

# El canvi climàtic

## Unitat didàctica

Maig 2009



COL·LEGI OFICIAL DE DOCTORS  
I LLICENCIATS EN FILOSOFIA I LLETRES  
I EN CIÈNCIES DE CATALUNYA

*Al servei de la professió docent*



OBRA SOCIAL

**Caixa Sabadell**



Generalitat de Catalunya  
**Departament de Medi Ambient  
i Habitatge**



# UNITAT DIDÀCTICA: EL CANVI CLIMÀTIC

Equip Redactor: Anna Barrachina  
Joan Maluquer

Nivell educatiu: 4t ESO i batxillerat

## Índex

El canvi climàtic: les causes naturals i les antropogèniques

1. Les causes naturals
2. Les causes humanes

Canvis climàtics al llarg dels temps geològics

1. D'on s'extreuen les dades?
2. Material pel professor

L'albedo i el canvi climàtic

1. Relació entre l'energia solar incident i la fusió dels gels
2. Material per al professor

La modelització i el canvi climàtic

1. Per a què serveixen els models? Com s'elaboren?
2. Material per al professor.

Fent de periodista

1. Fer aflorar la veritat o bé amagar-la?
2. Material per al professor

## EL CANVI CLIMÀTIC: LES CAUSES NATURALS I LES ANTROPOGÈNIQUES

### 1.- Les causes naturals

Actualment en els mitjans de comunicació, en moltes converses, als anuncis, etc. es parla sovint de canvi climàtic, de canvis en el temps meteorològic, de l'efecte hivernacle o del augment de CO<sub>2</sub>. A continuació s'intentarà fer una breu síntesi d'aquests conceptes i d'altres amb que es relacionen.

Comencem diferenciant entre el temps meteorològic o atmosfèric com l'estat de l'atmosfera en un lloc i un moment determinats i el clima com el conjunt de condicions que caracteritzen l'atmosfera d'un lloc determinat i que són definides pels valors mitjans dels diferents elements climàtics, els seus valors extrems i la freqüència o durada dels fenòmens atmosfèrics durant un període llarg de temps (> 30 anys).

Els climatòlegs estableixen diferents tipus de climes: equatorial, polar, temperat, etc. La zona costanera de Catalunya dirien que gaudeix de clima mediterrani, però, ha estat sempre així? Serà sempre així?

El clima de les diferents zones del nostre planeta ha canviat nombroses vegades al llarg dels seus 4600 milions d'anys d'existència, tal com es pot observar en la següent figura:

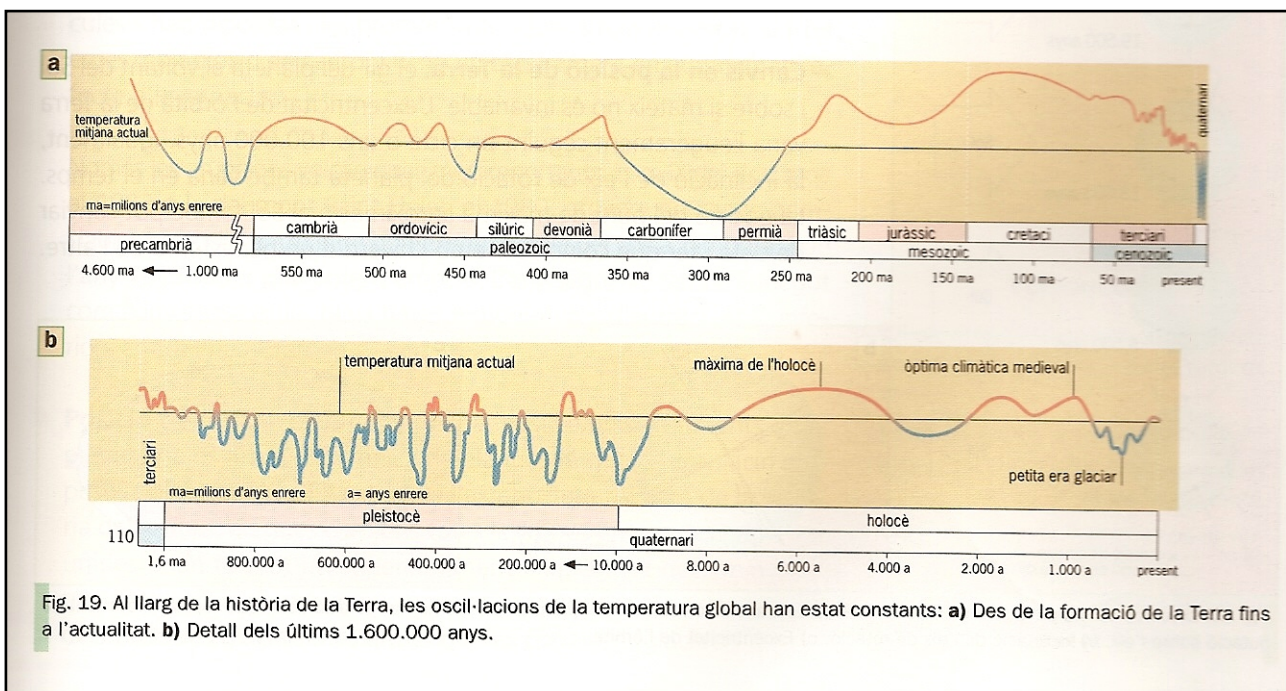


Fig. 1. Gràfic extret de Ferrer, M. et al. 2003

El terme canvi climàtic utilitzat els darrers temps té, però, una connotació diferent. S'aplica a la modificació ràpida de les condicions ambientals (temperatura, precipitació, humitat, velocitat del vent mitjana o variabilitat) associades a les activitats humanes, sobre tot a aquelles que provoquen un augment de la concentració en l'atmosfera de gasos amb efecte hivernacle.

Caldrà, doncs, distingir d'entre les causes que modifiquen el clima les naturals i les antròpiques, tenint present que la Terra és un sistema en que els seus elements (atmosfera, hidrosfera, geosfera, i biosfera) estan tant estretament relacionats que uns depenen dels

altres, de manera que comprendre el funcionament del nostre entorn i poder fer models de predicció és molt complex.

Un cop conegudes les causes naturals s'han d'introduir els factors antròpics i analitzar si aquests acceleren o compensen els canvis naturals i a quina velocitat.

### 1.1.- L'atmosfera

L'esquema següent permet recordar l'estructura i la variació dels paràmetres físics (temperatura, pressió i radiacions) en cada una de les seves capes.

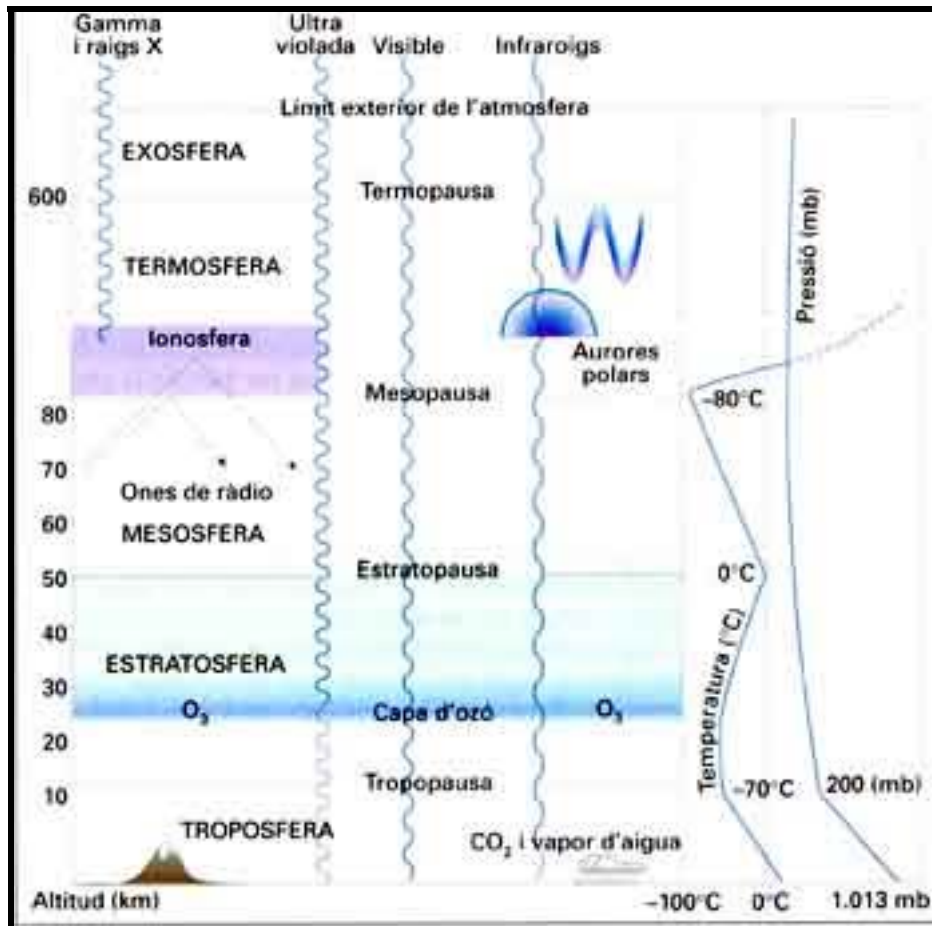


Fig. 2 Gràfic extret de [http://es.geocities.com/cienciesterra/tema3/CTMA03\\_02.html](http://es.geocities.com/cienciesterra/tema3/CTMA03_02.html)

Cal tenir ben present les funcions de l'atmosfera:

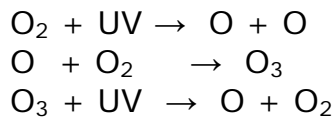
- Evita grans contrastos tèrmics, com a conseqüència de l'efecte d'hivernacle
- Filtra les radiacions solars
- Destruïx part de material còmic que cau sobre l'atmosfera
- La troposfera conté CO<sub>2</sub> per a que les plantes puguin dur a terme la fotosíntesi i el O<sub>2</sub> necessari per a la respiració dels diferents organismes.
- En la troposfera es completa el cicle de l'aigua que permet l'existència de vida

L'atmosfera de la Terra té el seu origen en la separació per densitat dels materials primitius que formaven el nostre planeta fa uns 4 500 milions d'anys.

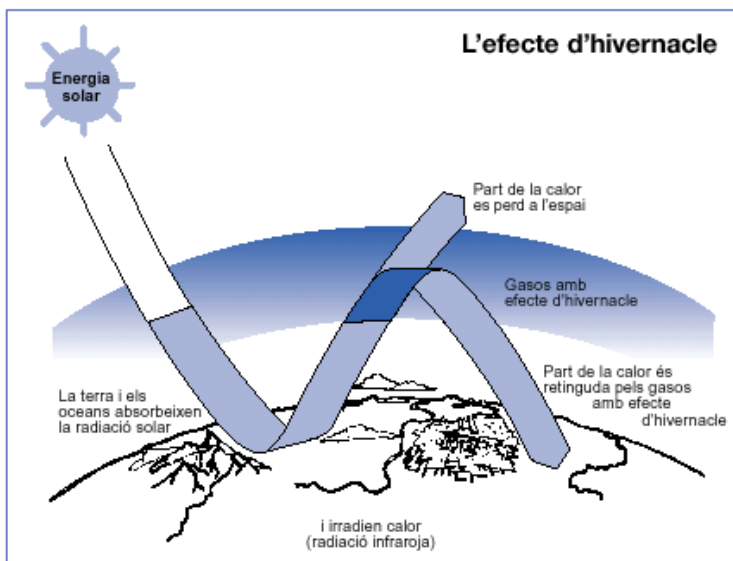
Eren abundants els gasos d'origen volcànic, donant una composició amb, aproximadament, un 85% de vapor d'aigua, un 10 % de diòxid de carboni (CO<sub>2</sub>) i el 5 % restant d'amoniac(NH<sub>3</sub>), metà (CH<sub>4</sub>), nitrogen molecular (N<sub>2</sub>), sulfur d'hidrogen (SH<sub>2</sub>), diòxid de sofre (SO<sub>2</sub>) i altres gasos. Fixeu-vos que no hi havia oxigen molecular (O<sub>2</sub>), i per tant, tampoc capa d'ozó. L'aparició d'organismes fotosintètics en els oceans inicials, fa aproximadament 2 000 milions d'anys, va fer canviar radicalment l'aspecte i el funcionament de la Terra, causant un gran impacte i l'extinció de molts organismes que fins aleshores havien habitat el nostre planeta. La fotosíntesi, en consumir diòxid de carboni i alliberar oxigen molecular va canviar el medi reductor existent per un altre d'oxidant, va anar saturant les aigües oceàniques i va anar passant a l'atmosfera. A l'estratosfera, la interacció de l'O<sub>2</sub> amb els raig ultraviolats procedents del Sol han anat formant **la capa d'ozó**. La capa d'ozó no es considera totalment formada fins fa uns 400 milions d'anys, permetent la diversificació d'espècies terrestres, tant animals com vegetals.

La composició de la troposfera seca va quedar, expressada en % en volum amb un 78,084 % de N<sub>2</sub>, 20,946 % de O<sub>2</sub>, 0.934 % d'argó, 0.033 de CO<sub>2</sub> i el 0.003 % restant d'altres gasos com l'ozó, hidrogen, heli, metà, etc.

Les reaccions que tenen lloc a l'estratosfera són:



Com a resultat d'aquestes reaccions de formació i destrucció d'ozó, la major part de la radiació ultraviolada és filtrada i no arriba a la superfície terrestre. La presència d'una substància química que reacciona més fàcilment amb les partícules d'O (com el Cl o CFC), no permetria la formació d'ozó i per tant no es consumirien els raigs ultraviolats, podent arribar així a la superfície de la Terra i causant danys als éssers vius.



Les radiacions procedents del Sol també són responsables d'un altre fenomen que permet la vida a la Terra. **L'efecte d'hivernacle** es produeix per la presència natural en la troposfera de gasos (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> i vapor d'aigua) que reemetten en forma de radiacions infraroges part de l'energia que emet la superfície terrestre i que es coneix com albedo. Si no existissin aquests gasos les radiacions es perdrien cap a l'espai i la temperatura mitjana de la Terra seria de -18°C, essent, en canvi, de 15° C, temperatura que permet la vida a la Terra. El problema actual és que

estem augmentant la quantitat d'aquests gasos i introduint-ne de nous (ozó troposfèric i òxids de nitrogen principalment), de manera que augmenta la temperatura mitjana, fent que

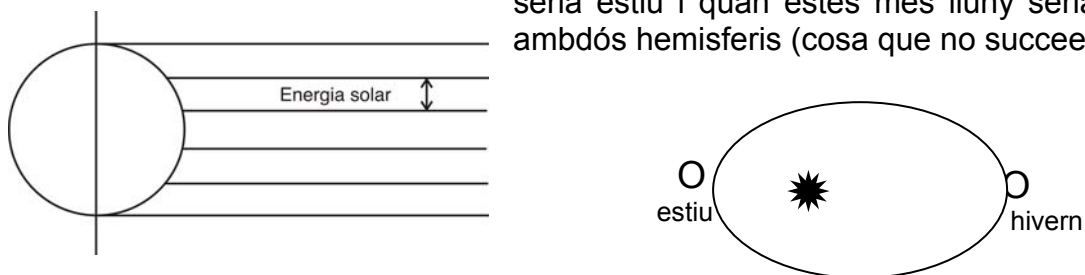
el sistema Terra trenqui el seu equilibri i en busqui un nou que pot afectar la nostra manera de viure.

