molt més freqüentment, a través de la nutrició deficient que exposa la gent a tota mena de malalties".

Segons els arguments d'aquest model, si la gent s'anticipa a aquesta escassetat, poden restringir els naixements, i així evitar mals pitjors de malnutrició per a ells i els seus fills: en aquest sentit, els naixements s'ajusten, més o menys conscientment, als recursos.

D'altra banda, si l'escassetat és purament local, la gent pot marxar cap a un altre lloc on els recursos siguin més abundants: així les migracions són un mitjà per ajustar les poblacions locals als recursos.

Desde Giovanni Botero l'any 1588, fins al primer *Assaig sobre la Població* de Thomas Robert Malthus l'any 1798, aquesta concepció ha amarat el pensament de molts científics socials fins als nostres dies.

Aquest model explica el pessimisme poblacional de Malthus, dons ell opinava que el creixement de la població evolucionaria de forma molt més ràpida que la base de recursos, abocant la societat a un dilema: o frenar de forma consistent el creixement de la població o avançar cap a la perspectiva de la mort per inanició (65).

### **2.2.2. Les aportacions de l'ecologia humana**

Aquesta concepció ha estat present posteriorment en les anàlisis ecològiques dutes a terme, sobre tot per biòlegs, mirant d'aplicar a l'espècie humana els criteris que regeixen per altres espècies d'animals.



Així, hom ha establert el nombre de calories necessari per a la supervivència humana (entre 2.000 i 3.000 kilocalories per dia per a cada persona), i s'ha mirat de calcular la capacitat dels sòls terrestres de produir, a partir de l'energia solar, l'equivalent calòric suficient per a les poblacions humanes del present.

Les conclusions d'aquests estudis d'ecologia humana poden resumir-se així:

1. Els homes són criatures del seu entorn natural i, en darrera instància, de l'energia solar.
2. La petita fracció de l'energia total que és usada per al manteniment de la població humana, i el baix nivell de la seva utilització per part de l'home, suggereixen que a la Terra hi podria viure més gent, i viure-hi millor.
3. Com més curta sigui la cadena alimentària, més elevada és la proporció de llum solar disponible per l'home.
4. Els augments de població fan créixer la inestabilitat ecològica, i és essencial, per amortir aquesta inestabilitat, mantenir reserves, encara que aquestes siguin costoses (66).

### 2.2.3. Els límits del model bàsic

Aquest tipus d'anàlisi, concebeix l'home com a essencialment **inert**, responent als canvis, però sense cap capacitat d'iniciativa.

Suposa, d'altra banda, que tots els altres factors que no són població i recursos naturals, romanen constants. El que no és, obviament, el cas, particularment pel que fa al progrés tecnològic. Per no esmentar d'altres factors econòmics, culturals i polítics dels que parlarem després.

Malgrat aquestes limitacions, aquest model sembla adequat per a explicar els comportaments de la població en una primera etapa de les societats humanes, és a dir, als nivells més baixos de renda i d'educació. A aquests nivells mínims, el model bàsic o biològic sembla explicar bé la realitat.

Plantegem, per exemple, el cas de que una família o un país aconseguixin un important augment en els seus recursos, sigui en forma de terres o de renda. En aquesta hipòtesi, el ritme de creixement de la població, augmentarà o minvarà? El model biològic ens respondria que augmentarà, doncs la població pressiona sobre els recursos, i la gent tendirà a tenir tants fills com les seves condicions materials els permetin.

Si en comptes d'aplicar-hi la lògica d'aquest model, hi apliquessim la **teoria de la transició demogràfica** que hem descrit en començar aquest capítol, la resposta a la nostra pregunta seria just la contrària: la població tendria a créixer menys. En efecte, segons aquesta teoria, en la mesura en que l'augment de la renda vagi acompanyat de més educació i majors aspiracions vitals, la gent s'adona de que tenir tants fills bloquejarà la seva mobilitat social i, d'altra banda en el nou tipus de treball assalariat que fa per aconseguir aquesta renda més alta, els fills no representen l'ajuda que formen quan vivien en la pobresa.

Doncs bé, l'observació empírica sembla que demostra que un augment de renda pot causar un augment de la població **en una primera fase**, evitant algunes morts que altrament es produirien, augmentant els naixements en eliminar les limitacions tradicionals i reduir l'esterilitat causada per les malalties.

En una fase més avançada, **els altres efectes** de l'augment de la renda (més educació, major seguretat, altres i variats interessos personals) causarien, a l'hora, un descens dels naixements i de la mortalitat.

Així, en la primera etapa funcionaria la lògica del model biològic i, més endavant la lògica del model descrit per la teoria de la transició demogràfica (67).

La qüestió no resolta rauria aquí en fixar el nivell de renda o d'evolució social en que es produeix aquest *canvi de lògiques*.

### 2.3. LA "CAPACITAT DE SUSTENTACIÓ" DE LA TERRA

En línia amb el que hem definit com a model bàsic o biològic de relació entre població i recursos, s'ha desenvolupat el concepte de **capacitat de sustentació** de la Terra.

S'entén per capacitat de sustentació d'un territori, el màxim de població d'una espècie donada que pot ser mantingut de manera indefinida, sense que es produeixi una degradació en la base de recursos que pugui significar una reducció de la població en el futur (68).

Es tracta de considerar la Terra com si fos un ascensor i de calcular-ne la capacitat de càrrega, d'alimentació i manteniment d'éssers humans.