Una setmana de ciència i canvi climàtic

Canvi climàtic: un debat molt «calent»

per Josep Emili Arias

cel_ras@hotmail.com

L'actual acreixement de l'escalfament global, directament repercutit en la pujada global del nivell marí (de component termostèrica i glacio-eustàtica), no pot ser explicat sols des de la variabilitat climàtica natural, s'imposa l'evidencia de la implicació humana en les desmesurades emissions de CO2. Per als climatòlegs el problema de l'actual crisi climàtica no està tant en el canvi climàtic en sí, sinó en la rapidesa que estan esdevenint aquests canvis.

Al nostre planeta de recursos limitats al qual estem contribuint a reblir la biosfera de gasos d'efecte hivernacle (GEH), accelerant i agreujant una crisi climàtica d'escalfament planetari, sembla ser una conseqüència de viure i consumir per damunt les possibilitats del planeta.

La Terra ha vingut suportant profundes crisis geològiques i climàtiques, però l'actual acreixement de l'escalfament global no pot ser explicat sols des de la variabilitat climàtica natural, s'imposa l'evidencia de la intervenció humana.

Hui, si bé considerem que el canvi climàtic induït pel ser humà pot ser tan profund com irreversible ja es parla d'una nova era geològica, l'antropocè. Terme proposat pel Nobel de química (1995) Paul Crutzen, amb la intenció d'imputar la responsabilitat de l'espècie humana en l'esdevindre climàtic del planeta. Som l'única espècie que ha interferit en el clima planetari.

El què sí sabem, amb molta certesa, és que Gaia sempre ha sabut refer-se'n als episodis catastròfics globals (per dir-ne'n un, la caiguda del meteorit Chicxulub que sentencià la transició geològica del Cretaci al Terciari) i, altra vegada més, sabrà sobreposar-se a l'actual malifeta de l'antropocè. Però, on sí que hi han molts dubtes, és si l'home sobreviurà a l'empenta de l'antropocè.

El planeta Terra és el nostre llar a l'Univers i Gaia era el nom que els grecs donaven a la deessa de la Terra (gr. γεω, Terra; lat. gaea, terra, geo-). Al 1979, el bioquímic britànic de NASA, James Lovelock publicà la tan suggerent hipòtesi Gaia que designava a tota la biosfera com un macro-sistema vivent d'extraordinària complexitat on interaccionen, de bo, la Terra, l'hidrosfera (oceans), l'atmosfera i els essers vius.

Segons Lovelock, l'atmosfera, els oceans, el clima i la crosta terrestre es troben inter-influenciats per l'acció dels organismes vius. La pròpia evolució dels essers vius ha modificat, modelitzat i aclimatat l'evolució planetària. Tan és, així, que la molècula d'oxigen que respirem i la molècula d'ozó (O_3) que filtra la radiació letal UV-C tingueren un origen biològic. Per a Lovelock resulta incontestable que dins d'aquest macro-ésser vivent, que diem biosfera, la vida ha autoafavorit i potenciat noves formes de vida.

Ara, cal plantejar-se si l'activitat de l'Homo consumiber està (estem) malbé interferint al macro sistema vivent de Gaia. És més, després d'avaluar la problemàtica de les nostres desmesurades emissions de CO2 (i altres GEH) i tenint en compte que els recursos naturals del planeta són limitats, podríem vores davant l'extremat dilema de: «consumir o viure». Cert és que ja hem començat a implantar energies renovables i recursos naturals

sostinguts. Però, mentre el nostre món desenvolupat tinga tan assumida eixa màxima que diu que el consumisme dona la felicitat, la Gaia ho passarà mal. És molt probable que en un proper futur tindrem que minorar o canviar l'actual model de creixement econòmic abocat únicament al desaforat consumisme i reprovar el viciat cercle economicista que resa, així: «El consumisme és l'únic motor que genera >productivitat >treball >riquesa >consum >felicitat». Ens s'hem establit en un perillós cercle viciós on sembla que l'únic que dona la felicitat és -l'adquirir i el posseir-. Una vinyeta del Roto al diari El País (2005), ho expressà molt bé, eixint una parella del Carrefour i arrastrant dos carros acaramullats de productes electrònics, deia: «Algun dia, aquest consumisme serà delicte». Tota crisi de conseqüència global ens obligarà aplicar determinacions globals.

Per l'altre costat, tanmateix hi han científics de renom i liderats pel geòleg William F. Ruddiman (Universitat de Virgínia), els quals es mostren contraris i confrontats als plantejaments dels gurus del canvi climàtic (valedors de les tesis de Kioto, dels Informes de l'IPCC i de «La verdad incomoda» d'Al Gore). Aquests altres atribueixen que els actuals increments de temperatura global no suposen cap anomalia climàtica sinó que, més bé, semblaria ser una conseqüència natural de retroalimentació carbònica (CO_2) a l'atmosfera que fa la pròpia Gaia per afavorir l'hivernacle planetari amb el qual mitigar el proper cicle glacial cap el que anem encaminats. Aquesta opinió sols cal valorar-la com una infantesa conjetura de moltíssima irresponsabilitat.

La ciència, una activitat inherent a l'home

SECICA (Setmana de la Ciència i el Canvi climàtic, -Gandia, 16-26 Oct.-). Pel que fa a la ciència, i la seua divulgació, sols s'ha de dir que aquesta no és cap pegat ni afegit a la cultura sinó que, per ella mateixa, és Cultura. Digam que la mateixa creativitat hi ha a un picasso que a l'equació gravitatòria de Newton. L'u féu servir la imaginació plàstica i l'altre la creativitat de l'àlgebra. A l'igual que la poesia ens fa suggerir i commoure, més suggerent són les sorprenents troballes al món quàntic. Quan causem dues partícules subatòmiques de tipus «Parell ERP» i les llancem dins d'un accelerador, en direccions oposades, si a una d'elles la fem col·lidir (col·lapsem la seua funció d'ona), l'altra partícula germana respon de forma simultània amb una frenada (una propietat de l'entrelligament quàntic). Aquesta capacitat real de transferir-se informació instantània fa plantejar-se si la partícula quàntica està assumint algun tipus de consciència.

Ortus solar per dalt del tòtem tri-gnòmon, al parc embassament de Guadassèquies (agost 2008)

Encara més: Hui, la ciència no és sols els coneixement i la raó, cada vegada més, la creativitat humana a fet que sorgesquen prolífiques incursions i simbiosis entre l'art i la ciència. Cal que assenyalem les suggerents escultures modelades per eixes -matemàtiques que governen les ombres-, com són els actuals dissenys de rellotges solars. Uns monuments que semblen rememorar l'ancestral necessitat que tingué l'home per mesurar i comprendre el temps, els cicles estacionals i el donar culte als cicles astronòmics (Stonehenge, sud d'Anglaterra) en una lluita per trobar la seua identitat cosmogònica. **(Foto 1,** Ortus solar per dalt del tòtem multi gnòmon, a Guadasséquies)

Canvi climàtic: un debat molt «calent»

És una realitat incontestable el fet de l'actual canvi climàtic mundial. Però, a la fi, cal recordar que estem en un planeta jove, que ha eixit de l'adolescència, geològicament molt actiu, i que de cap manera està quiet, tot el contrari que el prematurament envellit Mart. Al llarg de la historia de la Terra han vingut alternant-se crisis geològiques i climàtiques, de glaciació i d'interglaciació, com també canvis lentíssims en la dinàmica molt activa de tectònica de plaques. Es segur, que l'espècie humana no durarà tant per poder veure el continent asiàtic partit per la meitat a l'altura de la vertical meridiana que va obrint-se al fons del llac Baikal. A la Terra, fins i tot, també hi hagué una afortunadíssima crisi biològica, com segué l'explosió del Càmbric de fa uns 570 milions d'anys. Si bé, el terme -crisi- cal definir-lo com: qualsevol canvi de tendència i de conseqüència determinant.

Però per als climatòlegs i geòlegs el problema de l'actual crisi climàtica global no està tant en el canvi climàtic en sí, sinó en la rapidesa que estan esdevenint aquests canvis.

No hi ha dubte que actualment estem passant el període interglacial (Holocè) més càlid dels darrers 400.000 anys i que hem anomenat com període Holocè òptim del Quaternari.