Fig. 3 Gràfic extret de

<http://www.bellera.cat/sost/problemas/Webs/efectehivernacle.htm>

Gasos hivernacle	d'efecte	Origen natural	Origen antropogènic
Diòxid de carboni		Respiració Erupcions volcàniques Evaporació oceànica Descomposició matèria orgànica en condicions aeròbiques	Explotació i ús de combustibles fòssils Incineració de residus Indústria Desforestació
Vapor d'aigua		Cicle de l'aigua Erupcions volcàniques	
Metà		Descomposició de matèria orgànica en condicions anaeròbies Digestió de remugants Erupcions volcàniques	Abocadors Camps d'arròs. Extracció de carbó Indústries petrolíferes i de dissolvents
Ozó troposfèric		Tempestes elèctriques	Reaccions fotoquímiques
Òxids de nitrogen		Processos biològics en sòls i mars Erupcions volcàniques	Ús de combustibles fòssils Fertilitzants Indústria

El repartiment de l'energia procedent del Sol provoca l'existència d'estacions climàtiques (primavera, estiu, tardor i hivern). Podem considerar que l'energia arriba a la Terra en raigs pràcticament paral·lels que fan intersecció amb la superfície esfèrica de la Terra. Si l'eix de rotació terrestre fos perpendicular al pla que uneix els dos astres, tal com indica la fig. 4 , a igual separació entre les línies hi hauria igual quantitat d'energia, però les superfícies sobre les que incideixen són diferents, marcant diferents zones climàtiques en les que l'existència d'estacions dependria únicament de la excentricitat de l'òrbita: quan la Terra estes prop del Sol seria estiu i quan estes més lluny seria hivern a ambdós hemisferis (cosa que no succeeix).



Una altra causa d'existència d'estacions és la inclinació de l'eix de rotació d'un planeta respecte el pla de la seva òrbita, ja que accentua les diferències entre les superfícies dels hemisferis (fig. 5). Això provoca que mentre a l'hemisferi nord sigui estiu, al hemisferi sud sigui hivern, i a l'inrevés. El planeta Terra té estacions per les dues causes exposades.

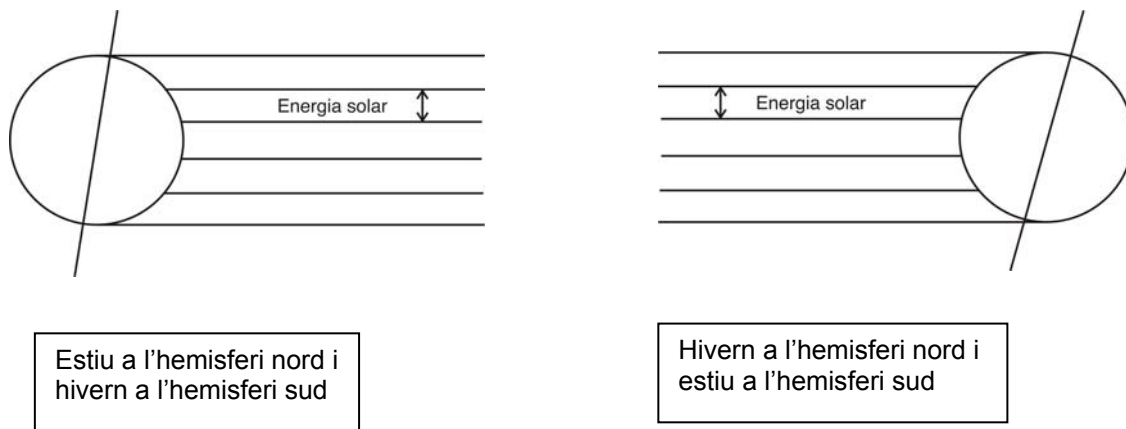


Fig. 5

### 1.2- La hidrosfera

L'aigua existent en la Terra i el seu cicle tenen un paper molt important en la transferència i distribució de l'energia solar que arriba procedent del Sol i que condiciona les condicions meteorològiques i climàtiques.

El repartiment de l'energia procedent del Sol sobre l'esfera terrestre fa que les zones polars rebin menys quantitat d'energia per unitat de superfície que les zones equatorials. La circulació de les masses d'aire en la troposfera, l'evaporació i condensació de l'aigua i els corrents marins redistribueixen aquesta energia fent que els pols siguin menys freds i els tròpics menys càlids. Per exemple, com s'indica a Química Salters ("Els oceans", 1998), a la regió de l'Atlàntic Nord, els vents i els corrents d'aigua calenta flueixen de SO al NE. La costa occidental d'Europa s'escalfa per l'energia que ha estat transportada des dels tròpics i des del Carib. A l'hivern, fins un 25% d'energia tèrmica pot arribar per aquesta via. L'est d'Amèrica del Nord no rep aquesta energia, i per aquesta raó, els hiverns són molt més agradables a Lisboa, Portugal (latitud 38°N), que a Bòston, EUA (latitud 42°N).

Qualsevol interferència o modificació en la circulació de les masses d'aire, i condensació de l'aigua (núvols i precipitacions) i els corrents marins introduirà canvis en l'equilibri actual del planeta.

### 1.3.- El cicle del carboni

El carboni es troba present en les diferents parts del sistema Terra:

Atmosfera	en forma de CO <sub>2</sub>
Hidrosfera	com a CO <sub>2</sub> , CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup> i HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup> dissolts en l'aigua de oceans rius, llacs i aigües subterrànies,
Geosfera	en les roques sedimentàries (carbonats, carbons i hidrocarburs, en els silicats de granits i basalts) en les erupcions volcàniques (emanacions de CO <sub>2</sub> i CO)
Biosfera	com constituent de les molècules orgàniques dels éssers vius i en el seu metabolisme (fotosíntesi, respiració i descomposició bacteriana).

Els diversos processos físics i químics que tenen lloc en la Terra fan que, si pogéssim preguntar a un àtom de carboni sobre els diferents elements terrestre dels que ha format part, la seva història podria seguir molts camins com podeu veure en la figura 6. Actualment els científics estudien aquests processos d'intercanvi i intenten quantificar el carboni que hi ha en l'atmosfera, en la hidrosfera, etc. però no és una tasca fàcil. Tot i així, aquests càlculs ajudaran a gestionar el futur ambiental del nostre planeta.

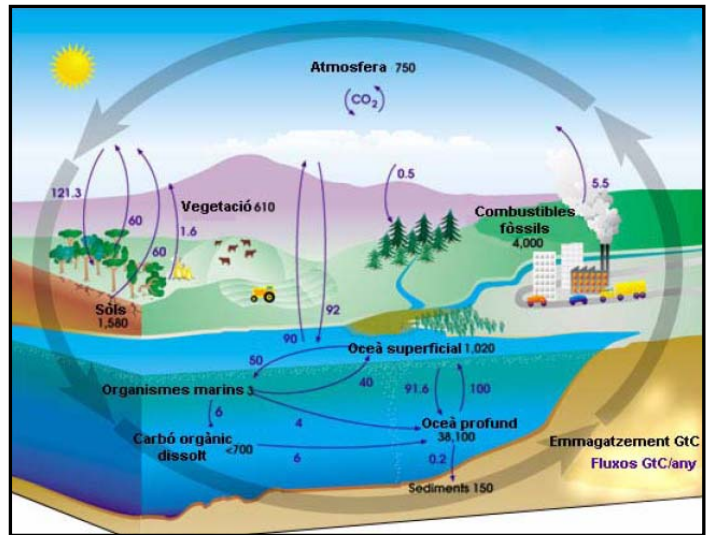


Fig. 6. extret de Llebot, J.E. 2007

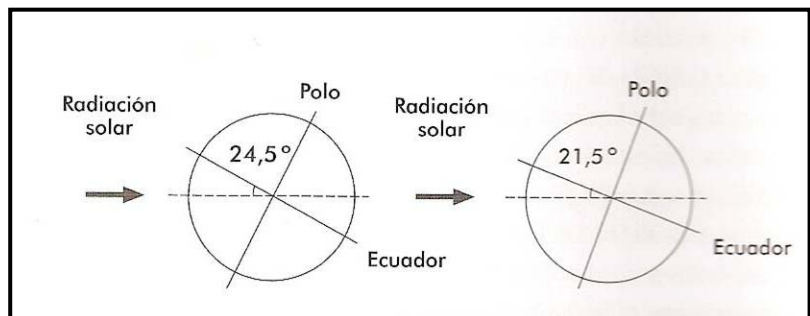
### 1.4.- Causes naturals de canvis climàtics

A mitjans del segle XIX, l'interès per conèixer les causes de les glaciacions quaternàries van fer que el matemàtic francès Josep A. Adhémar formulés la hipòtesi de que eren degudes a variacions de la intensitat de radiació solar que arribava a la Terra provocades per causes astronòmiques. L'astrònom rus, Melutin Milankovitch va treballar sobre aquesta proposta entre els anys 1920 – 1930 i va arribar a la conclusió que el mecanisme astronòmic que produïa les modificacions eren les variacions en les atraccions gravitatòries de la Terra amb els planetes més propers que provocaven fluctuacions en tres característiques de l'òrbita de la Terra al voltant del Sol i que s'expliquen a continuació.

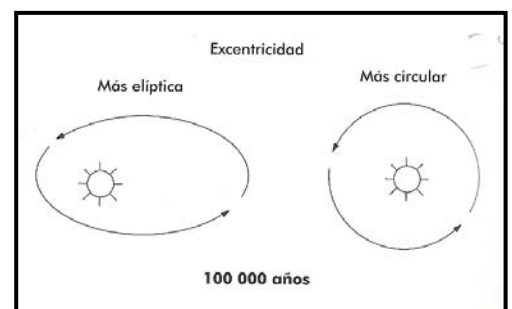
Els principals factors responsables de canvis climàtics naturals al nostre planeta són:

#### 1) Factors astronòmics (extret de Llebot, J.E. 2007):

**Canvis en la inclinació de l'eix de rotació:** la inclinació de l'eix de rotació d'un planeta respecte el pla de la seva òrbita condiona l'existència d'estacions (Fig. 5) Actualment l'eix de rotació de la Terra és d'uns 23° i s'ha calculat que varia entre 21,5° i 24,5° amb un període de 41 000 anys. Quant més inclinat està l'eix, més grans són els canvis estacionals, condicionant el clima.

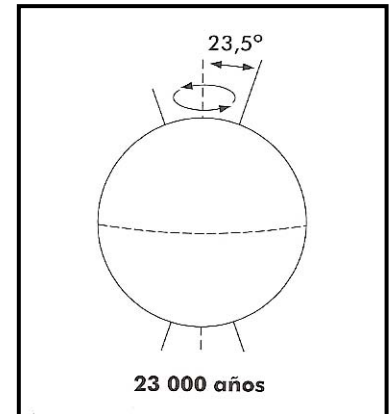


- **Canvis en l'excentricitat de l'òrbita de la Terra:** com diu la primera llei de Kepler, la Terra descriu una trajectòria el·líptica al voltant del Sol, de manera que el Sol ocupa un dels seus focus. La separació dels focus fa l'òrbita més el·líptica i les diferències entre estiu i hivern augmenten. Contràriament, com més pròxims estiguin els focus les diferències disminueixen. La periodicitat d'aquestes variacions estan calculades en uns 100000 anys. Actualment la Terra arriba al punt més



allunyat del Sol quan és hivern a l'hemisferi sud, pel que els hiverns australs són una mica més freds i els estius una mica més càlids que els corresponents al l'hemisferi nord.

- **Canvis en la precessió de l'eix de rotació de la Terra:** la interacció entre els efectes de la inclinació de l'eix de rotació i l'excentricitat de l'òrbita defineixen la precessió. Aquest moviment correspon a la rotació de l'eix de rotació terrestre al voltant de l'eix perpendicular al pla de l'òrbita. Té un període de 23 000 anys.

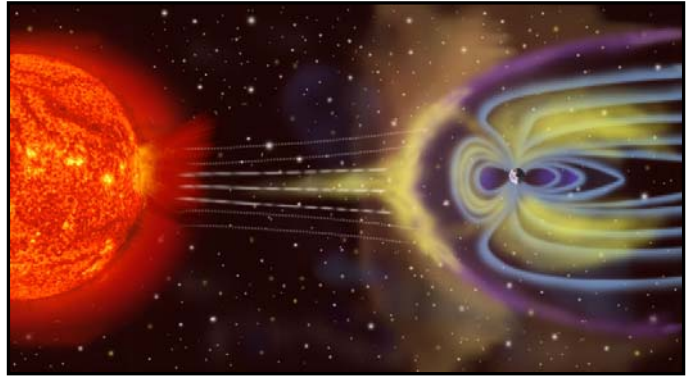


- **Canvis en l'activitat solar:** les radiacions emeses pel Sol no són constants, sinó que presenten un cicle aproximat d'uns onze anys. Estudis realitzats basats en arxius històrics sobre el nombre de taques en la superfície del Sol, mostren un cicle entre 10 i 12 anys, mentre que la variació en el nombre de taques és menys constant, oscil·lant entre les 45 del període 1804-1818 fins a un màxim de 190 taques al 1957. Altres estudis duts a terme sobre el contingut de carboni 14 en els anells dels arbres més vells confirmen l'activitat cíclica del Sol (a més activitat solar hi ha més entrada de radiació a l'atmosfera terrestre i durant la fotosíntesi les plantes absorbeixen carboni 12 i 14 amb el CO<sub>2</sub> en la mateixa proporció existent a l'atmosfera). Ambdós estudis confirmen el "*mínim de Maunder*", també conegut com a "*petita edat de gel*" entre el segle XVI i XVIII i el "*mínim de Spörer*" entre 1450 i 1550. D'altra banda es va produir un llarg període d'activitat solar alta entre 1100 i 1250 coincidint amb un clima càlid que possiblement va permetre les emigracions dels vikings entre Groenlàndia i Amèrica del Nord. Per afirmar amb rotunditat la ciclicitat de l'activitat solar es troba a faltar, al igual que en altres aspectes del canvi climàtic, registres de dades suficientment llargs i ben mesurats.

Els canvis en l'activitat solar també influeixen en la producció ozó estratosfèric a causa de la quantitat de raigs UV rebuts, en els vents, en la formació de núvols i en les precipitacions.

- 2) **Erupcions volcàniques:** les grans erupcions volcàniques com la del Krakatoa (Indonèsia) al 1883 o el Saint Helens (EUA) al 1980 injecten gran quantitat de cendres i diòxid de sofre a l'estratosfera, entre 15 i 30 km d'altura, on aquest gas es transforma en petites gotes d'àcid sulfúric. En l'estratosfera, els moviments de l'aire són essencialment horitzontals, provocant que els materials procedents dels volcans quedin en suspensió durant un temps llarg i es dispersin per tot el planeta. Les partícules reflecteixen i/o absorbeixen la radiació solar impeding que aquesta arribi a la superfície terrestre i la temperatura mitjana del planeta disminueixi, com per exemple l'erupció del Pinatubo (Filipines) al 1991 va fer disminuir la temperatura en 1° C durant el 1992-93. Els volcans afecten el clima, però en una escala de temps petita ja que les partícules es sedimenten o es dispersen en dos o tres anys. Actualment s'està veient que aquest efecte és molt més important durant les erupcions basàltiques (flood basalts) de llarga durada (diversos milers d'anys) que han ocorregut en diversos intervals de l'evolució geològica de la Terra. A l'Índia es troba la plataforma basàltica de Decan (Decan traps) l'edat de la qual coincideix amb l'extinció en massa de finals del Cretàcic.
- 3) **Posició de les terres emergides:** al llarg de la història de la Terra les terres emergides no han estat disposades com ara. La teoria de la tectònica de plaques explica com i perquè es desplacen, s'ajunten o es separen els continents. La disposició de les masses de terra condiciona la circulació atmosfèrica i la circulació dels corrents marins superficials i profunds, i per tant el clima.

