





Investigador del Laboratori de Climatologia en l'Institut Universitari de Geografia de la Universitat d'Alacant (UA). Llicenciat en Geografia per la UA i Màster en Climatologia Aplicada per la Universitat de Barcelona (UB).

Col·labora com a membre d'investigació en el Grup de Climatologia de la UB, que dirigeix el Dr. Javier Martín Vide, així com en l'Associació Espanyola de Climatologia (AEC) i en el Grup de Climatologia de l'Associació de Geògrafs Espanyols (AGE). En el marc del seu projecte de tesi doctoral, dirigit pel Dr. Jorge Olcina Cantells i el Dr. Antonio M. Rico Amorós, ha desenvolupat estades d'investigació i col·labora activament en projectes sobre brises marines amb experts de la Universitat de Göteborg (Suecia), i de l'Institut Cooperatiu per a la Investigació de l'Atmosfera (CIRA) de la Universitat de l'Estat de Colorado (EE.UU.). És autor de més d'una vintena d'articles científics nacionals i internacionals.

## **CANVI CLIMÀTIC: REALITATS I INCERTESES**

### **César Azorín\***

El canvi climàtic per causa antròpica és un problema global avalat pels estudis científics. En realitat, és el problema mediambiental més important de la societat del segle XXI a causa de les seues implicacions globals sobre l'home i la seua activitat econòmica. Les terres valencianes i el seu sistema socioeconòmic fan d'aquesta regió un espai geogràfic potencialment sensible, fràgil i vulnerable davant dels escenaris de canvi climàtic prevists per a aquest segle. Aquests apunten cap a una major idea de fenòmens meteorològics extrems i, conseqüentment, a un augment dels riscos climàtics: pluges torrencials amb efectes d'inundació, episodis de sequera, onades de fred polar, onades de calor sahariana, etc. A pesar del gran consens científic, el sistema climàtic és tan complexa que l'actual hipòtesi del canvi climàtic per efecte de l'home és qüestionada per altres científics. En aquest breu article es pretén divulgar les principals causes, conseqüències, realitats i incerteses que entranya el debat actual sobre el canvi climàtic antròpic, plantejant l'estat de la qüestió per al territori valencià.

## 1. Canvi climàtic natural?

Un dels trets més importants del sistema climàtic i dels elements meteorològics (temperatura, humitat, precipitació, pressió atmosfèrica, vent, etc.) és el seu elevat grau de variabilitat natural. Al llarg dels milions d'anys d'història geològica del planeta el clima ha experimentat canvis importants i de distinta magnitud sense que l'home hi haja participat com a agent percussor. Canvis en l'activitat solar, principal motor de l'atmosfera, així com també en els mateixos paràmetres orbitals de la Terra, juntament amb els processos de tectònica de plaques i l'activitat volcànica han produït canvis climàtics d'origen natural. La paleoclimatologia —ciència que estudia els climes del passat— ha detectat importants canvis climàtics a diferents escales espaciotemporals, que fins i tot han possibilitat o extingit la vida d'espècies animals i vegetals en el planeta.

Els pous de neu que actualment apareixen a les terres de l'interior i àrees de muntanya del territori valencià són el millor exemple de canvis climàtics que van tenir lloc en el passat. Al llarg dels segles XV i XVI, així com a mitjan S. XIX, el clima valencià, així com en tota Europa, va viure la coneguda Petita Edat de Gel. El temps atmosfèric va ser fred i variable, amb nevades i precipitacions copioses. Aquestes condicions climàtiques van afavorir la construcció d'aquesta herència arquitectònica que paral·lelament va generar el conegut comerç de la neu entre els pobles valencians. També l'any 1000 es va viure un calfament important del planeta.

Actualment la Terra es troba al final d'una època interglacial, és a dir, en un dels períodes més càlids de l'últim milió d'anys.

El clima actual presenta canvis importants comparat amb els últims 5.000 anys, però d'igual magnitud als anteriors, com ho va ser la Petita Edat del Gel.

## L'agent principal d'aquest canvi climàtic correspon a l'acció de l'home

### 2. La realitat del canvi climàtic antròpic

Encara tenint en compte que el clima admet un component de canvi natural, el canvi detectat en la temperatura global planetària durant les últimes dècades se situa en el límit del que podria considerar-se per efecte de la mateixa variabilitat natural del clima. En conseqüència, l'agent principal d'aquest canvi climàtic correspon a l'acció de l'home i a l'emissió dels anomenats gasos d'efecte hivernacle, que provoca l'esmentat calfament global o *global warming* en la terminologia anglosaxona. Des de la Revolució Industrial, a mitjan segle XIX, fins als nostres dies s'ha produït un increment exponencial de les emissions de diòxid de carboni (CO<sub>2</sub>), metà (CH<sub>4</sub>), òxid nítrós (N<sub>2</sub>O), ozó troposfèric (O<sub>3</sub>) i CFC a l'atmosfera, provocades per l'incessant crema de combustibles fòssils (carbó, petroli i gas natural). Aquesta concentració de contaminants s'ha vist incrementada al llarg del segle XX per un espectacular desenvolupament socioeconòmic dels països més avançats, el motor principal del qual ha correspost al creixement desorbitat del parc automobilístic. En l'actualitat la concentració de diòxid de carboni és al voltant d'un 35% superior al període preindustrial, i les projeccions apunten al fet que serà el doble en el 2030.