Al 1972, George Kukla, junt a altres climatòlegs, es projectaren models climàtics encaminats cap a la següent gran glaciació (del tipus glacial Würm-Wisconsi), situant el màxim glacial d'ací ~ 40.000 anys. L'altra següent gran glaciació es preveu que caigui d'ací 170.000 anys amb una caiguda de la temperatura global de 8 ºC. La projecció d'aquest últim i tan pronunciat cicle glacial sí obeeix a la configuració dels cicles astro-orbitals-climàtics (Figura 6) que establí i publicà Milan Milankovitch en 1938, on s'extreia la sèrie de projeccions de grans cicles climàtics (glaciació-interglaciació) afavorits per una determinada configuració de paràmetres astronòmics-orbital terrestres.

Però, hui, encara es trobem dins d'una configuració astronòmica-orbital mínima que poguera provocar una caiguda de les magnituds d'insolació i de la intensitat d'irradiació solar que durien de seguida una glaciació a l'hemisferi nord.

Fent un incís pel que fa als cicles orbital-climàtics que confeccionà Milan Milankovitch (1938), hem d'assenyalar que per a iniciar-se un període glacial aquesta configuració orbital-climàtica sempre obeeix més a estius frescosos continuats (per consolidar la permanència de l'expansió del gel d'hivern) i que no a hiverns extremadament gèlids.

Malgrat que l'espècie humana siga la més depredadora i danyina per l'ecosistema terrestres, és clar, que cap informe climàtic confirmarà al 100% que el sobtat escalfament global és, únicament, de causa antropogènica (causa humana) per l'emissió de gasos d'efecte hivernacle (GEH), tan pel consum de combustibles fòssils com els generats per l'agricultura i ramaderies intensives (emissió de metà) i els procedents de processos industrials. Encara que sí podem afermar que als darrers 40 anys, de manera geomètricament progressiva, malbé hem interferit al medi ambient amb desmesurades i incontrolades emissions de CO_2 i altres GEH. Aquests GEH són responsables de no deixar escapar a l'espai exterior els infrarojos de la radiació solar i quedant enclaustrats dins l'estratosfera, com un forn farcit d'infrarojos.

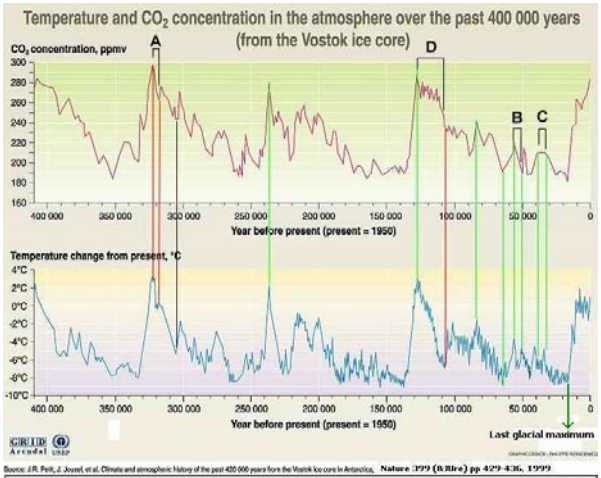
Els registres instrumentals de temperatura mitjana global per a tot el s. XX tragueren un increment de temperatura global superficial de l'aire d'entre 0,4 i 0,8 ºC, amb una mitjana de 0,6 ºC. Sembla tot, que els humans sí estem agreujant aquesta crisi climàtica per escalfa-

ment global. Valga dir també, que al nou segle XXI s'han incorporat de valent les emergents economies del Brasil i els grans països asiàtics de la Xina i l'Índia amb idèntics models de consumisme occidentalitzat. Amb les actuals fonts energètiques, basades majoritàriament amb combustibles fòssils, quasi tot producte de consum genera CO2. Encara més, la acarnissada desforestació planetària està fent reduir el coeficient d'absorció vegetal de CO2.

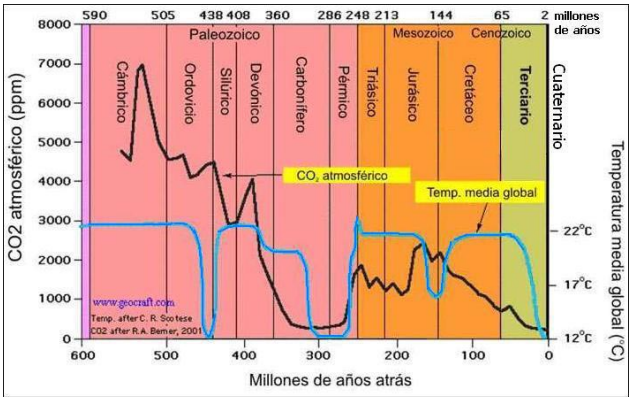
L'actual projecció climàtica que donà el 4º Informe de l'IPCC-2007 (Panel Intergovernamental d'experts sobre el Canvi Climàtic) per l'any 2100, preveu un increment de la temperatura mitjana global d'entre 1,8 i 4,5 ºC, estimant previsions locals de 6,4 ºC.

Increments històrics de CO2

Tots els marcadors paleoclimàtics pel que fa al Quaternari han mostrat accentuats màxims de emissions de CO2 inherents als propis processos naturals d'una interglaciació i que, al temps, han vingut acompanyats de màxims increments de temperatura mitjana global **(Figura 2a)**. L'important coneixement d'aquestes dues variables climàtiques històriques suposa una tasca de molta complexitat. Per traure registres històrics de CO2 atmosfèric es fan sevir anàlisis de la sedimentació fòssil marina (als carbonats de petxines i closques), mentre que per poder extraure històrics registres paleotèrmics globals es feren recuperar de l'estrat de gel profund antàrtic les bombolles d'aire on romanen les relíquies d'isòtops estables de l'oxigen, O16 i el O18 i, així, resoldre les proporcions presents (mostres-sondeig a la base antàrtica russa, Vostok). Aquests dos marcadors paleoclimàtics evidencien que, al llarg de la història climàtica i geològica del Quaternari, els cicles de calidesa que diem com -interglaciació-, han anat acompanyats d'accentuades concentracions naturals de CO2 i de metà CH4 producte de les emanacions naturals dels propis processos cíclics del carboni i el metà sobre la biomassa natural. Ço és, que quan ve un període interglacial el desglaç del permafrost (sòl vegetat congelat de la tundra siberiana, canadenca i de Grenlàndia) fa que la molsa, el liquen i l'herba petita al descongelar-se es descompongui en metà.



Aquest gràfic ens mostra que els increments en les dues variables paleoclimàtiques de CO2 atmosfèric i de temperatura global, han anat sempre agarrades de la mà dins de bona part del Quaternari. (FIGURA 2A)



El curs de les variables climàtiques de percentatges de CO2 atmosfèric i de temperatura mitjana global sembla que transcorrequeren amb prou desavinença al transcurs de les èpoques geològiques, abans del Quaternari. Sols al període Permià concorrequeren juntes aquestes dues variables climàtiques. (FIGURA 2b)

És, aquí, on pica el debat

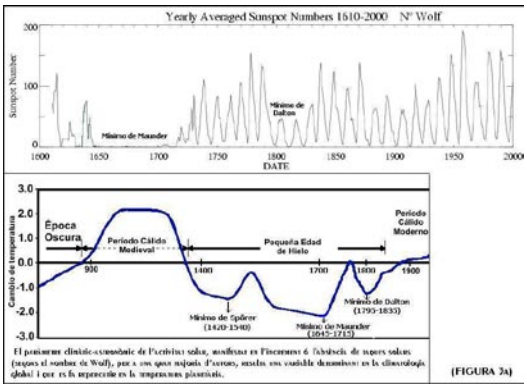
Per al present període interglacial Holocè, l'acreixement actual de l'índex de concentració de CO2 atmosfèric, com s'ha d'avaluar?. Deguem valorar-ho com un increment anòmal i desmesurat d'aportació antropogènica?, o bé, estem confosos i, majoritàriament, és quasi tot conseqüència de processos de la natura, on l'aportació humana de carboni resulta insignificant?.

Ni tan siquiera hi ha un consens d'unanimitat per determinar la quantitat de CO2 (ppm, ppb ó ppmv) d'origen humà amb el que havem interferit i afavorit l'increment de temperatura mitjana global.

Encara més fort, que en funció de quin bàndol pagui els informes climàtics (petroleres, les elèctriques// organitzacions ecologistes) s'avalen unes postures o altres. O també, el que és més greu, es manegen i maquillen els gràfics -exagerant ó esmortint- els coeficients de CO2 de les passades èpoques geològiques de la Terra per contraposar-los a l'època de la industrialització. Però tot sembla, que la sèrie de gràfics d'altres èpoques geològiques, sempre abans del Quaternari, mostren que la sèrie de màximes emanacions naturals de CO2 no

concorregueren col·ligades amb la sèrie de màxims de temperatura global **(Figura 2b)**. Però cap d'aquests arguments són raó per a no actuar.