- 4) **Canvis en el magnetisme terrestre:** el camp magnètic de la Terra varia la seva polaritat i intensitat periòdicament. Aquest camp magnètic actua com un escut que desvia part de les radiacions solars. Si aquest camp varia és lògic que pugui variar la quantitat de radiació que arriba a la superfície terrestre.



## 2. Les causes humanes

2.1 Unes evidències incontestables

2.2 Uns gasos invisibles però que es fan notar molt

2.3 Unes causes que tenen molt a veure amb l'activitat humana

2.4 Uns efectes greus per a tot el planeta, sobretot per als països tropicals i l'àrtic

2.5 I a nosaltres, com ens afectarà?

2.6 De Kyoto fins ara. Què s'està fent per lluitar contra el canvi climàtic?

2.7 I nosaltres, què hi podem fer?

### 2.1 Unes evidències incontestables

La temperatura mitjana a la superfície de la terra ha augmentat uns 0,6 °C durant el segle XX, mentre que la temperatura del 700 primers metres de la superfície marina ho ha fet en 0,1°C entre 1963 i el 2003, d'acord amb l'IPCC<sup>1</sup>.

L'augment de la temperatura terrestre ha estat general a tot el planeta i és consistent amb tot un conjunt de fenòmens que han pogut ésser advertits per nombrosos estudiosos de diverses disciplines i, en alguns casos, també per gent observadora del medi:

- 11 dels darrers 12 anys apareixen com els més càlids del planeta des de 1860.
- El retrocés de les glaceres arreu del món és un fet, així com el despreniment de gran plaques de gel de l'Antàrtida i Grenlàndia.
- A l'oceà Àrtic, la superfície coberta pel gel a l'hivern ha disminuït un 39% des de 1979 i l'aprimament del gel ho ha fet entre un 30 i un 40% en els darrers trenta anys.
- Un ascens creixent del nivell del mar, entre 10 i 25 cm en els darrer segle, per sobre del que s'ha produït en els darrers 1000<sup>2</sup> anys.
- Canvis en el comportament de nombroses espècies animals i vegetals, com ara l'avançament de la floració, el retard en la caiguda de les fulles, canvis en la distribució vers el N o el S d'espècies de requeriments tèrmics o freds, respectivament, i l'avenç en les migracions primaverals dels ocells i el retard en les hivernals, entre d'altres.

Aquest conjunt d'evidències han fet que el Panell Intergovernamental sobre el Canvi Climàtic (IPCC) hagi manifestat que la probabilitat de que el canvi climàtic es degui a causes humanes és superior al 90%.

### 2.2 Uns gasos invisibles però que es fan notar molt

Des del 1960 fins ara s'ha mesurat la concentració de diòxid de carboni a l'atmosfera, la qual ha augmentat d'unes 310ppm fins a 367ppm. A partir de dades indirectes, com ara els anells de creixement dels arbres, s'ha pogut establir una concentració de 280ppm el 1750, un 30% inferiors a les xifres actuals.

El CO<sub>2</sub>, tanmateix, no és l'únic gas responsable de l'efecte hivernacle i, de retruc, de l'escalfament global del nostre planeta.

---

<sup>1</sup> Panell intergovernamental sobre el canvi climàtic (IPCC): *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Cambridge University Press. Cambridge, 2007.

<sup>2</sup> Ayala (2004) ha mesurat taxes d'augment del nivell del mar a Alacant i ha vist com es multiplicaven x3 durant la dècada 1990-2000 (3,875 mm/any) en relació a la dècada 1980-1990 (1,35 mm/any).

Tipus de gas	Responsabilitat global i característiques	Fonts de generació
Diòxid de carboni (CO <sub>2</sub> )*	55% de l'efecte hivernacle	Crema de combustibles fòssils i incendis forestals
Hidrofluorocarbonis (HFC)*	17% de l'efecte hivernacle. Origen sintètic, l'any 1928; ús massiu des de 1950.	Destrucció i fabricació de circuits de refrigeració i aïllants
Metà (CH <sub>4</sub> )*	15% de l'efecte hivernacle. Una molècula de metà té un efecte x20 en relació al CO <sub>2</sub>	Activitat ramadera intensiva, abocadors, depuradores, aiguamolls
Òxids de nitrogen (NO <sub>x</sub> ). Sobretot òxid nitrós (N <sub>2</sub> O)*	Arrox. 5% de l'efecte hivernacle.	Combustibles fòssils, incendis, fertilitzants, microorganismes
Hexafluorur de sofre (SF <sub>6</sub> )*	Aprox. 6% de l'efecte hivernacle Origen sintètic	Emprat en determinats processos industrials i en equips elèctrics.
Compostos perfluorats (PFC)*	Aprox.5% de l'efecte hivernacle Origen sintètic	Indústria de l'alumini i dels semiconductors
Ozó troposfèric	Es produeix arran la superfície terrestre, per la interacció entre els òxids de nitrogen emesos per les activitats humanes i la radiació solar. Té efectes irritants i perniciosos per a les persones i la vegetació	Crema de combustibles fòssils (vehicles, centrals tèrmiques, refineries de petroli, etc.)

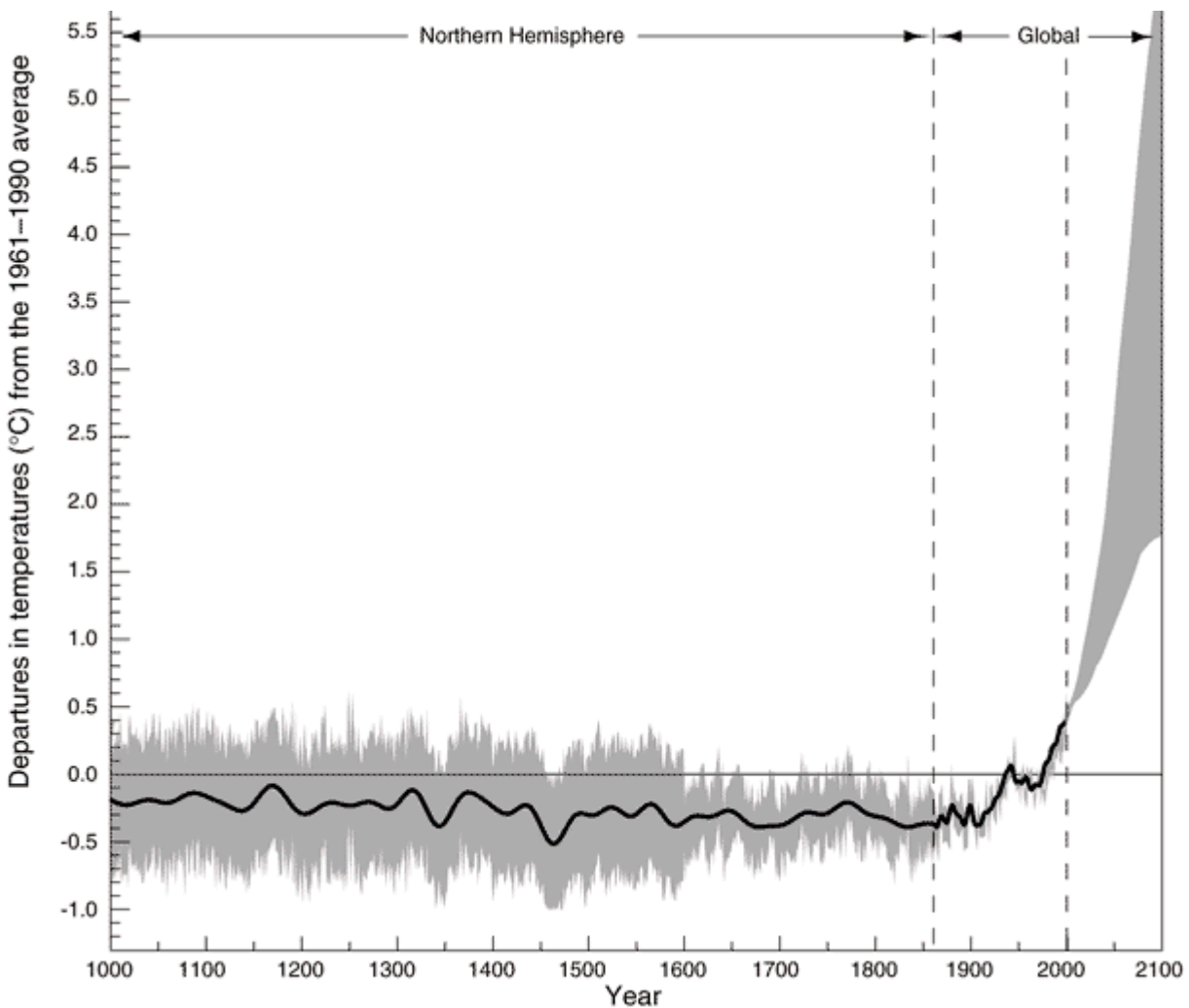
\*Gasos que s'inclouen en el protocol de Kyoto

Com hem vist, el CO<sub>2</sub> no és més que un més dels gasos d'efecte hivernacle i responsables per tant del canvi climàtic. Tanmateix, per la seva rellevància i per unificar la mesura dels gasos d'efecte hivernacle, s'empra la concentració equivalent del CO<sub>2</sub>.

D'acord amb les previsions de l'IPCC, es preveu que la concentració equivalent de CO<sub>2</sub> a l'atmosfera a finals del segle XXI se situarà entre les 490 i les 1200ppm.

### 2.3 Unes causes que tenen molt a veure amb l'activitat humana

Si bé hi ha evidències científiques de que estem en un període global d'escalfament, almenys des dels darrers 10.000 anys (període interglacial), és evident que el fenomen s'ha accentuat notablement a la segona meitat de s. XX a raó de 0,15°C per dècada. Aquests valors quadrupliquen la mitjana de 0,04°C d'augment per dècada enregistrada entre 1861 i el 2000.



Font: [www.jri.org.uk/brief/climate](http://www.jri.org.uk/brief/climate)

Aquesta acceleració coincideix, de manera ben exacta, amb el procés de transformació econòmica de bona part del nostre planeta, basat en la d'industrialització massiva i la motorització de bona part de la població.

Si s'analitza la figura anterior, es veu ben clarament com entre l'any 1920 i el 1950 hi ha un augment important de la temperatura, en un període de forta industrialització als països del primer món i també d'ús de tècniques i processos industrials molt contaminants, sobretot per l'ús massius de carbó i altres combustibles fòssils. Després de la segona guerra mundial i la fase inicial de depressió, es produeix un augment que s'estabilitza breument pels canvis i la diversificació en el tipus de recursos energètics, a partir de 1960. Finalment, a partir de 1980, es produeix un fort augment ininterromput que encara dura i que, amb el creixement accelerat de països fins ara en vies de desenvolupament (Xina, Índia, Brasil, etc.), possiblement continuï les properes dècades.

Les causes, actualment ben establertes, passen en primer lloc per les emissions associades a la incineració de combustibles fòssils per obtenir energia per a la indústria i per al consum domèstic, de comerços i oficines. En una situació molt propera es troben les emissions associades al transport, sobretot als vehicles motoritzats, mentre que en una tercera posició se situa l'activitat agrícola, en un ventall que va des del consum de combustible per les feines del camp, l'ús de fertilitzants i la producció de dejeccions ramaderes en important volum (ramaderia intensiva), principal font del metà.

La contribució dels diferents països al canvi climàtic varia força, en funció de les seves emissions. Amb poquíssimes excepcions es força clar que l'estil de vida basat en un elevat consum de recursos energètics que es dona en els països rics és la causa de les majors emissions per càpita. Així, els Estats Units d'Amèrica i Canadà tenen unes emissions equivalent de CO<sub>2</sub> per habitant i any que quadrupliquen la mitjana mundial, mentre que al continent africà es dona el fet invers: a penes s'assoleix la quarta part de les emissions mitjanes. A l'Estat Espanyol la producció de CO<sub>2</sub> per cap duplica el valor mitjà mundial.

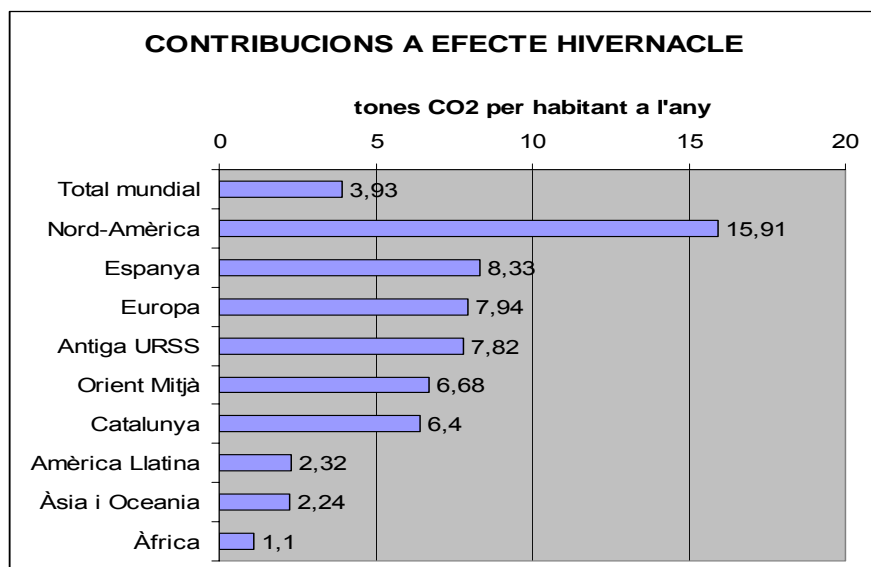


Figura: Emissions de diòxid de carboni equivalent d'origen energètic per càpita (2002).

Font: Energy Information Administration i ICAEN.

Si s'analitza d'una manera acumulativa la contribució dels diferents països a l'efecte del canvi climàtic les diferències són molt més elevades; així apareix que els EUA i Canadà, d'una banda, i Europa per l'altra han produït prop del 70% de les emissions de CO<sub>2</sub> associades a la producció d'energia, des de 1850 fins ara<sup>3</sup>.

## 2.4 Uns efectes greus per a tot el planeta, sobretot per als països tropicals i l'àrtic

Segons el tercer informe d'avaluació del Panell Intergovernamental sobre el Canvi Climàtic (IPCC, 2001) els efectes del canvi climàtic sobre les condicions ambientals del planeta serien força rellevants i impliquen:

- Un augment de la temperatura mitjana mundial, que podria arribar a ser d'entre 1,4 a 5,8°C per al 2100 si no s'apliquen mesures correctores. Amb diferències segons les regions geogràfiques i també a escala regional.
- Un augment del nivell del mar entre els 9 i els 88cm, més a prop dels valors màxims que dels mínims.
- Un increment important de la inestabilitat climàtica, amb un augment important de desastres naturals (ciclons, sequeres, pluges torrencials).
- Uns canvis molt rellevants pel que fa a les condicions tèrmiques dels diferents països i regions, amb importants afeccions als conreus, als hàbitats i espècies i sobre la salut humana, en part també per l'eventual irrupció de malalties tropicals en països actualment de clima temperat.

<sup>3</sup> Font: Stern, N. 2006. Stern Review on the Economics of Climate Change. Disponible en [www.sternreview.org.uk](http://www.sternreview.org.uk).

Les característiques més rellevants del canvi climàtic són que les conseqüències que tindrà (de fet que està ja tenint) sobre cada territori o país no depenen tant de la contribució de la població del territori com de la contribució global i, sobretot, de la ubicació geogràfica de cada territori concret.

Els efectes dels canvis previstos tindran una gran rellevància sobre els recursos hídrics, la biodiversitat i els ecosistemes, la salut humana, els pobles i ciutats i les activitats econòmiques, entre d'altres. Repassem a continuació breument quines són les previsions:

#### Recursos hídrics:

- Es preveu un increment de les precipitacions a les latituds altes (hivern i estiu) i a les latituds intermèdies (hivern).
- A l'àrea mediterrània es preveu una disminució del cabal dels rius, agreujada per una major demanda per usos urbans i, sobretot, agrícoles.

#### Biodiversitat i ecosistemes:

- Risc d'extinció d'espècies vulnerables, lligades a hàbitats especialitzats, ja siguin d'alta muntanya o bé a ran de mar (platja), així com d'ecosistemes (glaceres i congeses, deltes, etc.).
- Si l'escalfament global superés els 4°C podria desaparèixer part del bosc pluvial amazònic i també altres pluvials tropicals.
- Alteració greu d'ecosistemes marins i de la pesca (per ex. es produiria la mort de la pràctica totalitat dels coralls, ja actualment força afectats, que són els ecosistemes més rics del mar)
- Inundació o erosió de zones costaneres, amb pèrdua d'aiguamolls i platges i amb salinització dels importants aqüífers litorals.

#### Salut humana

- Important augment del risc sobre la salut humana, directament pels "cops de calor" i, de forma més indirecta degut a:
  - Transmissió de malalties tropicals i major risc d'infecció en general (per les temperatures més elevades).
  - Ampliació de l'àrea de distribució de malalties tropicals vers zones actualment temperades, com és la malària, el dengue i la febre groga.
  - Risc de desnutrició per la reducció i/o pèrdua de collites.
  - Risc derivat de les inundacions i els ciclons tropicals sobre les llars i vides humanes.

#### Pobles i ciutats i activitats econòmiques

- Les poblacions de les illes oceàniques i les situades a ran de mar poden desaparèixer o quedar greument afectades, tant les habitatges com les activitats econòmiques (per pèrdua de ports, balnearis i platges pel turisme, etc.)
- En les ciutats costaneres es preveuen afeccions importants sobre la xarxa de drenatge i evacuació d'aigües residuals, així com la distribució d'aigua potable i la gestió de les galeries de serveis (conduccions de gas, electricitat i cablejat soterrat).
- Gran part dels ports comercials i aeroports i grans àrees logístiques se situen en zones planeres de deltes o planes al·luvials a cotes molt baixes i properes al mar, molt vulnerables per tant.
- Els pobles i comunitats humanes més lligades a l'agricultura, la ramaderia i la pesca podran perdre o veure greument afectat el seu mode de vida.

▪L'informe Stern preveu que la sequera i l'augment del nivell del mar podrien provocar l'aparició de fins a 200 milions de refugiats ambientals, que migrarien dels seus països vers destinacions més favorables.

### Economia global

L'augment del risc d'inundacions, ciclons, huracans i altres adversitats climàtiques (que ja s'ha constatat darrerament) implica unes despeses creixents per a les companyies asseguradores i per als bancs, que es traslladen també a les persones, amb un augment dels costos i el risc de fallida de les entitats financeres. Els governs previsiblement hauran de destinar diners per cobrir els sectors més fràgils i reduir altres partides econòmiques.

La reversibilitat del canvis a mig i llarg termini depèn de la magnitud i durada del canvi climàtic i de la capacitat humana per tal d'adaptar-s'hi, sense augmentar-ne els impactes, tot adoptant mesures per tal de pal·liar-ne els efectes (augment de les energies renovables, augment de l'eficiència energètica, estalvi d'aigua, etc.).

Precisament un dels riscos majors, o paradoxa, és que el consum energètic es dispari per usos de climatització (sobretot refrigeració i aire condicionat), fet que agreujaria els efectes del canvi climàtic. També cal pensar en el consum energètic necessari per reconstruir les cases i infraestructures afectades pel desastres climàtics (ciclons, inundacions) i per recol·locar centenars de milers de famílies desplaçades.

En el pitjor dels casos, l'IPCC considera possible que es donin impactes de gran magnitud com ara la reducció important dels casquets polars de l'Àrtic i l'Antàrtida i l'alliberament de bosses de metà actualment coberts pel glaç i que augmentarien encara més la temperatura, produint modificacions sobre el clima i els corrents marins que podrien ser irreversibles, a escala humana, i multiplicar els impactes inicialment previstos.

### **2.5 I a nosaltres, com ens afectarà?**

Existeixen ja alguns estudis sobre els possibles efectes del canvi climàtic a l'Estat espanyol i a Catalunya que assenyalen una elevada vulnerabilitat del medi, així com al conjunt de l'àrea mediterrània.

- Concretament les previsions apunten a un augment entre 1 i 2°C cada 30 anys, en el cas que es mantingui l'increment actual de la concentració de CO<sub>2</sub> a l'atmosfera. De cara al 2100 aquest fet podria implicar un augment de fins a 4°C i a l'hivern 2°C més que la temperatura mitjana actual.

-Es preveu també una reducció de la pluviositat anual, sobretot durant la primavera, totalitzant entre -5% i -20% en relació a l'actual. (Cal tenir en compte que a l'augmentar la temperatura i la demanda d'aigua per la vegetació i els conreus, la demanda global d'aigua augmentarà en relació a l'actual).

-Es preveu també un increment de les anomenades anomalies tèrmiques o dies de temperatures extremes, així com els riscos climàtics (onades de calor, pluges torrencials, sequeres prolongades, etc.).

Els problemes ambientals, que amb elevada probabilitat es produiran a les nostres latituds per efecte del canvi climàtic són, entre d'altres: la disminució dels recursos hídrics; la regressió de la costa, amb especial incidència en els espais deltaics; les pèrdues de

biodiversitat biològica i d'ecosistemes naturals, i l'augment dels fenòmens d'erosió del sòl. Aquests canvis tindran una incidència socioeconòmica molt important, atès que afectaran a la baixa la producció agrícola, augmentaran el risc d'incendi forestal i reduiran l'economia basada en el turisme, entre d'altres.

## 2.6 De Kyoto fins ara. Què s'està fent per lluitar contra el canvi climàtic

L'any 1997, 38 països industrialitzats van signar el Protocol de Kyoto, en el marc del Conveni de les Nacions Unides pel Canvi Climàtic obligant-se així a reduir les emissions de sis gasos (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, PFCs, HFCs i SF<sub>6</sub>)<sup>4</sup>, responsables de l'escalfament global en diferent mesura, pel període 2008-2012. Cada país va prendre un compromís de reducció en relació als nivells de l'any 1990 i que en conjunt representava una reducció conjunta del 5,2%<sup>5</sup>. Els països en vies de desenvolupament no estan obligats a reduir les emissions en aquesta primera fase.

El protocol de Kyoto no ha pogut entrar en vigor de manera oficial fins al febrer del 2005, un cop ha estat ratificat per un nombre suficient de països industrialitzats, atès que l'annex del protocol establí que per a la seva posada en marxa es feia necessari que el ratifiquessin un mínim de 55 països industrialitzats i que aquests reunissin almenys el 55% de les emissions mundials. Això no obstant, una bona part dels països econòmicament més desenvolupats han dut a terme polítiques actives per tal de reduir les emissions, especialment de CO<sub>2</sub>. El protocol també preveia la possibilitat que els països industrialitzats puguin comerciar amb els respectius drets d'emissió, per vendre'ls una vegada assolits els objectius de reducció establerts o per adquirir-ne en el cas d'haver superat les assignacions d'emissions determinades pel Protocol.

Les exigències del protocol de Kyoto està sent un dels motors principals del desenvolupament de les energies renovables a tot el món, així com de l'estalvi i l'eficiència energètica (reducció de la despesa per obtenir el mateix efecte o benefici ambiental), en camps tant diferents com l'automoció, la construcció de vivendes i molts sectors de la indústria, especialment els habitualment més emissors de CO<sub>2</sub> (cimenteres, refineries de petroli, centrals tèrmiques de generació d'electricitat, etc.).

Els experts consideren que el compliment del protocol representa una oportunitat per a la creació d'una ocupació de qualitat, per promoure la innovació tecnològica, per reduir la dependència energètica i per avançar cap a la sostenibilitat<sup>6</sup>.

---

<sup>4</sup> Els acrònims fan referència als següents gasos: CO<sub>2</sub> o diòxid de carboni; CH<sub>4</sub> o metà, N<sub>2</sub>O o òxid nítrós; PFCs o compostos perfluorcarbonats; HFCs o compostos hidrofluorcarbonats, i SF<sub>6</sub> o hexafluorur de sofre. Cadascun d'aquests gasos contribueix en major o menor mesura a l'efecte hivernacle.

<sup>5</sup> Es va acordar la reducció d'un 8% pel conjunt de la Unió Europea, un 7% per als EE UU i un 6% per al Japó. Per la seva banda Ucraïna, la Federació Russa i Nova Zelanda es van comprometre a mantenir les emissions de 1990. Si bé en conjunt la UE es va comprometre a una reducció del 7%, Espanya podia augmentar les emissions en un 15% respecte als nivells de 1990. Dades obtingudes de: El impacto económico del Protocolo de Kioto. Fundación Biodiversidad, 2004.

<sup>6</sup> El impacto económico del Protocolo de Kioto. Fundación Biodiversidad, 2004.

Malgrat els canvis, els experts consideren que les condicions del medi atmosfèric planetari seguiran empitjorant els propers decennis, atès que s'espera un increment del 60% de les emissions de CO<sub>2</sub> motivat sobretot per l'increment de l'ús del carbó que s'està donant i es donarà en els països en vies de desenvolupament i pel fort increment que es preveu de l'ús dels combustibles líquids d'automoció, per l'augment previst del parc d'automòbils i camions d'aquests països.

El Panell Intergovernamental sobre el Canvi Climàtic (IPCC) o Grup Intergovernamental d'Experts sobre el Canvi Climàtic (GIECC) és un organisme que depèn de les Nacions Unides i que té per objectiu avaluar el risc del canvi climàtic, dirigir la discussió científica i crear consens al voltant de les dades i les previsions dels diferents escenaris i donar consells sobre com actuar per tal de mitigar-lo. Va ser creat l'any 1988 per l'Organització Meteorològica Mundial i el Programa de les Nacions Unides per al Medi Ambient (PNUMA) i aglutina uns 2.000 científics d'uns 100 països.

El GIECC publica periòdicament Informes d'Avaluació que contenen informació científica, tècnica i socioeconòmica sobre el canvi climàtic, les seves causes, els possibles efectes i les mesures per afrontar-ho, els quals han estat fonamentals per tal de preparar una Convenció Marc sobre el Canvi Climàtic, l'any 1994 (Primer informe) i, posteriorment, per assentar les bases del Protocol de Kyoto (Segon informe). El tercer informe ha estat molt important per sensibilitzar els països industrialitzats de la necessitat d'actuar i per promoure multitud d'iniciatives, públiques i privades, en aquest sentit. El darrer dels quatre informes publicats adverteix que el pitjors pronòstics s'estan complint i que si no s'hi posa remei, en uns pocs anys es pot alterar l'equilibri climàtic del nostre planeta.

El mateix IPCC ha recomanat la utilització de tecnologies que permetin una estabilització de les emissions amb un cost raonable<sup>7</sup>.

L'any 2007 el GIECC va ser guardonat amb el Premi Nobel de la Pau, compartit amb Al Gore, pels seus esforços d'obtenció i difusió d'informacions sobre el canvi climàtic provocat per l'home i per haver posat les bases per prendre les mesures necessàries per tal de lluitar-hi.

L'informe Stern (2006), fet des d'una òptica bàsicament economicista, avalua les conseqüències econòmiques de no actuar davant l'evidència del canvi climàtic, d'ací fins a l'any 2050, en uns costos de 5.500 milions d'euros. Aquesta xifra equival al 20% del PIB o riquesa total generada al món en l'any de referència. Per contra, el mateix estudi estima en només un 1% del PIB mundial la despesa necessària per tal de disminuir sensiblement els efectes del canvi climàtic en els propers decennis si es comença a actuar ara.

A més de les iniciatives promogudes per les administracions i organitzacions governamentals cal destacar que hi ha multitud d'iniciatives promogudes per organitzacions no governamentals, fundacions i ciutadans rellevants. La més coneguda pel gran públic és la campanya de conscienciació endegada per Al Gore, exvicepresident dels EUA, autor del llargmetratge "Una veritat incòmoda"(2006); però n'hi ha d'altres, com la que promou Vandana Shiva i la Fundació per a la Investigació Ecològica de l'Índia, que promouen la reforestació de zones semiàrides i moltes d'altres de menys conegudes però que juntes sumen una munió d'esforços.

---

<sup>7</sup> Ministerio de Medio Ambiente, WWF/Adena, Ecologistas en Acción y Greenpeace (CNC) / UGT CCOO (CNC): "Estrategia Española de Cambio Climático y Energía Limpia. Horizonte 2007-2012-2020" Informe del Ministerio de Medio Ambiente del 20 de juliol de 2007.

Aturar la desforestació, sobretot a les latituds tropicals, tant per a la biodiversitat com perquè és actualment la causa, en un 18% de les emissions de CO<sub>2</sub> al planeta<sup>8</sup>.

## 2.7 I nosaltres, que hi podem fer?

Aparentment, davant dels problemes que tenen una gran magnitud i una escala planetària el més fàcil és encongir-se d'espatlles i dir que no hi podem fer res, que el problema se'ns escapa. Tanmateix cal recordar una vegada més les paraules de Burke:

*“No hi ha res pitjor que aquell que no va fer res pensant que només podia molt poca cosa”*  
Edmund Burke

D'entrada podem contribuir, amb la nostra activitat quotidiana, a reduir les emissions de gasos d'efecte hivernacle. Com? Doncs de moltes maneres, com ara:

### A casa i en els hàbits quotidians

- Reduint l'ús del transport motoritzat i utilitzant la bicicleta o anant a peu (s'ha calculat que prop del 25% de la despesa del transport és per recorreguts inferiors a 1,5km, o sia que es poden fer en 15-20m a peu).
- Racionalitzant la climatització de casa, tot evitant el consum excessiu de calefacció a l'hivern (regulant una temp. de 19C n'hi ha prou, i per cada °C addicional augmentem el consum energètic entre un 7 i un 8%) i, especialment, de refrigeració a l'estiu (emprant ventiladors estalviem més del 95% de l'energia i no provoquem problemes de sequera de l'aire i d'altres afeccions respiratòries).
- Utilitzant làmpades de baix consum, electrodomèstics eficients (lletres A i B) i fent-ne un bon ús, podem estalviar fins a un 75% del consum energètic per aquests conceptes.
- Reduint l'ús d'aigua calenta, sobretot pel bany; amb una dutxa amb airejador podem consumir 15 litres d'aigua calenta, per 30 amb dutxa convencional i més de 200 litres amb banyera.

### Al comprar

- Triar productes frescos o de temporada (que no han passat per cambra frigorífica, que gasta molta energia) i de conreus propers al nostre lloc de residència (estalviant l'energia del transport).
- Triant productes procedents d'agricultura ecològica, sense pesticides ni fertilitzants sintètics, que tenen un cost energètic molt important i que incorporen substàncies destructores de l'ozó.
- Anar a comprar amb carro o cistella i evitar l'ús de bosses de plàstic, safates de pòrex i altres envasos plàstics no reciclables, que acaben generalment a la incineradora de residus, produint CO<sub>2</sub> i altres gasos nocius.

---

<sup>8</sup> A. Caparrós Mas. Ecosistemas 16(1): 124-125. Gener de 2007.

- Triant les alternatives de productes amb menys impacte, alternatius als esprais, envasos de plàstic i alumini i altres productes d'higiene, bricolatge, etc.
- Evitar les joguines i els productes de base plàstica davant dels de fusta.