Més en prop, fa poc més de 1.000 anys (930-1340 dC.) es donà un període climàtic exageradament càlid a Islàndia i Grenlàndia que afavorí, allí, l'assentament dels víkings noruecs i l' implantació del conreu de vinyes de raïm. Així, com també, als segles XV-XVI i en els XVII-XVIII irromperen a l'hemisferi nord les anomenades Petites Edats de Gel i que molts autors ho han associat a dilatats cicles d'inactivitat solar, més concretament, corresponent-se al mínim de Spörer i mínim de Maunder (respectivament), dues períodes d'absència de taques i fulguracions solars **(Figura 3a)**.



(FIGURA 3a)

Hem de recordar que tot canvi climàtic sempre comporta major repercussió a l'hemisferi nord pel motiu que, allí, es troba la major part de superfície continental. Així doncs, pel que fan les variables d'insolació i d'irradiació solars, la superfície continental acaba reflectint cap a la troposfera quasi tots els infrarojos solars mentre que la superfície oceànica absorbeix bona part d'aquesta radiació solar. L'hemisferi sud, degut a la seua major superfície oceànica, aconsegueix temperar i suavitzar millor els canvis climàtics. És açò, que el clima continental és més extremat i sever que l'oceànic.

Però, a casa nostra mai ho farí-em

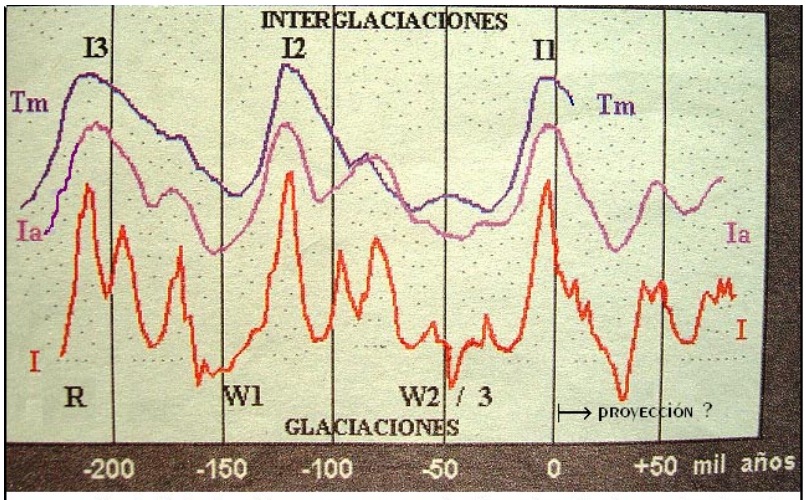
A meitat de la dècada dels 80 les projeccions climàtiques resultaven coincidents en assenyalar que anàvem encaminats a començar un cicle de glaciació, situant el pronunciat màxim glacial als pròxims 35.000-40.000 anys **(Figura 4)**. Però, ara, hi han molts dubtes de quin serà l'esdevindre d'aquesta accelerada crisi climàtica per escalfament global i que tot diu que l'activitat de l'home, des de la industrialització, ha agreujat aquest escalfament planetari. Una crisi climàtica que desconeixem quines seran les darreres conseqüències, però que l'actual període interglacial Holocè podria perpetuar-se en el temps, com la xafogosa i súper calenta atmosfera de Venus.

És una data incontestable que la sèrie de mesures recollides a l'observatori climàtic de Mauna-Loa, a Hawai, mostren que entre 1958 i el 2002 les concentracions de CO2 (ppm) en l'atmosfera s'han incrementat un 18%, de 320 a 380 ppm (font del NOAA, 2001 **Figura 5**).

Els informes que avalaren la Conferencia de Kioto (1997) i els més recents informes de l'IPCC (assessor de l'ONU) afermen que les concentracions de CO2 en l'atmosfera són les més altes (un 34% més) des de que començà l'era de la industrialització en 1780 i sent les majors dels últims 420.000 anys. A tot açò, hui, hem d'afegir que els oceans ja duen absorbit i acumulat 55 vegades més CO2 del que hi ha a l'atmosfera.

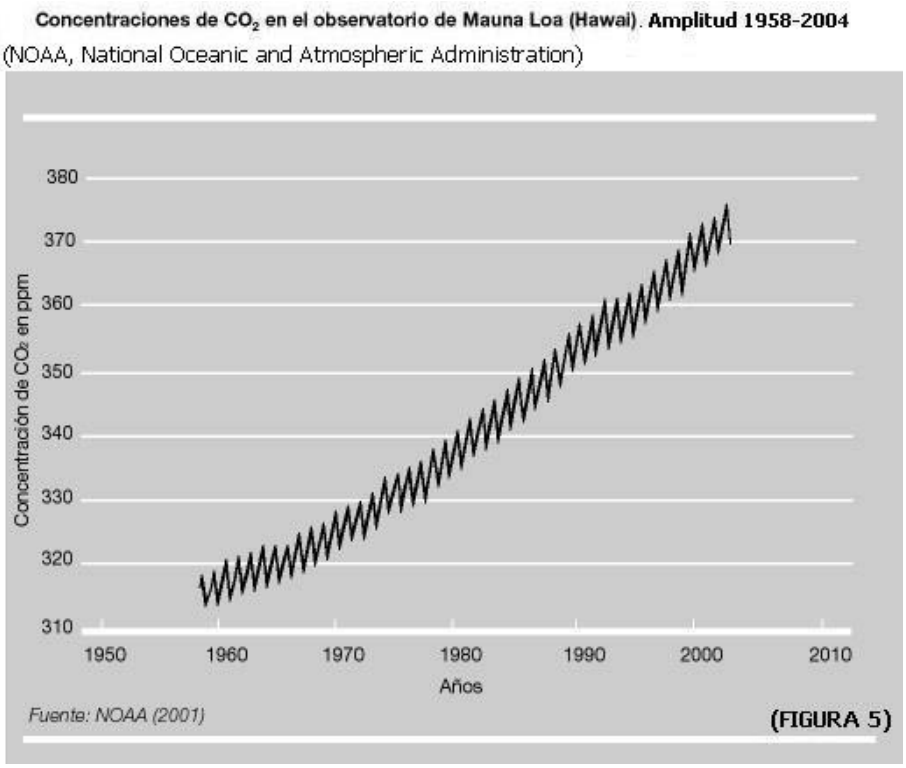
Deixant al marge la polèmica per quantificar i valorar els nivells de concentració de CO2 i CH4 emesos en passades èpoques geològiques i pre-industrials per contrastar-ho amb els registres actuals de la industrialització i el consumisme, sí caldria que prioritzarem i meditarem la següent analogia:

«Si a casa nostra quan ve el cicle càlid d'estiu deixem d'injectar



Tm, corva d'evolució tèrmica mitjana terrestre. Ia, corba d'intensitat allisada. I, corba d'intensitat

Totes les projeccions climàtiques fetes abans d'iniciar-se el s. XXI, inclòs els pronòstics cíclics de Milan Milankovitch, resultataven coincidents en afermar que s'encaminàvem cap a una glaciació. Ara, no sabem quin serà l'esdevindre d'aquesta crisis climàtica originada per l'escalfament global. (Gentilessa de, Tribuna de Astronomía (1999), vol. 159, p. 66) (FIGURA 4)



calefacció, per què no fem el mateix amb el nostre planeta immers en un cicle d'escalfament global».

Fent bo el «principi de cautela», el més sensat i peremptori seria reduir i mitigar gran part de les nostres excessives emissions de GEH a l'atmosfera.

Convé ressenyar que aquests 5 gasos d'efecte hivernacle (GEH), són: Dixi de carboni CO2; metà CH4; òxid nitrós N2O; hidrofluorocarbonats HFC; perfluorocarbonats PFC i l'hexafluorur de sofre SF6. Aquests GEH es degraden amb molta dificultat a l'atmosfera amb un lent i complicat cicle de retroalimentació atmosfèrica que fa que els GEH emesos, hui, comprometran i agreujaran l'escalfament global d'ací 35 ó 40 anys, ja que els oceans necessiten, força bé, desgasificar-se de CO2 retingut.