## Canvis climàtics al llarg dels temps geològics:

D'on s'extreuen les dades ?

### Introducció

---

Es diu que quan vivien els dinosaures a la Terra hi predominava un clima més càlid i humit que l'actual, que en la prehistòria hi hagueren diverses glaciacions... Quines dades permeten als científics fer aquestes afirmacions?

Les variables climàtiques del sistema atmosfèric influeixen directament en la biosfera, la geosfera i la hidrosfera, de manera que si estudiem les restes d'aquests sistemes podrem entendre les variacions climàtiques.

### Objectiu

---

- Conèixer i valorar els mètodes de recollida de dades utilitzats per estudiar el canvi climàtic
- Comprendre la dificultat de conèixer el funcionament i les relacions entre l'atmosfera, la hidrosfera, la geosfera i la biosfera terrestre.
- Saber extreure dades d'un gràfic i d'un text

### Material

---

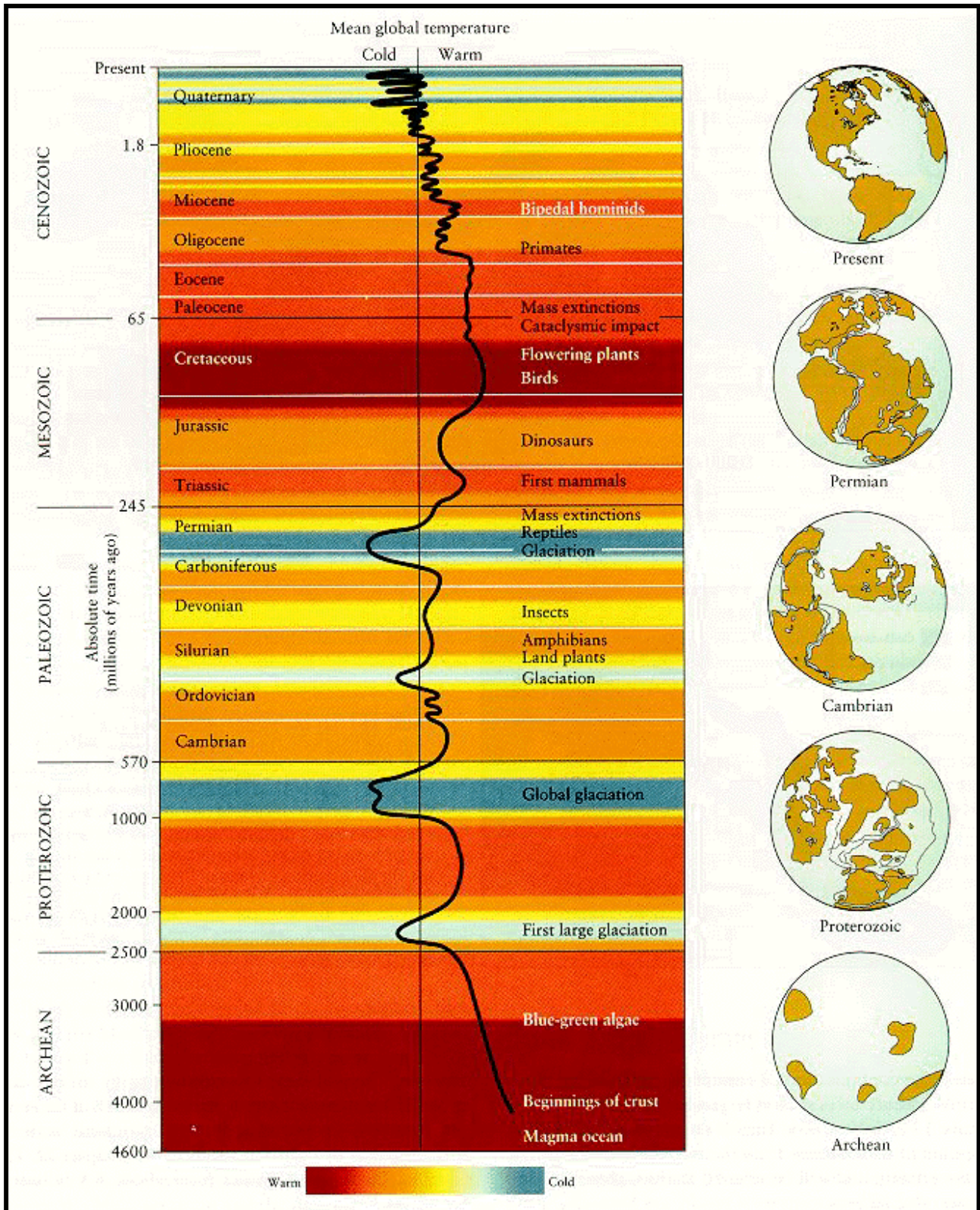
- Qüestionari
- Fotocòpia ampliada a DIN 3 del organigrama de la qüestió
- Ordinador

### Qüestionari

---

- 1) Com ha estat el clima al llarg de la història de la Terra? Analitza el **Gràfic1** amb atenció i respon:
  - a) Quines variables relaciona?.
  - b) Quantes èpoques glacials hi ha indicades?
  - c) Han predominat les èpoques càlides - temperades o les glacials?
  - d) La distribució de les glaciacions és periòdica en el temps? Descriu-la.
  - e) A què et sembla que és degut?
- 2) Fes una predicció: quines et sembla que poden haver estat les causes d'aquests canvis climàtics? En seria l'*Homo sapiens* el responsable?

Gràfic 1: Algunes dades sobre la història de La Terra



- 3) D'on s'han extret les dades per poder confeccionar un gràfic com aquest? Llegeix els següents articles i indica quins sobre quins mètodes de recollida de dades descriuen o citen.

[http://www.utm.csic.es/bae\\_diario.asp?id=%7BC0B8C441-7A8D-4352-92AE-97564263016B%7D](http://www.utm.csic.es/bae_diario.asp?id=%7BC0B8C441-7A8D-4352-92AE-97564263016B%7D)

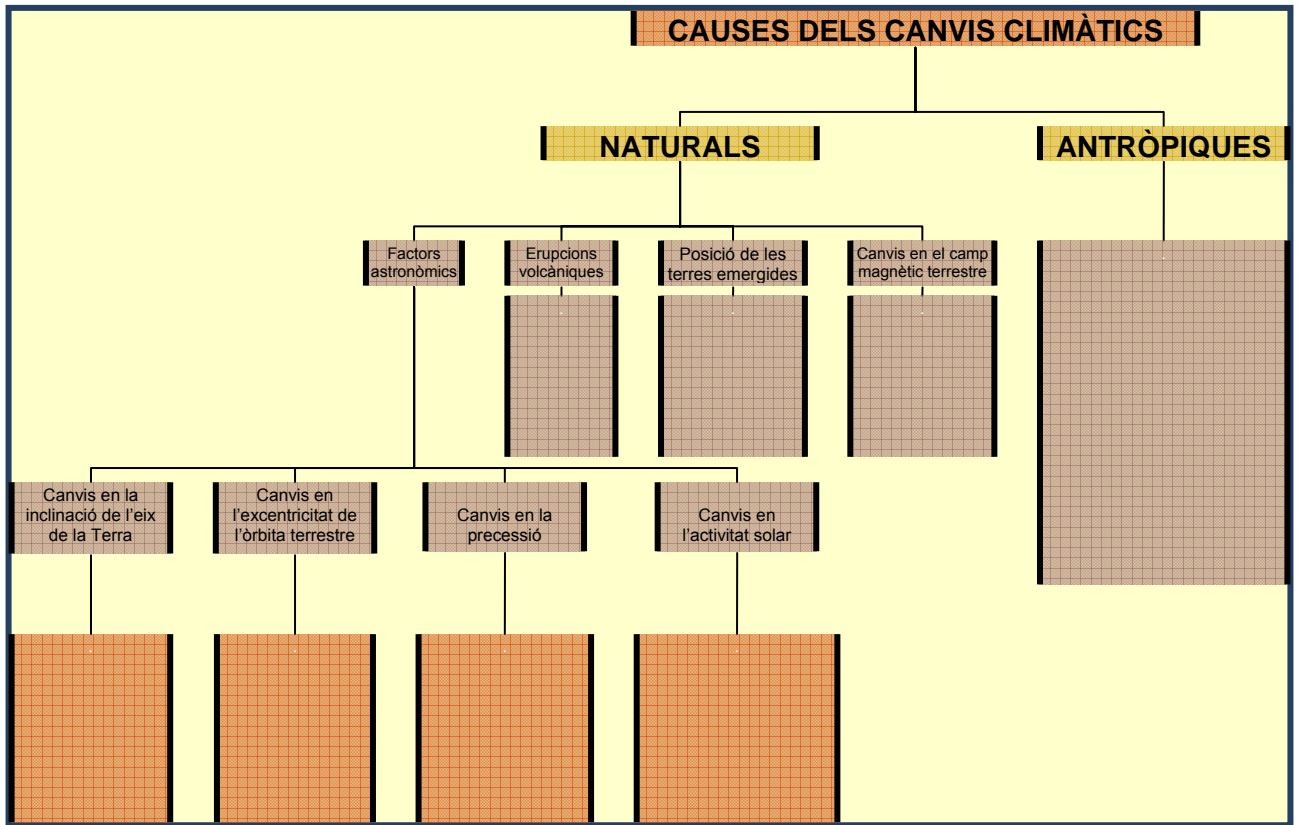
<http://www.laopinioncoruna.es/estaticos/domingo/20070909/domingo.html>

[http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0002-70142005000200011&lng=en&nrm=iso&tlng=en](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-70142005000200011&lng=en&nrm=iso&tlng=en)

<http://homepage.mac.com/uriarte/ordovicico.html>

- 4) Completa l'esquema del document adjunt (Causes) sobre les causes dels canvis climàtics. Per fer-ho pots consultar les lectures de l'exercici 3.

# EL CANVI CLIMÀTIC



## Canvis climàtics al llarg dels temps geològics:

D'on s'extreuen les dades ?

**Material pel professor**

### Orientacions didàctiques

#### Temporització

20-30 minuts per la respondre les qüestions 1 i 2 i fer la posta en comú

Activitat 3 i 4: temps diferent segons la manera de plantejar l'activitat.

#### Orientacions metodològiques

Les activitats 3 i 4 es podrien plantejar com un treball en individual o en grup. Cada grup podria treballar tots els punts o bé cada grup fer un apartat diferent i després explicar-ho als altres.

L'esquema de l'activitat 4 podria ser el punt de partida de l'elaboració d'un pòster o una presentació per ordinador on incloure esquemes i imatges que fessin la recerca més entenedora i atractiva.

És adient tant per estudiants de Ciències per el món contemporani com per les Ciències de la Terra i del medi ambient de batxillerat, així com per l'optativa de 4r d'ESO de Biologia i Geologia.

#### Respostes a les qüestions

1) Com ha estat el clima al llarg de la història de la Terra?

Analitza el gràfic amb atenció i respon:

a) Quines variables relaciona?

**Temps, temperatura mitjana, principals esdeveniments de l'evolució del planeta, distribució de les plaques tectòniques.**

b) Quantes èpoques glacials hi ha indicades? **8 èpoques**

c) Han predominat les èpoques càlides-temperades o les glacials?

**Les càlides-temperades**

d) La distribució de les glaciacions és periòdica en el temps? Descriu-la.

**No. Hi ha més variacions en el cenozoic, prop de l'actualitat, però més curtes**

e) A què et sembla que és degut?

**Es disposa de més dades**

2) Fes una predicció: quines et sembla que poden haver estat les causes d'aquests canvis climàtics? En seria l'*Homo sapiens* el responsable?

**Diverses**

**No, encara no existia**

3) D'on s'han extret les dades per poder confeccionar un gràfic com aquest?

Llegeix els següents articles i indica quins sobre quins mètodes de recollida de dades descriuen o citen.

[http://www.utm.csic.es/bae\\_diario.asp?id=%7BC0B8C441-7A8D-4352-92AE-97564263016B%7D](http://www.utm.csic.es/bae_diario.asp?id=%7BC0B8C441-7A8D-4352-92AE-97564263016B%7D)

<http://www.laopinioncoruna.es/estaticos/domingo/20070909/domingo.html>

Extracció de testimonis (sondejós) de gel que permeten l'estudi de:

- les bombolles d'aire atrapades en el gel que informen de la proporció de gasos de l'atmosfera, quantitat d'aerosols, etc.
- la proporció dels isòtops d'oxigen en les molècules d'aigua gelada que dona informació de la temperatura de l'atmosfera
- les mostres de pol·len

[http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0002-70142005000200011&lng=en&nrm=iso&tlng=en](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-70142005000200011&lng=en&nrm=iso&tlng=en)

Es fa un estudi dels anells de creixement de gimnospermes en les restes d'un bosc fòssil del Paleocè (fa entre 65 i 56 m.a.) a l'Argentina i dels sediments que les acompanyen. Aquests estudis permeten establir unes condicions ambientals fluviodeltaiques en un clima temperat-càlid i humit amb estius secs i primaveres plujoses

<http://www.xtec.es/~jdomin11/projecte/glaciacions.htm>

Explica la presència de sediments glacials (til·lites) entre roques de diversos períodes geològics

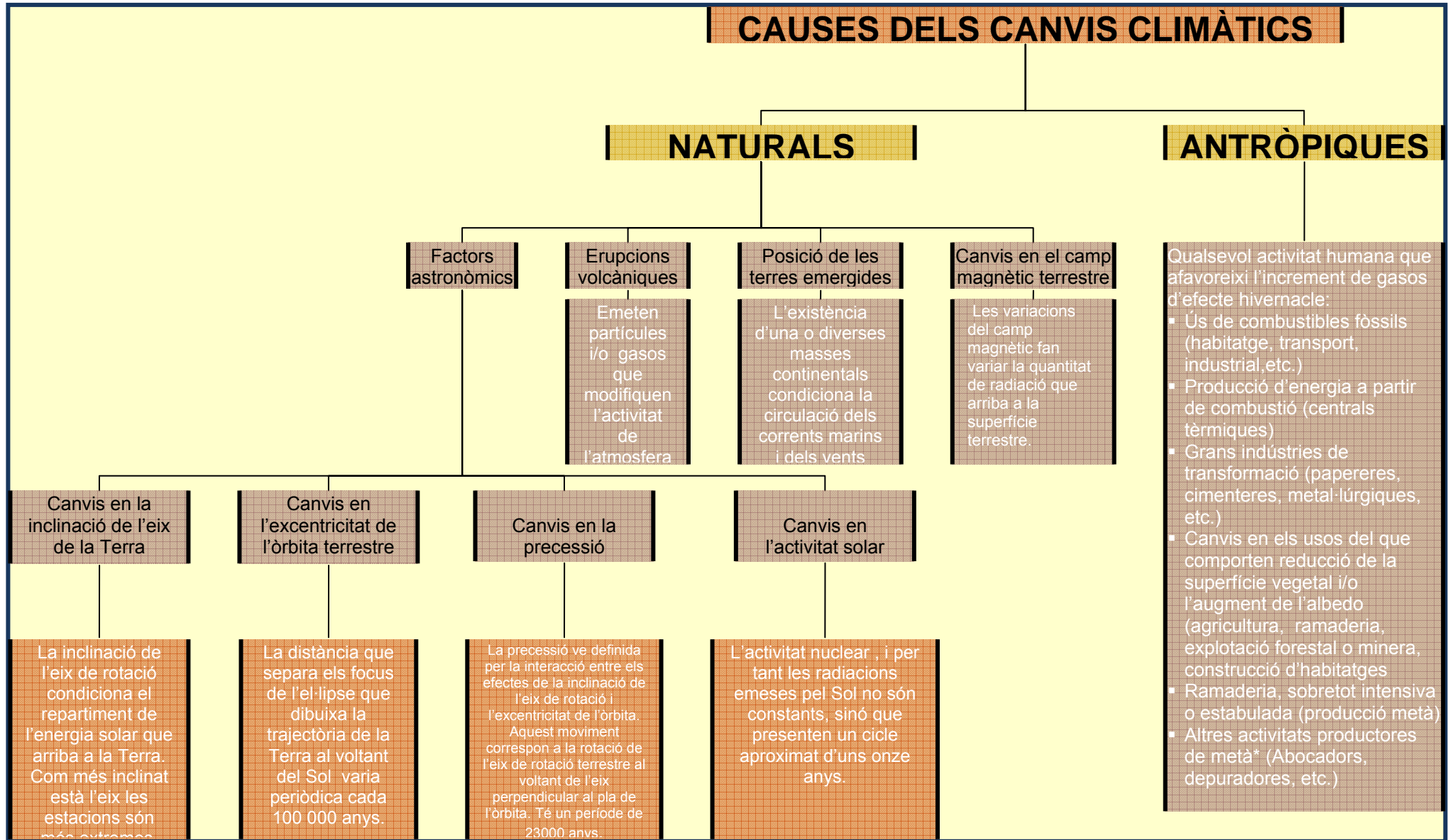
<http://homepage.mac.com/uriarte/ordovicico.html>

Explica la utilitat dels fòssils i de les característiques de les roques que els contenen per saber com era el món el passat

- 4) Completa l'esquema del document adjunt (Causes) sobre les causes dels canvis climàtics. Per fer-ho pots consultar les lectures de l'exercici 3.

**Els alumnes poden omplir l'esquema directament en l'ordinador o bé imprimir-lo i ampliar-lo i fer-ho a mà amb fotografies i esquemes.**

**En el document "Causes amb resposta" s'han escrit els elements que no haurien de faltar en la resposta dels alumnes, encara que poden afegir més informació.**



## L'albedo i el canvi climàtic:

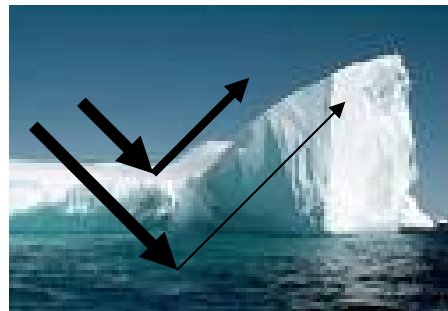
Relació entre l'energia solar incident i la fusió del gels

### Introducció i què és l'albedo?

L'energia procedent del Sol que incideix sobre el nostre planeta és absorbida en un 72% (un 26% per l'atmosfera i un 46% per la superfície terrestre), i la resta, un 28%, és reflectida per la superfície del nostre planeta. La fracció de llum que es veu reflectida respecte de la llum incident es coneix amb el nom d'**albedo** i ens indica la el percentatge d'energia solar reflectida respecte de l'energia solar incident

No tots els materials tenen la mateixa capacitat de reflexió, com es pot veure en la taula següent:

Tipus de superfície	Albedo en %
aigua	5-10
neu fresca	80 - 90
neu vella	45 - 70
gel marí	30 - 40
bosc	5 – 11,5
sòl fosc sec	Aprox. 14
sòl fosc humit	Aprox. 8
sorra	25 - 30



### Objectiu

- Muntar un experiment de simulació de la reflexió de la llum per una capa de gel que es va fonent
- Analitzar els resultats per poder fer una predicció sobre el que pot passar si es fonen els gels dels pols

### Material i equipament

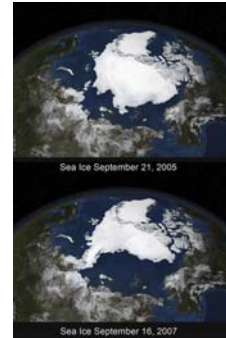
<p><b>Material</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Sensor luxòmetre de 300 klux</li> <li>▪ Llum d'un focus amb bombeta de 80 W o 100 W, 220 V.</li> <li>▪ Cubeta o safata gran amb un fons d'aigua tenyida amb colorant negre</li> <li>▪ Placa de gel de mida una mica inferior a la de la cubeta</li> </ul> <p>Suports i pinces per subjectar la bombeta i el sensor</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ordinador</li> <li>▪ Programari Multilab</li> </ul>
--	--

**Què en sabem**

La capa de gel sobre el Pol Nord en el 2005 era aproximadament 5,3 milions de km<sup>2</sup> i en el 2007 de 4,1 milions km<sup>2</sup>.

Quina ha estat la superfície de gel perduda en el Pol Nord ?

Si Catalunya té una superfície de 32 000 km<sup>2</sup>, a quantes "Catalunyes " equivaldria el càlcul anterior?



d'uns

**Com podem muntar la simulació?**

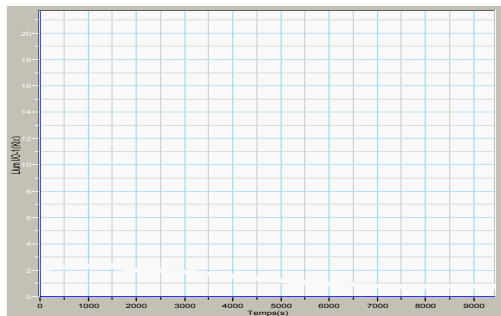
Suposeu que volem fer una captura de dades de la llum que reflecteix una capa de gel mentre es va fonent, degut a la calor que li arriba d'una bombeta. També es tracta de comprovar si un cop el gel s'ha fos, la capa d'aigua que havia a sota, i que hem tenyit de color fosc, reflecteix menys la llum que el gel inicial. Feu un dibuix o esquema de com disposareu el sensor de llum, la bombeta i la placa de gel flotant sobre l'aigua tenyida amb un colorant fosc.

Quines és la variable que volem estudiar?

Quines magnituds ens convé mantenir invariables durant l'experiment de simulació?

**Predicció del que podem obtenir d'aquest experiment**

En aquest experiment de simulació, no mesurem l'albedo ni tant sols la intensitat de la llum absorbida pel gel o pel que quedi quan estigui fos, malgrat això podeu fer una predicció del que suposeu que sortirà en la gràfica de la intensitat de llum reflectida, primer pel gel i després per l'aigua tenyida de color fosc.



**Realització de experiment**

Aquí



teniu un possible muntatge de l'experiment de simulació

## Configuració del sistema

Enguegueu la interfície i l'ordinador. Obriu el programa **Multilab**

Ara cal configurar el programa per capturar les dades de llum reflectida en funció del temps

Feu clic al botó **Configurar ajudant** .

S'obra la finestra que detecta a l'entrada 1 **el sensor de llum 300 klux**.

Feu clic al **Proper** per obrir la finestra següent.

Seleccionar:

Freqüència: **cada 10 segons**

Mode d'escalat: **Escala completa**

Mode de gravació: **Substituir**

Feu clic al **Proper** per passar a la finestra següent:

Seleccionar: Per temps: **continu** Això permetrà que el sistema vagi fent mesures contínuament.

Feu **Acabar**.

## Enregistrament de les dades

Comenceu la captació fent clic al botó **Executar**

Deixeu l'equip en marxa durant varies hores, fins que veieu que tota la placa de gel s'ha fos. Per una temperatura ambient d'uns 20° C, la placa fon totalment en un interval de temps entre dues i tres hores, segons el gruix de la placa.

Amb el botó **Stop** finalitzen les captacions

Anomeneu i guardeu l'arxiu amb l'opció **Guardar com** del menú **Arxiu**

## Anàlisi de les dades i càlculs

---

- 1- Com interpreteu els canvis en els valors de la intensitat de la llum reflectida?
- 2- Suposem que el gel es continua fonent al mateix ritme d'uns 0,6 milions de km<sup>2</sup> cada any, quants anys haurien de passar per a que l'oceà Àrtic ja no tingués gel permanent?
- 3- En l'experiment de simulació, has pogut observar com canvia la intensitat de la llum reflectida. A partir d'aquesta gràfica, dibuixa aproximadament com seria la gràfica de intensitat de llum absorbida en funció del temps.
- 4- Els científics estant observat que la fusió és més ràpida degut, possiblement, a efectes de l'albedo.
  - a) Si la superfície de gel perduda està sotmesa a una mitjana d'albedo del 60 % i la radiació incident és de 235 W/m<sup>2</sup>, quina seria l'energia reflectida?
  - b) Un cop fos aquest gel, la radiació incidiria sobre l'oceà. Suposant una mitjana d'albedo per l'aigua marina d'un 5%, quina seria l'energia reflectida en aquesta nova situació?

c) Calcula l'energia que ja no serà reflectida durant l'any 2008. On creus que haurà anat a parar aquesta energia?

5- Quines són les teves conclusions sobre la influència de l'albedo en la velocitat de fusió de les plaques de gel marines?

**L'albedo i el canvi climàtic:**  
Relació entre l'energia solar incident i la fusió del gels  
**Material pel professor**

### **Orientacions didàctiques**

#### **Temporització**

20 minuts per la presentació i planificació. L'experiment cal deixar-lo muntat en un lloc que no molesti durant unes dues hores o més.

30 minuts per la discussió posterior

És adient tant per estudiants de ciències per el món contemporani com per les ciències de la Terra i del medi ambient de batxillerat, així com per estudiants de 4r d'ESO.

#### **Orientacions metodològiques**

---

Una manera de fer aquest treball pràctic és discutint prèviament la possibilitat de que la fusió dels gels per efecte d'un canvi climàtic accelerin l'efecte de l'albedo, cosa que actuarà com un factor accelerador de la fusió de més gel. L'experiment està pensat per ajudar a entendre aquest fenomen.

Els estudiants poden treballar a l'aula fins l'apartat de les prediccions. A partir d'ara el professorat té diferents camins: muntar l'experiment o passar a donar una còpia de la gràfica amb els resultats (vegeu més avall) i continuar treballant a l'aula, demanant als estudiants que argumentin les seves opinions.

#### **Orientacions tècniques**

---

La fotografia mostra la manera de realitzar el muntatge. La bombeta convé que sigui de tipus focus. És convenient que es posi un paper d'alumini o qualsevol cosa que faci de pantalla per evitar que el sensor capti llum directa de la bombeta.

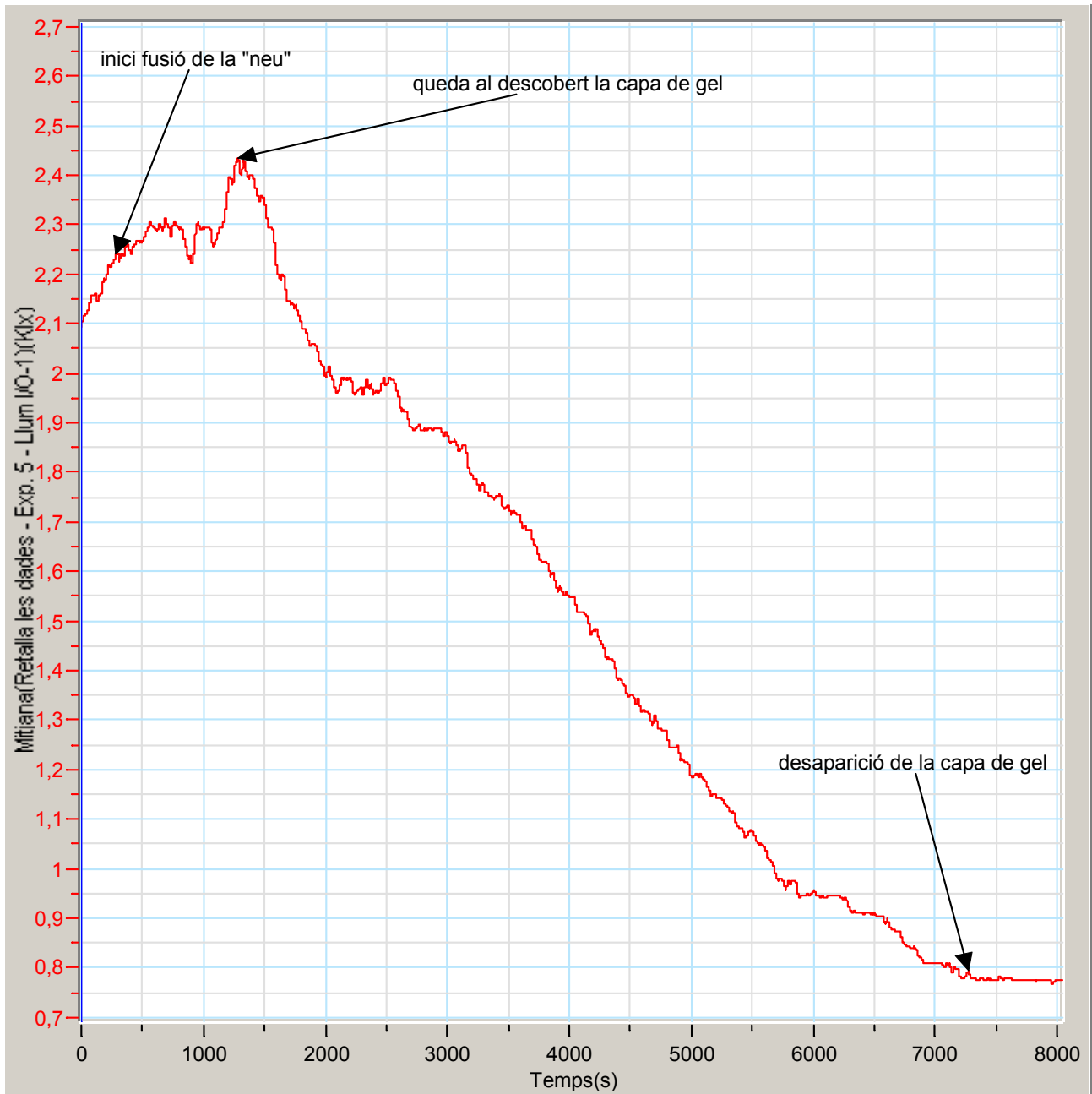
Per tenir una placa de gel, es col·loca aigua en una safata d'alumini en un congelador.

L'aigua s'ha tenyit amb una bossa de tinta de sèpia. El motiu d'acolorir l'aigua és per que es vegi clarament un canvi en la reflexió de la llum

En l'experiment que correspon a la gràfica que figura més endavant, sobre la placa de gel, es va posar escarxa per simular neu vella, quan aquesta neu es va fondre, va quedar una brillant capa de gel, cosa que explica el màxim de reflexió de la llum.

**Resultats**

Gràfic de la captació de llum reflectida



## Respostes a les qüestions

### Què em sabem

Quina ha estat la superfície de gel perduda en el Pol Nord ?

$1,2 \cdot 10^6 \text{ km}^2$  **en dos anys**

Si Catalunya té una superfície de  $32\,000 \text{ km}^2$ , a quantes "Catalunyes " equivaldria el càlcul anterior?