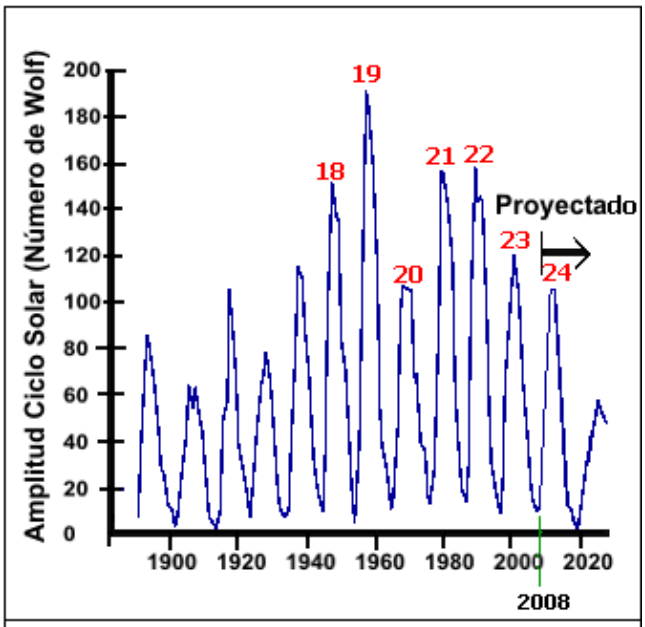
Del més destacat ponent que participa en la SECICA (Setmana de la Ciència i el Canvi climàtic, Gandia, Oct. 2008) i guru del canvi climàtic, Sir John Houghton, catedràtic de física atmosfèrica (Universitat de Òxford, UK) i qui fou co-president del Panel Intergovernamental sobre el Canvi Climàtic (IPCC), cal recordar la inquietant frase que digué al març de 2005: «No tinc dubtes en descriure l'impacte de l'escalfament global com un arma de destrucció massiva». Pot que resulte una afirmació molt extremista però, més cert és, que de la problemàtica de la crisi climàtica ja no es parli d'indicis sinó de conseqüències ja esdevingudes.

Un «mar» de variables climàtiques

Preveure la dinàmica climàtica global no és gaire fàcil, parlem d'un macro sistema de molta complexitat i sotmès a la interacció d'una gran diversitat de factors i variables climàtiques. Tan és així, que experts climàtics com Randall Ceverny i John Shaffer[1] (Universitat d'Arizona) estudien la possible correlació de la posició-latitud dels màxims de cresta de marea degudes al cicle de regressió de la línea dels nodes lunars (18,6 * 9,3 * 4,7 anys) -parlem de l'oscil·lació de latitud per on transcorre la cresta del màxim de marea lunar i que va en funció de la major i la menor declinació (+28º, 30' i -18º, 30') que es posa la Lluna-, i que sembla que condiciona el regim de marees locals que, a la vegada, fan alterar els patrons de les corrents superficials i acaben implicant a les corrents oceàniques que són les que més s'impliquen i determinen el clima. Ço és, per aquests dos investigadors, aquests efectes mareals locals generats pel màxim de cresta de marea lunar, al seu desplaçament dins dels tròpics, podrien mantenir una correlació com d'inducció per estimular corrents oceàniques, entre elles, els fenòmens climàtics de El Niño-ENSO (El Niño Oscil·lació de volum oceànic al pacífic hemisferi Sud) i de l'índex NOA (Oscil·lació oceànica de l'Atlàntic Nord).

Tan el fenomen de l'índex NOA com els episodis climàtics de El Niño-ENSO (corrent oceànica molt càlida que s'origina a l'oceà Pacífic equatorial, més concretament d'enfront de les costes de l'Equador i Perú, i que fa escampar aquesta rescalfada aigua a tot l'oceà Pacífic meridional) són dues variables oceàniques que fan condicionar la climatologia global. De fet, els anys que ha tingut lloc un apogeu de fenomenologia de El Niño s'han registrat màxims de temperatura global.

Entre els factors que més determinen les crisis o canvis climàtics naturals, tan pel que fa moure un cicle de glaciació o una interglaciació, els climatòlegs assenyalen com «forçosos naturals» la combinació de diversos paràmetres astronòmics de l'òrbita terrestre que fan dispara o minvar els coeficient d'insolació (calories-superfície/dies) i d'intensitat de la irradiació solar sobre la superfície terrestre. Paràmetres orbitals terrestres que ja computà Milan Milankovitch en la seua primera publicació al 1914, La teoría astronómica de la era glacial, i que són:[2] la obliqüitat axial, la precessió (variació de l'orientació de l'eix terrestre), l'excentricitat de l'òrbita, la línea dels àpsides (o rotació temporal dels punts d'afeli- periheli) i els cicles d'activitat solar amb una periodicitat quasi regular d'uns onze anys **(Figura 3b)**. Una especifica combinació d'aquests paràmetres orbitals fan condicionar de valent la climatologia i la temperatura globals **(Figura 6)**. Doncs aquests paràmetres orbitals (i solar) són els únics responsables d'intensificar o minvar els coeficients d'insolació i d'irradiació solar sobre la superfície terrestre.



Al passat 2007 seguè un any d'inactivitat solar. Hui, cap a finals de 2008, començarem un nou cicle d'activitat solar (nº 24) i que s'esgotarà al 2019. No tots els cicles solars obeeixen al període de 11 anys, també es donen cicles solars de 9 i 13 anys. (FIGURA 3b)

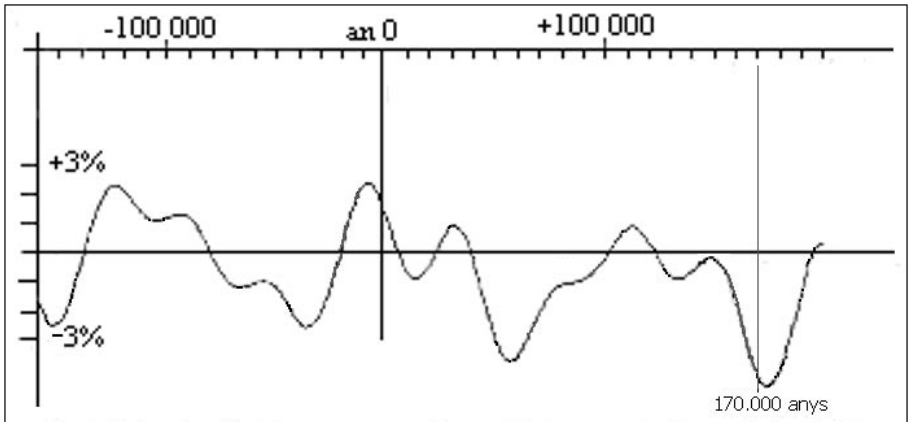
Els informes que recolzaven el Protocol de Kioto al 1997, junt als posteriors informes de l'IPCC, són coincidents en afermar que aquest progressiu escalfament global no és cap especulació, sinó uns fets on teoria i models coincideixen en assenyalar que l'introducció, tan natural com antropogènica, de CO2 i altres GEH a l'atmosfera fan pujar la temperatura mitjana global i, de fet, les dades venen confirmant-ho.

Si no fem res per mitigar l'escalfament global s'encaminem a riscosos escenaris de severes inundacions, tan pel que fa la lenta -però progressiva- pujada del nivell del mar com degudes a una major freqüència de pluges torrencials i de la formació de ciclons a una gran amplitud de zones tropicals i extratropicals.

Les actuals pujades del nivell del mar no són de component glacioeustàtica

Les pujades i baixades verticals del volum marí han anat sempre en funció dels períodes de glaciació i d'interglaciació. Durant el màxim de l'últim glacial ~ 21.000 aC., moment de major conversió d'aigua líquida en massa de gel, la mitjana global del nivell del mar es situà a -120 m (per davall del nivell actual) segons s'ha pogut deduir dels registres morfosedimentaris costers.[3]

Però, hui, l'impacte humà i ecològic que duria una pujada continuada del nivell del mar és prou evident i de greu implicació sobre la superpoblació costanera. Al 2007 es calculà que 634 milions de persones tenen el seu habitat dins dels 9,1 m del nivell



Evolució i projecció de la temperatura mitjana global segons els cicles orbitals-climàtics trets per Milan Milankovitch (1914). Alguns d'aquests segments del gràfic, històric i de projecció, de la variable tèrmica resulten coincidents amb les sèries dels gràfics actuals. (FIGURA 6)

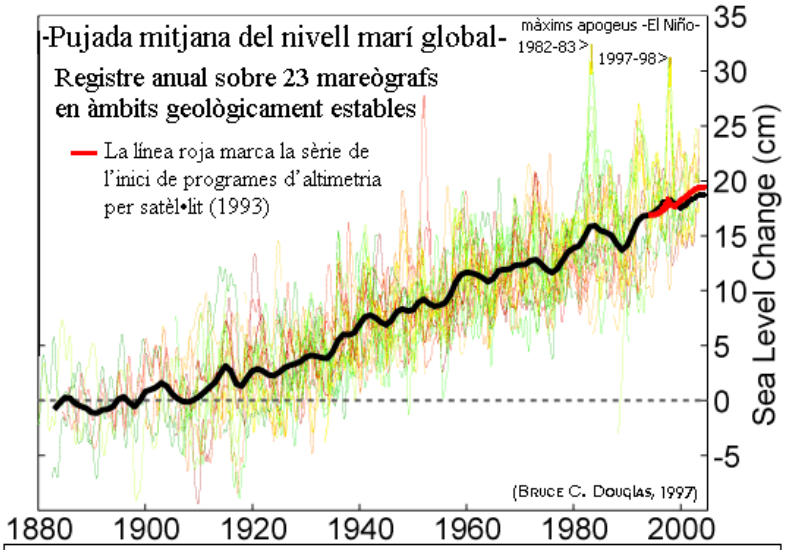
del mar i que estan convivint dins d'un habitat potencialment amenaçat. Dit d'altra manera, aproximadament les dos terceres parts de les ciutats del món de més de 5 milions d'habitants es troben dins d'aquesta zona baixa costanera (dins dels 9,1 m s.n.mar). A més, de deixar arruïnada tota l'activitat agrària als deltes i als aqüífers costaners per la intrusió d'aigua salina.

Al 1995 el geòleg de NASA/ Goddard, Vivien Gornitz, per poder mostrar tendències geològiques definitòries a llarg termini, realitzà una comparativa entre el registre històric dels mareògrafs i el registre radiocarbònic de quasi tot el subperíode Holocè. La dada concloent que extragué Gornitz fou que les actuals variacions del nivell marí mostraven una recent acceleració sostinguda de 1,8 mm/any de pujada global, un augment molt espectacular en relació als últims 1.000 anys.

Altres treballs més recents sobre els registres històrics dels mareògrafs que realitzaren John Church & Neil White, "A 20th century acceleration in global sea-level rise", Geophysical Research Letters, vol. 33 (2006), tragueren una taxa d'augment del nivell del mar (molt similar a la de Gornitz) que per al període 1870-2004 fou de 1,7 ± 0,3 mm/any, mostrant una pujada total de 195 mm (19,5 cm). Valor que també mantenia molta concordança amb la sèrie de registres recollits per Bruce C. Douglas (1997) que computà un serial de 23 mareògrafs universals dins del període de 1890-2004 i que determinaren un valor de pujada global de ~ 18,5 cm **(Figura 8a).**

De mantindre's aquest increment continuat, cap a l'any 2100 la pujada oscil·laria entre 280 i 340 mm (28 i 34 cm).

El còmput de mesures tretes mitjançant els mareògrafs costaners que avalaren els informes de l'IPCC 2001 també mostraren una similar acceleració global de 1,8 mm/any per a tot el passat s. XX.



Les dades mostren un augment del nivell del mar de ~ 18,5 cm durant el període 1880-2004. (FIGURA 8a)

Les actuals elevacions del nivell del mar, tan pel que fa la mitjana global com per als màxims locals, sols són explicables des de la conseqüència climàtica de l'escalfament global, però no atribuïble a la fussió de gel terrestre continental (component glacio-eustàtica) sinó més, i principalment, per l'expansió tèrmica de l'aigua marina deguda al calor absorbit (component termostèrica) i que està en funció del coeficient de la salinitat-densitat de l'aigua marina. A major salinitat-densitat de l'aigua marina, major és la capacitat d'absorbir calor i d'expandir-se l'aigua.

No obstant, les provisions de pujada global del nivell marí per a tot el s. XXI, fins a l'any 2100, no totes s'han mostrat coincidents. L'Informe de l'IPCC-1998 donava un segment d'entre 50 a 95 cm. Un més actualitzat 3er Informe IPCC-2001 treia un imprecís i preocupant segment d'entre 9 a 88 cm, si bé s'aplegà a avaluar un avanç dramàtic de 5 mm/any. Però a l'últim 4º Informe IPCC-2007 ja es corregí a la baixa, deixant el segment entre de 28 a 43 cm. Els percentatges d'aquests rangs, en quant la seua contribució a la pujada, ho faria de la següent manera: en la seua major part, el 70%, seria atribuït a la component termostèrica per l'expansió tèrmica de l'aigua per calor absorbit i en una menor part, el 20%, seria atribuïble al desglaç del mantell grenlandès i la resta, el 10%, vindria del desglaç del permafrost de les tundres i les glaceres muntanyoses, que no polars. Ja que no es contempla un futurible desglaç de l'Antàrtida (on està concentrat el 85 % de tot el gel terrestre), doncs es mostren models molts contradictoris pel que farà l'impacte tèrmic de

l'escalfament global sobre aquest continent Antàrtic.

La dada discordant la donà l'Informe INQUA-2003 (International Union for Quaternary Research) en base als resultats extrets de la Comissió de Línies de Costa (1999-2003) i que tragué una projecció de pujada per a l'any 2100 de, tan sols, entre 10 cm i un màxim de 20 cm.[3]

La desfeta de l'Àrtic pot aturar les importants corrents oceàniques

Recents estudis climàtics afermen que a l'estiu del 2020 l'Àrtic es quedarà sense gel. Desglaç que, des de fa anys, ja veiem al retrocés de les glaceres de Grenlàndia, d'Escandinavia, Europa, Canada i a l'Argentina.

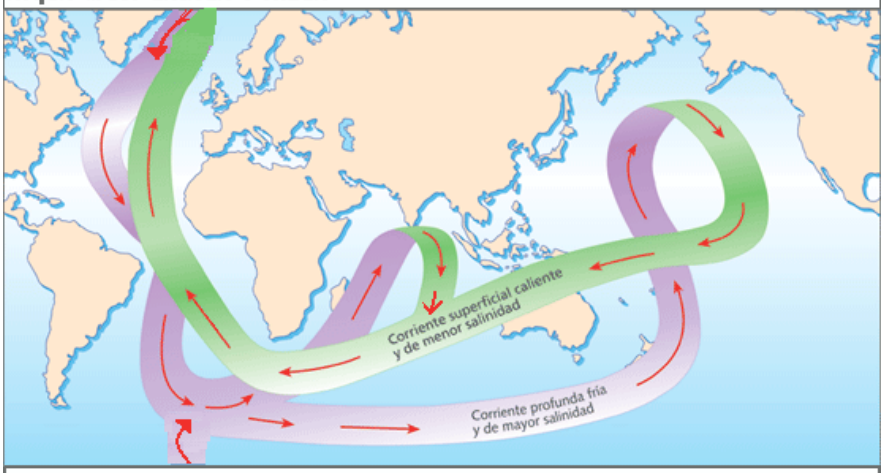
Des de l'any 1979 que comença el programa de mesures satèlliques de la extensió de l'Àrtic, cada estiu s'ha accelerat el retraïment i l'aflaquiment de superfície de gel de l'Àrtic pel motiu principal que, cada vegada, va quedant menys superfície de gel blanca que puga reflectir la radiació solar i, a més, va guanyant espai l'aigua liquada que absorbeix i acumula calor de la irradiació solar.

Encara que l'accelerada desfeta estiuenca del surat casquet Àrtic no afecte a cap pujada del nivell del mar (casquet en flotació i no assentat sobre la placa continental), sí tindrà conseqüències directes en la caiguda del coeficient de salinitat als mars nòrdics. També la desfeta total de l'Àrtic interferirà i alterarà el sentit actual de les corrents oceàniques superficials i la circulació de la macro corrent profunda-superficial anomenada com la «gran cinta transportadora oceànica» que constitueix el principal sistema de refrigeració del planeta Terra **(Figura 9)**. Molt prop als Cercles Polars (entre el Mar de Noruega i al nord de Terranova) s'hi troben els motors d'espenta vertical que mouen aquesta macro cinta transportadora oceànica global, però degut a la desmesurada aportació d'aigua dolça provinent de la desfeta de gel de l'Àrtic i de Grenlàndia, faria disminuir molt la salinitat que, junt a un excés de temperatura calenta, fa que l'aigua perdi molta densitat-pes. Per tan, aquestes masses d'aigua deixarien d'enfonsar-se verticalment per espentar i moure aquesta macro cinta submarina oceànica. Tot això faria que aquesta importantíssima circulació termosalina global es veies ralentitzada, o bé, que es col·lapsara. Hi ha molta incertesa davant les conseqüències irreversibles d'un possible aturament d'aquesta macro circulació submarina-superficial (cinta transportadora oceànica) i sobre quines serien les implicacions climàtiques globals que comportaria.