**37,5 "Catalunyes"**

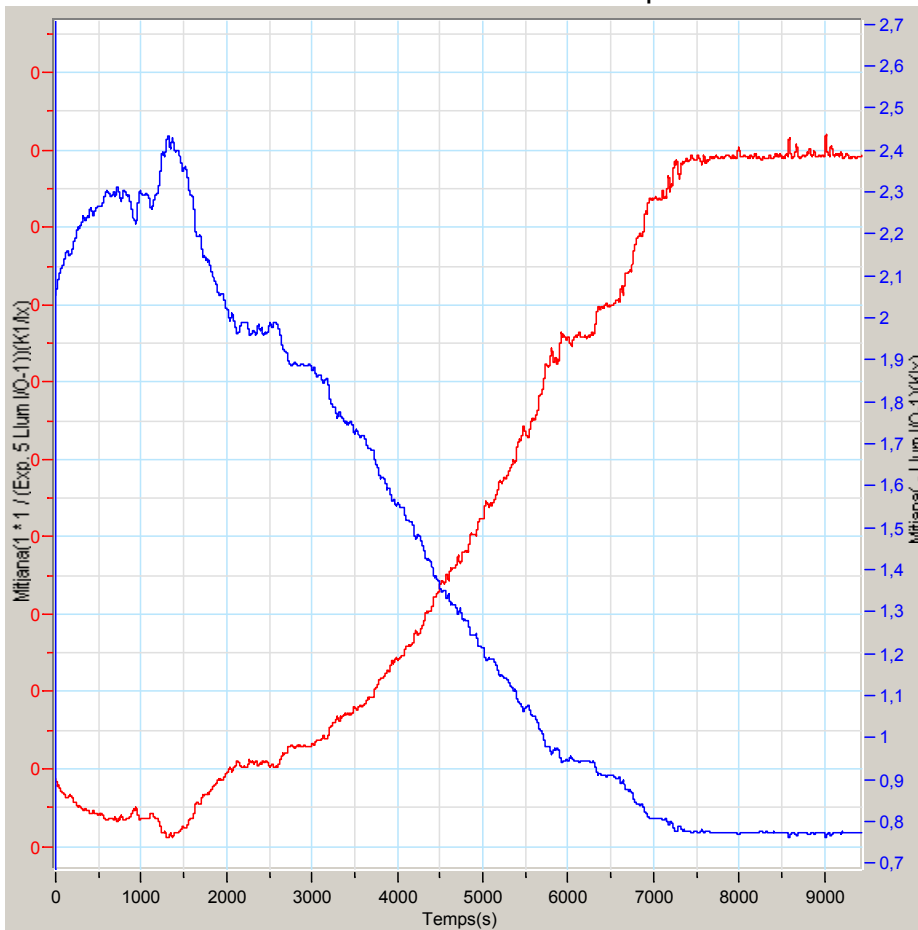
### Anàlisi de les dades i càlculs

1- Com interpreteu els canvis en els valors de la intensitat de la llum reflectida?

**La resposta hauria de fer referència al canvi de material, el gel per l'aigua, que produeixen diferent albedo**

2- Suposem que el gel es continua fonent al mateix ritme d'uns 0,6 milions de  $\text{km}^2$  cada any, quants anys haurien de passar per a que l'oceà Àrtic ja no tingués gel permanent? **6,8 anys (amb les dades utilitzades, les previsions dels científics són de 20 a 30 anys)**

3- En l'experiment de simulació, has pogut observar com canvia la intensitat de la llum reflectida. A partir d'aquesta gràfica, dibuixa aproximadament com seria la gràfica de intensitat de llum absorbida en funció del temps.



Gràfic on s'ha superposat en vermell l'invers de la funció de llum reflectida en funció del temps. Permet comprovar com l'absorció d'energia augmenta dramàticament quan desapareix el gel.

4- Els científics estant observat que la fusió és més ràpida degut, possiblement, als efectes de l'albedo.

- a) Si la superfície de gel perduda està sotmesa a una mitjana d'albedo del 60 % i la radiació incident és de  $235 \text{ W/m}^2$ , quina seria l'energia reflectida?  $1,692 \cdot 10^{14} \text{ W}$
- b) Un cop fos aquest gel, la radiació incidiria sobre l'oceà. Suposant una mitjana d'albedo per l'aigua marina d'un 5%, quina seria l'energia reflectida en aquesta nova situació?  
 $1,41 \cdot 10^{14} \text{ W}$
- c) Calcula l'energia que ja no serà reflectida durant l'any 2008. On creus que haurà anat a parar aquesta energia?  $2,82 \cdot 10^{13} \text{ W}$  **que hauran estat absorbits per l'oceà.**

5- Quines són les teves conclusions sobre la influència de l'albedo en la velocitat de fusió de les plaques de gel àrtiques i antàrtiques?

***La fusió de les plaques de gel sobre els oceans Àrtic i Antàrtic seran cada cop més ràpides. En disminuir la superfície de gel disminueix l'energia reflectida i l'oceà absorbeix aquesta energia, com més augmenti de temperatura de l'oceà més ràpida serà la fusió del gel.***

(Cal tenir en compte que el procés de fusió dels gels marins és igual al Pol Nord i a les plataformes de gel que rodegen l'Antàrtida, però diferent que en els gels de les glaceres que es troben sobre el continent antàrtic)

Algunes adreces on podeu trobar més informació sobre el tema:

[http://www.windows.ucar.edu/tour/link=/earth/polar/polar\\_north.sp.html](http://www.windows.ucar.edu/tour/link=/earth/polar/polar_north.sp.html)

<http://www.paralibros.com/passim/p20-ant/fusion.htm>

[http://www.gfdl.noaa.gov/~kd/KDwebpages/NHice\\_r30.html](http://www.gfdl.noaa.gov/~kd/KDwebpages/NHice_r30.html)

<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/Hbase/phyopt/albedo.html>

<http://www.icm.csic.es/icmdivulga/es/monograf/030201.htm>

<http://www.icm.csic.es/icmdivulga/es/monograf/030202.htm>

[http://www.recercaenaccio.cat/agaur\\_reac/AppJava/ca/index.jsp](http://www.recercaenaccio.cat/agaur_reac/AppJava/ca/index.jsp)

## La modelització i el canvi climàtic: Com s'elaboren? Quina utilitat tenen? Són fiables?

### Introducció

James Lovelock, Lynn Margulis, entre altres autors, presenten La Terra com un sistema global format per un conjunt de subsistemes (atmosfera, hidrosfera, biosfera, geosfera, etc.) que interaccionen entre si. Qualsevol variació en algun d'aquests subsistemes pot afectar als altres: l'augment de CO<sub>2</sub> que intensifica l'efecte hivernacle pot afectar la circulació dels corrents oceànics i, per tant, la biosfera.

Per **predir** les variacions del clima actual i les seves conseqüències s'ha de definir les variables que el condicionen, les relacions que s'estableixen entre elles i com tot varia al llarg del temps. D'això se'n diu elaborar un model o modelitzar.

### Objectiu

- Valorar la utilitat de la modelització en l'estudi sobre el canvi climàtic
- Elaborar un model de simulació

### Material

<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Qüestionari</li> <li>▪ Ordinador</li> <li>▪ Reproductor de DVD o vídeo</li> <li>▪ La pel·lícula "El dia de mañana"</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <u>Per l'activitat pràctica (3)</u></li> <li>Peixera de plàstic amb un forat a la part inferior d'un lateral</li> <li>Tub de goma</li> <li>Pastelina</li> <li>Globus</li> <li>Sorra fina</li> </ul>
--	--

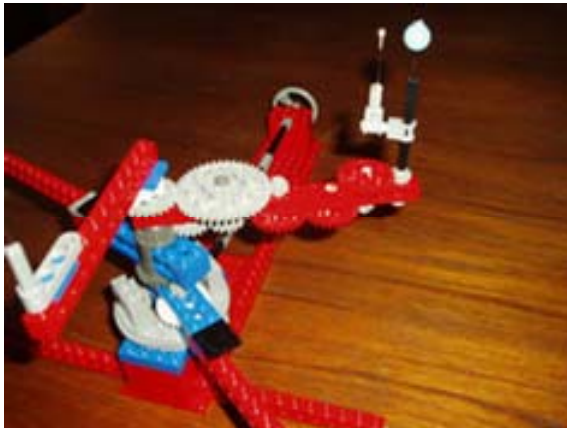
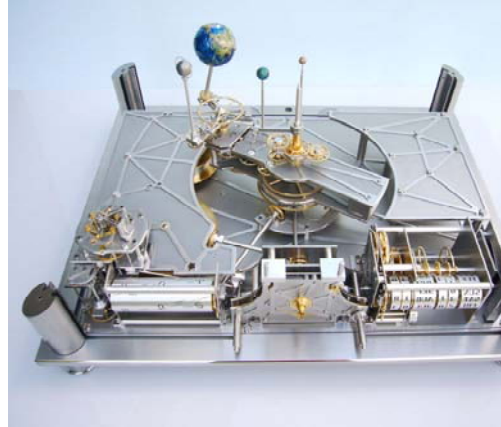
### Activitats

1. Llegeix la informació sobre la modelització que tens a continuació i consulta les webs indicades.

La modelització és una tècnica que intenta reproduir una situació real amb l'objectiu de conèixer-la millor i/o poder fer prediccions sobre la situació representada. Com exemples es podria citar el model d'àtom, el model de d'univers o el model atmosfèric que permet fer prediccions meteorològiques.

Es poden elaborar diferents tipus de models:

- a) **de simulació o anàlegs**: vol representar o visualitzar el funcionament d'un determinat fenomen o sistema natural amb les limitacions que això comporta. Pots veure simulacions a:
  - models d'àtom al llarg de la història a: <http://rabfis15.uco.es/Modelos%20At%c3%b3micos%20.NET/Modelos/MAtomicos.aspx>
  - model del sistema solar per explicar els moviments dels planetes



- b) **matemàtics:** es defineixen les variables que intervenen en el sistema i s'intenta representar amb una expressió matemàtica la relació entre elles. Per exemple el model de comportament d'un gas ideal:

$$P \cdot V = k \quad (\text{a } T \text{ constant})$$

<http://www.xtec.cat/~vcurco/GasIdeal/GasIdeal.htm>

L'expressió algebàrica no sempre és suficient per resoldre les equacions de forma analítica, sobretot quan el que es vol estudiar és el comportament d'un sistema al llarg del temps. En aquests casos cal utilitzar mètodes numèrics com el càlcul diferencial o integral, i si intervenen moltes variables, com per exemple el comportament de l'atmosfera, és imprescindible l'ús de la programació informàtica. La informació meteorològica que rebem habitualment està basada en modelitzacions, com pots veure en la web del Servei Meteorològic de Catalunya (apartat "Models numèrics"):

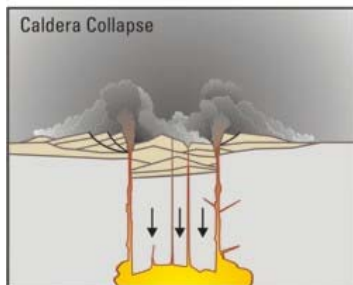
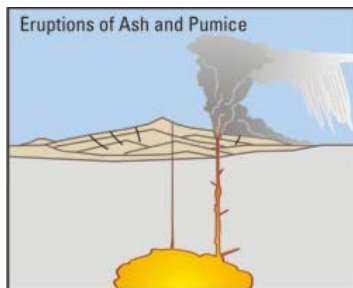
[http://www.meteocat.com/mediamb\\_xemec/servmet/index.html](http://www.meteocat.com/mediamb_xemec/servmet/index.html)

2. Fes un llistat de models de simulació i un altre de models matemàtics que coneguis.

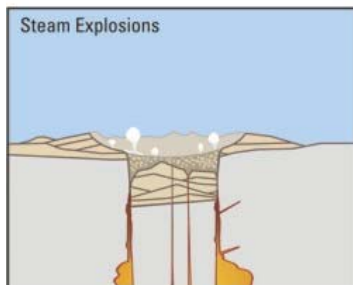
Models de simulació	Models matemàtics

### 3. Elaboració d'un model de simulació de la formació d'una caldera volcànica

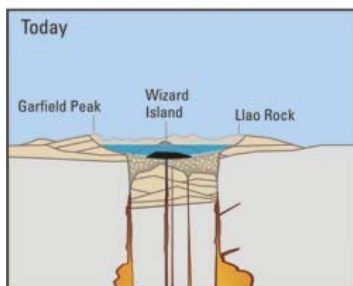
#### Què en sabem



Una caldera volcànica és una depressió circular o el·líptica de 2 a 20 km de diàmetre generada per l'esfondrament del sostre de la cambra magmàtica en extruir tot o quasi tot el magma que l'ocupava. També es poden formar com a conseqüència d'alguna explosió molt violenta.

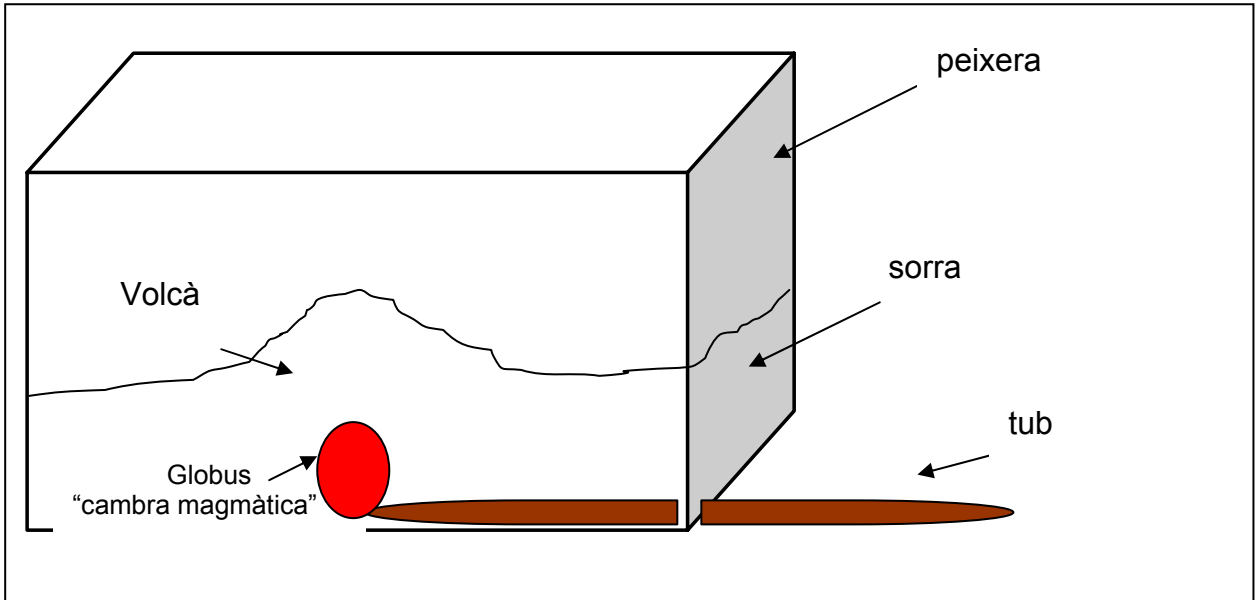


Sovint en l'interior de la depressió torna a créixer un nou con i/o formar un llac.



## Realització de experiment

Volem reproduir la formació d'una caldera volcànica. Aquí teniu un possible muntatge de l'experiment de simulació:



El globus enterrat en la sorra representa la cambra magmàtica.

Infla una mica el globus bufant pel tub de goma, de manera que es simula l'acumulació de magma en la cambra magmàtica i l'augment de la pressió dels gasos.

Deixa de bufar, què li ha passat a l'edifici volcànic?

Quan el globus es desinfla, què simula?

4. Imagina que volem fer un model del sistema Terra.

- a) Omple la taula següent amb les variables que coneixes que s'haurien de tenir en compte en cada subsistema. Potser pensaràs en algunes variables però no saps en quin subsistema incloure, escriu-les a continuació de la taula.