Aquestes possibles alteracions sobre les corrents oceàniques també interferirien en els fenòmens climàtics de El Niño-ENSO i de l'índex NAO. Doncs, ben cert és, que totes les corrents oceàniques acaben per determinar, de forma directa, la climatologia regional i planetària. Tan és així, que:

«El fet que a Nova York tots els hiverns caiguin grans nevades i que d'enfront, a Oporto -amb la mateixa latitud litoral-, la neu sigui inexistent; respon tot al sentit de circulació de la importantíssima -Corrent

La cinta transportadora oceànica global es espentada verticalment cap aball des dels casquets polars pel major pes-densitat d'una aigua molt salada i freda



Als casquets polars, on estan els motors d'espenta vertical per moure el circuit de la -gran cinta transportadora- oceànica global, si es fera la descomunal aportació d'aigua dolça del desgel, principalment, de l'Àrtic i Grenlàndia, faria disminuir molt la salinitat que, junt la excessiva temperatura de l'aigua, faria que l'aigua perdi molta densitat (pes) i aquestes masses d'aigua deixaren d'enfonsar-se verticalment per espentar i moure aquest circuit global oceànic. Tot faria que aquesta importantíssima circulació submarina termo-salina global es ralentizaria, o bé, es col·lapsara. Desconeixem quin seria el comportament d'impacte climàtic global davant un possible aturament d'aquesta circulació profunda-superficial. (FIGURA 9)

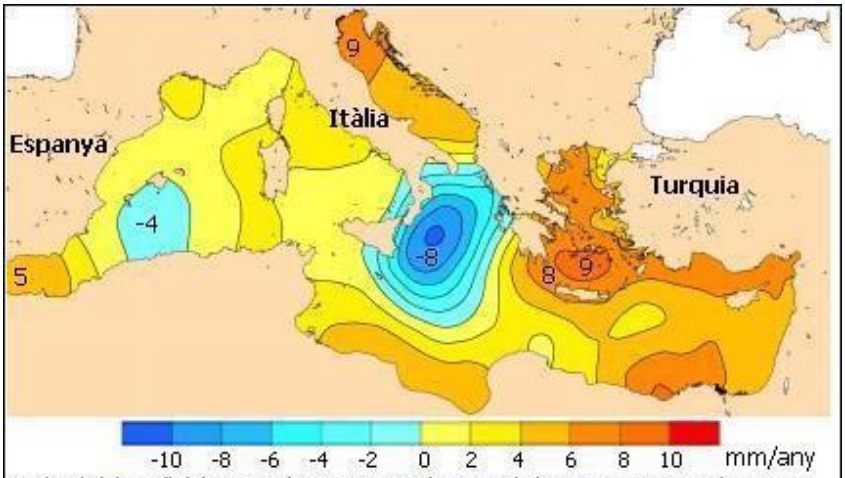
del Golf- que s'origina al Mar Carib i que dona un clima benigne a les latituds septentrionals d'Escòcia i Noruega, i a la resta costanera de l'Atlàntic nord-oriental».

El bon paper que fan els oceans i les seues corrents oceàniques és el de globalitzar, atenuar i suavitzar la temperatura global planetària. Doncs, gràcies a la gran quantitat d'energia que consumeix la circulació d'aquestes ingents corrents fa que es consumisca i s'absorbisca molta calor acumulada en l'hidrosfera i sigua una manera de mitigar l'actual escalfament planetari. Els oceans, fins ara, han sigut els autèntics reguladors de la temperatura global. No ho estropellem més.

La *eustàsia* i la *isostàsia* (isostàtica) en la oscil·lació del nivell marí

Per valorar les variacions relatives (no mareals) del nivell del mar sobre determinades amples àrees oceàniques o marines i, també, d'amplitud global, s'han de computar una diversitat de factor i components. Aquestes set components implicades en la oscil·lació del nivell marí (eustasia), són: 1- La component glacial-eustàtica, com el desglaç de glaceres continentals associat al propi escalfament global. 2- La component tectònic-eustàtica, que és el volum que adopten les conques oceàniques (d'expandiment o de retraïment), en funció de la creació de nova crosta en les dorsals oceàniques o d'altres moviments de tectònica oceànica. 3- La component isostàtica (qualsevol variació o correcció en la crosta terrestre, isostàsia) respon a la subsidència regional d'enfonsament del subsòl degudes a molt diverses causes (és al cas de la ciutat de Venècia). També, fer menció de la reacció isostàtica regional, com és l'efecte rebot del subsòl en resposta a l'alliberament de pes per desfeta de la massa de gel glacial. 4- La component eustàtica-geoidal, com distorsió en el relleu del geoide per la tensió de l'efecte «gravetat de marea» lunar. 5- La component dinàmica-eustàtica, com canvis dinàmics en la superfície topogràfica marina a resultes de la intensitat-volum d'aigua que transporten els fluxos de les corrents i contracorrents oceàniques, responsables d'amuntonar aigua en unes zones i buidar parcialment unes altres. 6- La component termostèrica, com canvis en el volum marí ocasionat per l'expansió tèrmica de l'aigua deguda al calor absorbit (sempre en funció de la salinitat-densitat), tan sigui per l'actual escalfament global de l'hidrosfera com per l'increment tèrmic sumatori que aporta els anys que té lloc la fenomenologia de El Niño al Pacífic de l'hemisferi sud. 7- La component eustàtica-sedimentaria, com l'acumulació costanera de sediments.

Hi ha altres factors, més transitoris, que incideixen de forma directa en la oscil·lació local-regional del nivell marí i que són de component meteorològica, com el combinat de baixes pressions atmosfèriques i determinada direcció del vent. On també s'impliquen, de forma local, les desmesurades aportacions litorals d'aigua dolça per via fluvial provinent de copioses precipitacions ciclòniques **(Figura 7)**. Cal fer menció al peculiar fenomen de les sobtades pujades del nivell marí, conegudes com -rissaga, rissagues-, uns episodis esporàdics manifestats als ports de La Ciudadela (illa de Menorca) i, d'igual manera, a l'apogeu de rissaga de Denia i Xàbia (Alacant) el 11/08/05. Fenomen de



Evolució del nivell del mar Mediterrani en mm/any, període Gener 1993-Octubre 2004 segons dades de la missió satèl·lica TOPEX-Poseidon.
(Gentilessa de A. Pascual, 2005, "XXI Trobades científiques de la Mediterrania")

Les zones de màxima pujada les veiem al Mediterrani oriental, i les zones de major baixada al mar Tirrè i sud d'Itàlia. En un mar quasi tancat com el Mediterrani les variacions del nivell marí estan molt condicionades per la salinitat de l'aigua i factors meteorològics com la pressió atmosfèrica mitjana regional. (FIGURA 7)

rissaga que respon a la interacció d'un combinat de variables meteorològiques locals (res a veure amb l'activitat sísmica ni a marees vives lunars) com heu són els vents forts del sud-oest junt a pronunciats daltabaixos de la pressió atmosfèrica i a la pròpia dinàmica del port. Però, fundamentalment, les rissagues estan molt determinades per la pròpia configuració del port i, especialment, pel que fa l'orientació de la bocana o badia.

L'aigua al coll a l'arxipèlag polinesi de Tuvalu

Davant el continu cicle climàtic de: Emissions de GEH > escalfamenta global > una major quantitat de calor absorbit pels oceans (com albelló de CO2 i d'infrarojos solars) > pujada del nivell marí per expansió tèrmica de l'aigua (component termostèrica), és tot una evidència incontestable que en la pujada del nivell del mar hi ha un percentatge considerat d'intervenció antropogènica.

Des de la dècada dels anys 70 el contingut calòric dels oceans, progressivament, s'anat incrementant i açò ha tingut la seua conseqüència directa en l'increment del volum oceànic per l'expansió tèrmica de l'aigua i que abans hem anomenat com la component termostèrica. Si damunt és any que s'ajunta la fenomenologia climàtica de El Niño-ENSO (El Niño Southern Oscillation) aquesta aigua superficial al Pacífic meridional rep un addicional increment de calor degut al propi efecte calòric que aporta l'efecte de El Niño i originant-se, així, una pujada significativa del nivell de mar per aquest rescalfament de l'aigua. Aquest significatiu increment de la component termostèrica afavorida i estimulada per l'efecte de El Niño comporta conseqüències d'inundació costera al conjunt de les illes polinèsies de Tuvalu, al Pacífic meridional. El registre de mesures que tragué el mareògraf de l'arxipèlag de Tuvalu, als dos darrers decennis del s. XX, mostraren un significatiu augment del nivell de mar. Encara més, el registre mareogràfic del període 1997-1998, amb ple apogeu del fenomen El Niño, l'arxipèlag de Tuvalu experimentaren una pujada de 1,2 mm/any d'increment de volum oceànic i sols atribuïda a la component termostèrica derivada del fenomen climàtic de El Niño. L'efecte de la fenomenologia de El Niño li pega de ple a l'arxipèlag de Tuvalu. Els anys de màxim apogeu de l'efecte El Niño s'han aplegat a provocar pujades, amb diferencies interanuals sostingudes, de fins a 50 cm en determinades amplies àrees de l'oceà Pacífic meridional.

Hi han autors que correlacionen els anys de fenomenologia de El Niño amb una major quantitat de formacions de monsons degut al sumatori que aporta aquest increment tèrmic en l'aigua superficial del Pacífic.

Hui, qualsevol projecció que quantifique i valore tendències de pujada global del nivell del mar computant, únicament, el desglaç per l'escalfament global (component glacio-eustàtica) aquesta traurà valors insignificants. Com adés s'ha dit, pel que fa encara hui, els canvis topogràfics del nivell marí estan, majoritàriament, determinats per la component termoeustàsica (termostèrica) i a factors, més regionals, com la component dinàmica-eustàsica que és la redistribució de masses d'aigua oceànica producte de la intensitat-volum que genera la hidrodinàmica de les corrents oceàniques superficials.

També és clar, que d'apreciar-se un desmesurat increment de pujada global del nivell marí açò implicaria un dramàtic desglaç continental grenlandès i Antàrtic.

Els satèl·lits topogràfics registraren una accelerada pujada del nivell marí

Segons les dades observacionals estratigràfiques, morfològiques, arqueològiques, biològiques, junt a les dades aportades pel registre històric dels mareògrafs, el nivell oceànic mitja global hauria experimentat una pujada de l'ordre de 1,0-1,1 mm/any en el període que va de 1850 al 1930. Després d'una dècada 1930-1940, la pujada semblà detindre's fins meitat dels anys 60. Durant les dècades 70 i 80 les dades no foren suficientment definitòries.[4]

Segué a partir de 1992 quan aparegué la nova altimetria topogràfica de superfície marina introduïda als satèl·lits (de la confederació NASA/CNES) Topex-Poseidon (1992) i Jason I (2001) que facilità una visió de major amplitud oceànica per obtindré mesures que definiren millor la tendència de oscil·lació del nivell del mar. Aquesta primera missió satèl·lica del Topex/Poseidon registrà un preocupant augment global del nivell mitja del mar de 3,1 ± 0,7 mm/any per al període 1993-

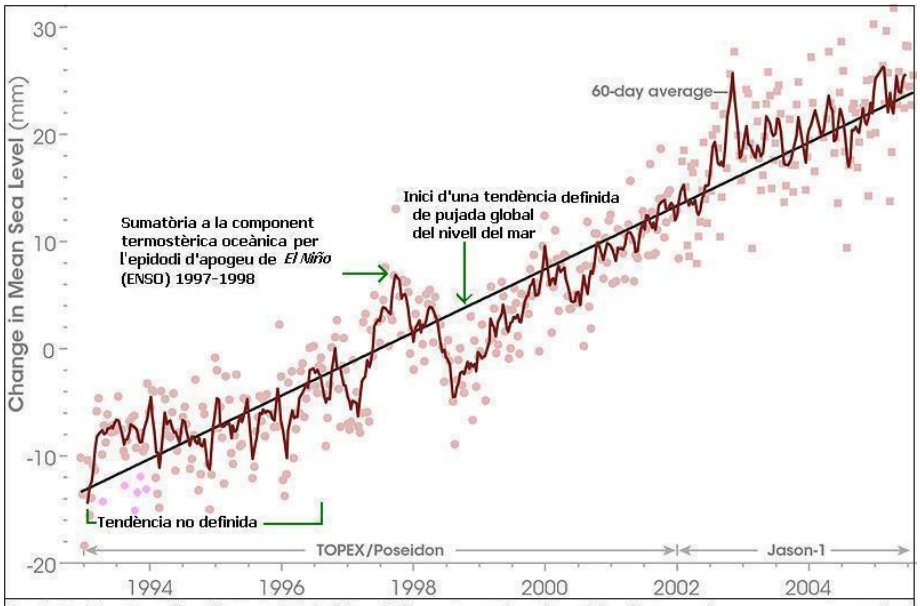
2003, una pujada dues voltes major que el càlcul registrat pels mareògrafs costers al mateix termini del passat segle.

Però aquests 15 anys de computar dades d'altimetria satèl·lica podrien no ser suficients per determinar tendències de topografia marina a llarg termini. Doncs, als anys 90, aquesta novençana tecnologia satèl·lica de mesures de topografia marina estaven subjectes a moltes dificultats tècniques per poder apreciar i extraure mesures mil·limètriques del nivell marí des de satèl·lits que es mouen a centenars de kilòmetres d'altura sobre una agitada superfície marina i a la qual li s'ha de corregir les pronunciades diferencies d'elevació del relleu del geoide terrestre.

No obstant, el passat juny de 2008 fou llançat el satèl·lit d'alta precisió de topografia marina, Jason II (NASA/CNES) i que treballarà amb configuració simultània amb el Jason I per abraçar una major amplitud de topografia oceànica, com un tàndem per extraure'ns millors dades i models amb els quals poder determinar, amb major fiabilitat, tendències més definitòries pel que fan les oscil·lacions de volum marí i que tan impliquen a la climatologia global.

Encara que als primers anys de mesures del programa d'altimetria del satèl·lit Topex/Poseidon es mostrara, de vegades, una mica discordant amb el que deien les mesures dels mareògrafs, sí pogués concloure´s que dins del tram 1992-2000 aquest orbitador registrà una mitjana global d'augment del nivell del mar de 2,8 ± 0,4 mm/any. Però, ja al tram 1999-2004 tragué una sèrie de registres globals amb un disparat augment aparent de 3,7 ± 0,2 mm/any, una dada no corroborada per la xarxa de mareògrafs universals costaners. Si bé, pel que féu els registres local-regionals al Mediterrani oriental, el Topex/Poseidon mesurà pujades sostingudes de fins als 9 mm/any en el Mar Egeu i el Mar de Creta (Figura 7). Un fet molt destacable del programa Topex/Poseidon és que aquest orbitador, d'igual manera que ho feren els mareògrafs terrestres, també registrà la prolongada pujada global d'una cresta màxima de fins als 14 mm atribuïda a l'episodi de l'apogeu de El Niño (ENSO) de l'any 1997-1998 **(Figura 8b).**

Els altres satèl·lits d'altimetria topogràfica marina com el ERS-1, ERS-2 i el ENVISAT han tingut un ús molt limitat, doncs els seus radars són d'amplitud molt reduïda, sols computen i avaluen estimacions d'àmbit molt localista i no poden extraure's estimacions de caràcter global marí.



Evolució del registre d'oscil·lacions globals del nivell de mar mesurades pels satèl·lits de topografia marina, TOPEX/Poseidon i Jason I. La sèrie trau una marcada tendència de pujada global del nivell marí a partir de l'any 1999. (FIGURA 8b)

La temperatura dels oceans determinarà el ritme d'acceleració del canvi climàtic

Com abans ja s'ha dit, la macro cinta transportadora oceànica (de circulació profunda i de superficial) és el principal sistema de refrigeració planetari. I, hui, en la opinió d'una gran majoria dels oceanògrafes l'augment del contingut calòric a la superfície dels oceans en els últims 40 anys no pot ser explicat, tan sols, per la variabilitat climàtica natural, en canvi, sí s'ajusten amb els models on interactua de valent l'activitat humana per emissió de GEH.

Els oceans contenen 55 vegades més CO2 del que hi ha a l'atmosfera i aquesta capacitat d'absorció va en funció de la temperatura superficial oceànica. És a dir, la solubilitat del CO2, al mig aquàtic, disminueix amb l'increment de la temperatura superficial de mar. Per tan, quan és tan pujada la temperatura superficial del mar queda minvada la capacitat d'absorbir CO2, incrementant-se,

així, l'escalfament atmosfèric global. També, i des de 1955, la temperatura oceànica de mitjana profunditat ha vingut registrant pujades continuades.