	Variables	Altres observacions a tenir en compte
Atmosfera		
Hidrosfera		
Biosfera		
Geosfera		
Pedosfera		

Altres:

- b) Hi ha moltes lleis físiques i químiques que relacionen aquestes variables i que s'haurien de tenir presents. Algunes ja les coneixes, fes-ne un llistat:
  - c) Es podria intentar elaborar un model numèric que englobes totes les variables a la vegada o seria millor fer-ho per parts. Quin avantatge i inconvenients pot tenir cada mètode?
5. Al 2004 el director de cinema Roland Emmerich va presentar la pel·lícula "The day after tomorrow" (El dia de mañana) sobre un climatòleg que treballa en l'escalfament global, com es produeix un canvi sobtat en les condicions climàtiques de la Terra i com afecta la seva família i a la resta de la humanitat. Evidentment va generar una gran polèmica, en teniu una petita mostra a:  
<http://www.astroseti.org/vernew.php?codigo=347>  
<http://www.elcato.org/node/804>

Visualitzeu la pel·lícula i preneu els apunts necessaris per a respondre les següents preguntes:

- a) Els científics treballen individualment o en equips d'experts?
- b) Com són les relacions professionals entre ells?
- c) Quina relació s'estableix amb el poder polític?
- d) Els científics, estableixen alguna modelització? De quin tipus?
- e) Com s'elabora aquest model? Quines variables té en compte?
- f) Com s'utilitza?
- g) Fes un comentari personal de màxim 10 línies.

**Els models i el canvi climàtic:**  
Per a què serveixen? Com s'elaboren?  
**Material del professor**

### **Orientacions didàctiques**

#### **Temporització**

1 sessió per la presentació de l'activitat, la realització i discussió de l'activitat 1 i 2

1 sessió per muntar i realitzar l'experiència i discussió de l'activitat 3

30 minuts per l'activitat 4

90 minuts per l'activitat 5

És adient tant per estudiants de Ciències per el món contemporani com per les Ciències de la Terra i del medi ambient de batxillerat, així com per estudiants de 4r d'ESO.

#### **Orientacions metodològiques**

---

Una manera de fer aquestes activitats és discutint prèviament o a partir de l'activitat 1 sobre l'elaboració de models i la seva utilitat.

L'activitat 4 vol fer reflexionar sobre la complexitat de fer models sobre el sistema Terra pel que hauria de ser una activitat àgil. Es podria proposar una pluja d'idees entre tots els alumnes i anar escrivint a la pissarra, sense voler fer una taula molt completa.

La pel·lícula "El dia de mañana" dura quasi dues hores, es poden passar alguns fragments.

#### **Orientacions tècniques**

---

En l'elaboració d'un model de simulació el professor pot optar per realitzar-lo al laboratori. En el primer cas cal tenir en compte les següents recomanacions:

- a) El forat a la peixera de plàstic es pot fer fàcilment amb un trepà
- b) El diàmetre del forat ha de ser una mica més gran que el diàmetre del tub de goma (10 mm aproximadament)
- c) El tub es pot fixar a la peixera amb la pastelina
- d) La mida de gra de la sorra hauria de ser fina
- e) Es recomanable humitejar **una mica** la sorra de l'edifici volcànic

## Respostes a les qüestions

2. Fes un llistat de models de simulació i un altre de models matemàtics que coneguis.

Models de simulació	Models matemàtics
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>Qualsevol model d'òrgan del cos humà: ull, cor, etc.</b></li> <li>○ <b>Model de plaques tectòniques</b></li> <li>○ <b>Model d'un gas ideal</b></li> <li>○ <b>Model de l'àtom</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>Equacions del moviment rectilini i uniforme</b></li> <li>○ <b>Equacions del moviment rectilini uniformement accelerat</b></li> <li>○ <b>Lleis de Newton</b></li> <li>○ <b>Model d'un circuit elèctric</b></li> <li>○ <b>Llei de Hooke</b></li> </ul>

3. Elaboració d'un model de simulació de la formació d'una caldera volcànica

Deixa de bufar, què li ha passat a l'edifici volcànic?

**S'esfondra donant lloc a una depressió de forma circular**

Quan el globus es desinfla, què simula?

**Que la cambra magmàtica ha quedat buida o quasi buida de magma**

4. Imagina que volem fer un model del sistema Terra.

- a) Omple la taula següent amb les variables que coneixes que s'haurien de tenir en compte en cada subsistema. Potser pensaràs en algunes variables però no saps en quin subsistema incloure, escriu-les a continuació de la taula.

	Variables	Altres observacions a tenir en compte
Atmosfera	<b>Pressió atmosfèrica, humitat, temperatura, intensitat i tipus de radiacions rebudes del Sol, concentració de gasos</b>	<b>S'haurien de distingir els fenòmens en les diferents capes (troposfera, estratosfera, etc.) Les variables varien amb l'altura de la troposfera</b>
Hidrosfera	<b>En els oceans: temperatura, salinitat, densitat, corrents oceàniques superficials i profundes En les aigües continentals: precipitació, escolament superficial, infiltració, cabal En la criosfera: latitud, altitud, temperatura, radiació rebuda</b>	<b>Termoclina</b>
Biosfera	<b>Variables per ecosistema: temperatura, humitat, composició aire i/o aigua, etc</b>	<b>Biodiversitat Fotosíntesi Respiració</b>
Geosfera	<b>Temperatura, pressió litosfèrica, esforços tectònics, propietats físiques del magma, força de la</b>	

	<b>gravetat, erosió, transport, sedimentació</b>	
Pedósfera	<b>Composició del sòl, infiltració, dissolució, precipitació, erosió</b>	<b>Activitat biològica</b>

**Altres: inclinació de l'eix de la Terra, excentricitat de l'òrbita terrestre,**

- b) Hi ha moltes lleis físiques i químiques que relacionen aquestes variables i que s'haurien de tenir presents. Algunes ja les coneixes, fes-ne un llistat:

**Comportament de sòlids, líquids i gasos**

**Llei de la Gravitació universal**

**Lleis del moviment**

**Teoria de la relativitat**

**Lleis de Newton**

**Comportament dels fluids (equacions de Navier-Stockes)**

**(Totes les que coneguin deriven del entorn)**

- c) Es podria intentar elaborar un model numèric que englobes totes les variables a la vegada o fer-ho per parts. Quin avantatge i inconvenients pot tenir cada mètode?

**El model numèric global és massa complex, no es pot resoldre.**

**El model per parts perd fiabilitat, és menys exacte.**

5. Al 2004 el director Roland Emmerich va presentar la pel·lícula de cinema "The day after tomorrow" (El dia de mañana) sobre un climatòleg que treballa en l'escalfament global, com es produeix un canvi sobtat en les condicions climàtiques de la Terra i com afecta la seva família i a la resta de la humanitat. Evidentment va generar una gran polèmica, en teniu una petita mostra a:

<http://www.astroseti.org/vernew.php?codigo=347>

<http://www.elcato.org/node/804>

Visualitzeu la pel·lícula i pren els apunts necessaris per a respondre les següents preguntes:

- a) Els científics treballen individualment o en equips d'experts?  
**En grups d'experts**
- b) Com són les relacions personals entre ells?  
**No sempre són bones, cadascun està convençut que té raó, hi ha rivalitats, interessos acadèmics...**
- c) Quina relació s'estableix amb el poder polític?  
**La presa de decisions recau en el poder polític, al que no li agrada prendre mesures que no agradaran als seus votants bé per què afecti l'economia o la seva qualitat de vida.**
- d) S'utilitza alguna modelització? De quin tipus?  
**Sí, models numèrics amb supercomputadors.**
- e) Com s'elabora aquest model?  
**Limitant l'entorn a estudiar, definint les variables que intervenen, les relacions entre elles i traduint-les a llenguatge informàtic.**
- f) Com s'utilitza?  
**Per predir com es comportaran els corrents oceànics i el temps meteorològic (huracans, baixada de les temperatures, inundacions, etc.) i com prevenir les pèrdues en vides humanes i en danys materials (descriure**

***les conseqüències i prendre mesures amb l'antelació suficient per reduir-les).***

- g) Fes un comentari personal de màxim 10 línies.

## **Fent de periodista:**

Fer aflorar la veritat o bé amagar-la ?

### **Introducció**

---

D'ençà que s'ha començat a parlar del canvi climàtic i que aquest tema ha entrat en les agendes dels governs, les Nacions Unides i altres agències internacionals, amb importants repercussions econòmiques, especialment per a les indústries amb més emissions de CO<sub>2</sub> (cimenteres, papereres, producció d'energia per combustió, etc.) que s'ha encetat una important controvèrsia.

D'una banda hi ha grups de pressió amb bones connexions polítiques, amb els sectors econòmics i amb la premsa que neguen que el canvi climàtic s'estigui produint i, en qualsevol cas, que sigui per causa de l'activitat humana. De l'altra hi ha la comunitat científica internacional, els governs dels països més directament afectats (sobretot atols o petites illes oceàniques, països del nord d'Europa, etc.) i les organitzacions no governamentals, que reclamen que es reforcin les mesures ja adoptades d'acord amb el protocol de Kyoto i que se sigui més estricte amb el seu compliment.

### **Objectiu**

---

- Conèixer i valorar els mètodes de creació de discurs a partir del rigor amb base científica o bé amb tractaments de dades més o menys esbiaixats per tal d'afavorir interessos concrets.
- Comprendre la dificultat de complexitat d'harmonitzar interessos econòmics o de tipus particular/corporatiu/nacional i interessos globals, més importants però alhora més difusos o bé menys immediats.
- Adquirir sentit crític i reconèixer la diferència entre la capacitat dialèctica i argumental i la base científica, fonamentada en proves.
- Ésser conscients dels riscos de la manipulació tant de la informació com dels processos participatius.
- Adquisició de les pautes per a la formació de criteri, a partir del contrast i anàlisi de posicions entorn d'una mateixa qüestió.
- Comprendre la necessitat del principi de precaució davant de realitats complexes i que poden afectar greument les condicions de vida humana i de la resta d'organismes del nostre planeta.

### **Mètode o seqüència**

---

- Es creen 3 grups dins de la classe. Dos de periodistes i un de jurat.
- El grup de periodistes a favor de les teories científiques del Canvi Climàtic i el de periodistes contraris a aquestes tesis cerquen informació per Internet, publicacions, etc. favorable a les seves tesis.
- Cadascun dels 2 grups de periodistes construeix un quadre amb el llistat dels

arguments a favor de les seves tesis i les proves que els avalen.

- Cada grup de periodistes llegeix alternadament els seus arguments i n'exposa les proves (de forma succinta) i el públic (Jurat) les puntua (amb un 5, totalment d'acord; un 3, més aviat d'acord; un 0, ni d'acord ni en contra, o bé dubte; un -3, més aviat en contra i un -5, totalment en contra).
- Es fa un debat obert, després d'anotar a la pissarra la puntuació de cadascun dels arguments. Es tracta que per a cadascun dels arguments algú del públic expliqui perquè hi està totalment a favor, totalment en contra i també perquè hi ha qui en dubta parcial o totalment, deixant a continuació un torn d'intervencions i sometent, al final, cada argument novament a la votació.
- Finalment es fa de nou el recompte de punts de cada argument i es compara amb els punts prèviament atorgats. Discussió dels canvis de criteri i de la capacitat dialèctica i d'utilització parcial (manipulació) de la informació per tal d'influir en la opinió pública i, de retruc, en els polítics i, en definitiva, en les mesures que finalment s'adopten per tal d'abordar aquesta i d'altres problemàtiques. Importància del rigor analític i el contrast científic per tal de validar els diferents arguments, així com de la necessitat de conèixer les diferents posicions abans de formar-se un criteri propi.

## Material

- Ordinadors (almenys un parell) amb connexió a Internet
- Paper per anotar els arguments i les referències d'Internet (pàgines web)
- Un full de paper per a cada alumne del jurat, amb una taula que incorpori els enunciats o, com a mínim, la numeració de cada argument.
- (Opcional). Cartolines de colors (5) per a la votació final a mà alçada després del procés de debat obert (verd=totalment a favor; groc=més aviat a favor; blanc=neutre; taronja=més aviat en contra i vermell=totalment en contra).

[http://www.utm.csic.es/bae\\_diario.asp?id=%7BC0B8C441-7A8D-4352-92AE-97564263016B%7D](http://www.utm.csic.es/bae_diario.asp?id=%7BC0B8C441-7A8D-4352-92AE-97564263016B%7D)

<http://www.circuloastronomico>

[http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0002-70142005000200011&lng=en&nrm=iso&tlng=en](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-70142005000200011&lng=en&nrm=iso&tlng=en)

## **Canvis climàtics al llarg dels temps geològics:**

D'on s'extreuen les dades ?

**Material pel professor**

### **Ori entacions didàctiques**

### **Temporització**

Com a mínim cal destinar 2h per tal de fer la recerca d'Internet i bibliogràfica i posar en comú i consensuar els arguments per a cada grup de periodistes.

L'activitat en comú d'exposició i debat a classe requereix, com a mínim, de 60 minuts, tant per a les exposicions i el debat com per a les votacions, recompte i anàlisi i valoració final.

### **Orientacions metodològiques**

Fóra bo veure la pel·lícula "Una verdad incómoda" d'Al Gore, just a continuació d'aquesta activitat o bé, menys recomanable, una setmana o dues abans. En el primer cas es podria suscitar part del debat final de l'activitat [sobre la capacitat dialèctica i d'utilització parcial (manipulació) de la informació per tal d'influir en la opinió pública i, de retruc, en els polítics i, en definitiva, en les mesures que finalment s'adopten per tal d'abordar aquesta i d'altres problemàtiques. Importància del rigor analític i el contrast científic per tal de validar els diferents arguments, així com de la necessitat de conèixer les diferents posicions abans de formar-se un criteri propi] a continuació de la projecció o bé a l'endemà.

Cal que en els dos grups de periodistes hi hagi un cert equilibri entre persones amb capacitat dialèctica i argumental i/o amb ascendent en la creació d'opinió dins del grup.

Es bo que una persona diferent exposi cada argument i la prova que el sustenta (si se'n té) per, si s'escau, valorar al final de l'activitat perquè certs arguments han tingut un suport marcadament superior o inferior al que s'escauria, en funció de la capacitat dialèctica dels diferents ponents.

Mentre els dos grups de periodistes fan el treball de recerca d'informació el grup Jurat pot llegir el dossier informatiu de Canvi Climàtic, en el qual hi ha dos apartats ben diferenciats i que poden també donar peu a sostenir les dues postures antagòniques entorn l'evidència del Canvi Climàtic.

És important que a l'hora de fer la valoració inicial, aquesta sigui individual i sense influències externes (com ara debats parcials, contraargumentacions, etc.), de manera que cal que es faci primerament per escrit sobre una plantilla. El millor és que cadascú anoti l'enunciat de cada plantilla o bé el número, que també estarà escrit en la pissarra.

És important també la lectura alternada dels arguments, per dificultar que algú voti de forma apriorística i sense criteri, en base a la seguretat de que un dels grups està en possessió de la veritat.

L'espai de debat obert és bo que el protagonisme recaigui en el jurat, atès que és el grup que ha tingut menys protagonisme i, alhora, més imparcial (talment com es cerca en els jurats populars). En la mesura que sigui possible cal demanar concisió en les exposicions i procurar que pugui parlar, almenys, una persona per a cadascun dels 5 posicionaments possibles.

La votació final es bo que es faci argument per argument i amb cartolines de colors, per evitar l'efecte de la influència del grup que suposaria votar a mà alçada i per a cada posicionament dins cada argument (a banda que es guanya també una mica en agilitat del procés).

És adient tant per estudiants de Ciències per el món contemporani com per les Ciències de la Terra i del medi ambient de batxillerat, així com per l'optativa de 4r d'ESO de Biologia i Geologia. Per les seves característiques també és molt adient de plantejar aquesta activitat dins d'un crèdit de síntesi.