Qualsevol oscil·lació de temperatura en la superfície de l'oceà Pacífic acaba per condicionar la temperatura global del planeta. És el cas dels anys d'apogeu de la fenomenologia climàtica de El Niño, episodi que comença per calfar de valent la superfície de l'oceà Pacífic meridional-oriental i acaba per rescalfar l'aigua superficial de quasi tot el Pacífic, principalment, de l'hemisferi sud. Tal cosa fa, que els anys que té lloc l'episodi de El Niño a l'oceà Pacífic queda minvada la capacitat oceànica d'absorbir CO2, conseqüència que comporta una major concentració dels nivells de CO2 a l'atmosfera, contribuint, així, a fer pujar la temperatura global planetària.

Al 2003, l'oceanògraf Ken Caldeira (Departament d'Ecologia Global del Carnegie Institution, a Washington) advertí: «No és fàcil predir què és el que va a ocórrer doncs, realment, desconeixem el grau d'impacte climàtic oceànic. Però si podem dir que de continuar amb les nostres excessives emissions de CO2 implicarà canvis significatius en l'acidesa dels oceans i farà estralls en els ecosistemes marins. Doncs, també, és molt evident la nova deslocalització de molts habitats per l'escalfament de l'aigua marina. La fauna aquàtica tropical s'assenta cap a nous habitats de latitud més septentrional degut a l'expansió d'aigües hipercalentes».

Els científics oceanogràfics ja han alertat que prompte els oceans, -autèntics albellons de CO2-, es trobaran al límit de la seua capacitat d'absorbir CO2 atmosfèric (que tant ens ajuda a reduir i mitigar l'escalfament global). Aquesta saturació oceànica de CO2, demà, podria invertir-se el cicle carbònic i convertir als oceans en emissor a dolls de CO2.

La dinàmica d'intercanvi de CO2 atmosfèric amb els oceans i els sediments és una mica complexa. Una part d'aquesta absorció de CO2 entra als oceans reaccionant en forma de carboni orgànic fotosintètic (carbonat càlcic) i de carboni inorgànic (absorbit i sintetitzat en contingut calcari sedimentari de caliza, de carbonats, de closques de foraminífers i de comunitats d'estromatòlits i, com també, als esculls de corals). Però una altra part d'aquest CO2 es dissol a l'aigua com àcid carbònic que fa pujar l'acidesa (pH), circumstància que acaba per menyscabar molts ecosistemes marins (esculls de corals) i posen en greu risc la producció del fitoplàncton i altres nutrients tan sensibles a l'acidesa. Aquests corrosiu àcid carbònic també fa malbé a les conxes de multitud d'espècies i s'incorpora a la cadena tròfica marina.

Tota aquesta hidrosfera tan càlida, més l'acreixen saturació d'humitat atmosfèrica, es converteix en una potentíssima moto-bomba de retroalimentació de vapor d'aigua que, de manera continua, va injectant al cicle hidrològic. Per tan, la conseqüència més immediata d'aquesta escalfamenta global a la superfície dels oceans la tenim en una sistemàtica major propensió a formar-se baixes pressions, sistemes ciclònics, monsons i potents huracans. De fet, els registres meteorològics del període 1980-2000 mostren que els nivells d'humitat atmosfèrica s'avancen de forma més ràpida que la temperatura.

El climatòleg Dr. John Wallace (Universitat de Washington) defineix molt bé les conseqüències de l'escalfament global de la Terra: «Dins d'un clima molt més càlid les possibilitats de trobar-te amb la desmesura o trobar-te amb la carència, s'ageganten»; fent referència a la intensificació d'episodis d'inundacions severes, de sequeres extremes, de pluges torrencials i de desertitzacions.

Altres conseqüències incontestables que comporta l'actual crisi climàtica és la propensió a la formació d'huracans extratropicals cap a latituds europees més septentrionals prop al Mar del Nord. Recentment, el Dr. John Wallace advertí: «No resultaria res d'estranyar que la inquietant expansió dels tròpics, cap a latituds superiors, siga una conseqüència més de l'escalfament global planetari».

Climatòlegs europeus, entre ells, la Dr. María José Estrela (directora adjunta del CEAMET, Universitat de València-CEAM) s'hagueren adonat que a la conca mediterrània espanyola, cada vegada més, s'aprecia una clara disminució d'episodis de tronades estiuenques si, a cas, la tendència de formar-se'n alguna

cap al final de l'estiu. Encara més, les ultimes investigacions mostren que les inundacions estiuenques que s'estan produint-se els últims anys a l'Europa Central no estan associades a baixes pressions atlàntiques sinó, més bé, són formades per la condensació d'una excessiva humitat continental.

Entre els multitudinaris efectes d'impacte faunístic que està duent l'actual escalfament global, cal fer menció d'un efecte repercutit a la Comunitat Valenciana i murciana, on trobem la «anacrònica» i sobtada afloració de poblacions del petit mosquit –randella- dins la segon quinzena de desembre (inici de l'hivern).

Conclusió final

Tota crisi de conseqüència global obliga aplicar determinacions globals. El nostre planeta Terra mostra un diagnòstic molt clar: S'ha entrat en un cicle de canvi climàtic, fonamentat i manifestat per un accelerat acreixen de la temperatura global. Sent l'agent patogen atmosfèric la concentració més alta de CO2 que ha hagut des de 650.000 anys (pel que fa bona part del Quaternari) i, no hi ha dubte, que la nostra activitat humana ha estat (i està) contribuint a addicionar a l'atmosfera quantitats desmesurades de CO2 i altres GEH. Aquests increments de CO2 atmosfèric, tan d'origen natural com d'origen antropogènic, des de meitat del s. XIX fins avui han dut a l'augment de 1 ºC de mitjana global, una quantitat que no deuríem considerar gens menyspreable si bé tenim en compte que el diferencial tèrmic entre un període glacial i un interglacial és de l'ordre de 5 a 6 ºC.

Però del que també som coneixedors és que, tan dins d'un període glacial com en un interglacial, han hagut canvis climàtics molt sobtats que han sorgit en una escala temporal molt curta, de pocs decennis, i que no han pogut ser provocats per una adequada configuració de paràmetres orbitals («forçosos naturals») que afavoriren l'índex d'insolació i d'irradiació solar; sinó que deuen de hi haure altres processos atmosfèrics, oceànics, meteorològics que desconeguem, però que interactuen formant una cadena de mecanismes de retroalimentació en la qual una petita alteració pot dur cap a un canvi global (una mena d'efecte papallona).[3]

Però és el «principi de cautela» el que aconsella que el fet de topar-se davant la incertesa i del perill, ja és prou raó per actuar. Si al final de la dècada dels 80 els humans aconseguirem aplegar a un consens global (Protocol de Montreal, 1987) per la total eradicació mundial de producció de CFC's que tan minvava i destruïa la capa d'ozó estratosfèrica, ara, sembla de veres, que estem obligats disminuir i quasi eradicar les nostres emissions de GEH.

Des de fa uns anys la comunitat esquimal inuí té seriosament amenaçat el propi gel del seu habitat a la Grenlàndia, sofrint les conseqüències directes del desglaç per l'escalfament global. Malgrat que el poble inuí mai haga generat gasos d'efecte hivernacle són, en aquestes latituds tan septentrionals, on més es concentren i s'acarnissen els efectes dels gasos d'efecte hivernacle.

De no fer res per mitigar els nostres GEH sorgirà un altra conseqüència col·lateral d'impacte mediambiental, deixarem a les futures generacions un cel perdurablement ataronjat i opac, amb una atmosfera venusiana, xafogosa i farcida de tots els gasos d'efecte hivernacle. Si vols avançar-te a contemplar aquest patètic escenari tan sols et queda mirar el cel perpètuament ataronjat que es mostra a la pel·lícula futurista, Blade Runner (1994), de Ridley Scott.

Notes i bibliografia:

- [1] Belmonte, Juan Antonio (2001): "La Luna, el Niño, el Río y el Rioja", IAC-NOTICIAS, vol. 2, pp. 59-62.

-[2] Ferrer, Àngel (2003): "Glaciaciones y astronomía, ciclos de Milankovitch", Huygens vol. 41, pp. 12-25.

- [3] Zazo Cárdenas, C. (2006): "Cambio climático y nivel del mar: La península ibérica en el contexto global", Cuaternario & Geomorfología, vol. 20, pp.115-130.

- [4] Mörner, N.A. (2000). "Sea level changes and coastal dynamics in the Indian Ocean", Integrated Coastal Zone Management, Launch Issue, 17-20.

-Rodríguez, Cándido (1999): "Cambios Climáticos", Tribuna de Astronomía, vol. 159, pp. 60-66.