A pesar que la història geològica ens ha demostrat l'existència de canvis climàtics d'origen natural, l'alteració antròpica en la composició química de l'atmosfera a escala global és un fet fins i tot més evident. És aquest fenomen el que avala el consens científic ampli que apunta l'agent antròpic com a causa de l'escalfament global planetari detectat a partir de les últimes dècades del segle passat.

### 3. Fonts d'informació per a l'estudi del canvi climàtic antròpic

La validació del canvi climàtic per causa antròpica és un tema prioritari en les investigacions científiques. Els estudis es basen en els registres instrumentals de les variables atmosfèriques (temperatura, humitat, precipitació, pressió atmosfèrica, vent, etc.), l'escala temporal de les quals es remunta a mitjan S. XVIII en el cas de les sèries amb dades meteorològiques més llargues. Realment es disposa de termòmetres

normalitzats des de 1861. A penes segle i mig de registres meteorològics, en la majoria de casos sense continuïtat, no són suficients per a detectar tendències climàtiques d'origen no natural dins de la història geològica del planeta. Aquesta qüestió és un punt dèbil i posa en debat l'afirmació contundent de l'existència d'un canvi climàtic per causa antròpica.

La paleoclimatologia i les branques que la componen, entre les quals destaca la dendroclimatologia i climatologia històrica, han intentat recuperar informacions meteorològiques o dades afins —*proxy data*— a partir de l'estudi dels anells dels arbres i informació disponible en els arxius històrics, respectivament. Per exemple, l'anell del tronc d'un arbre ens proporciona de forma molt fiable la mitjana de la temperatura i precipitació en un any. La rica informació històrica disponible en els arxius històrics valencians ha servit per a millorar el nostre coneixement sobre el clima valencià del passat, com a resultat de

treballs d'investigació desenvolupats en les universitats valencianes. Les cerimònies religioses, com les rogatives *pro pluviam* en situacions d'escassetat de precipitacions, així com els danys per inundacions recollits en actes municipals, constitueixen una font d'informació fonamental en els estudis paleoclimàtics que busquen reconstruir el clima del passat.

Altres fonts d'informació complementàries, també conegudes com a termòmetres naturals, són les següents: tasts de gel en els pols, els dipòsits coral·lins en els fons dels oceans, els estrats geològics, el desgel de les glaceres, l'increment del nivell marí, els canvis en la vegetació, mostren perfectament la variabilitat del clima a llarg termini. Totes resulten indispensables en la justificació de l'actual hipòtesi de canvi climàtic per efecte de l'home.



#### 4. Què és l'escalfament global o *global warming*?

Al llarg de l'últim segle la temperatura mitjana planetària ha ascendit al voltant de 0,5°C, això ha pres el qualificatiu d'escalfament global o *global warming*. Aquesta taxa d'increment tèrmic, aparentment poc significativa, és la principal dada objectiva a partir de dades instrumentals que ha servit a la comunitat científica per a avaluar l'escalfament global del planeta associat a la concentració de gasos d'efecte hivernacle en l'atmosfera. Encara que totes les hipòtesis apunten l'home com a causa principal d'aquest calfament global, alguns científics paleoclimatòlegs han afirmat que taxes d'increment tèrmic pròximes a 0,5°C/segle s'han registrat en altres etapes de la història geològica del planeta sense conèixer a l'acció antròpica com a causa d'aquestes. Dit amb altres paraules, el planeta ha experimentat increments en la temperatura global d'identica magnitud associats a la mateixa dinàmica natural del clima. Per tant, actualment no es pot afirmar de ciència certa que l'escalfament global detectat durant l'últim segle siga degut completament a causa antròpica. Això sí, taxes d'increment tèrmic superiors en unes poques desenes al mig grau evidenciarrien sens dubte l'agent antròpic com a causa de l'escalfament global o *global warming*. Cal afegir que, a pesar d'aquest increment tèrmic, la temperatura no és el millor indicador de canvi climàtic. Per a molts experts un indicador climàtic òptim serien les temperatures de les capes altes de l'atmosfera, però les dades disponibles a partir de globus sonda es remunten tan sols a mitjan segle XX.

A més d'aquest escalfament global, que es va detectar des de mitjans de la dècada dels 70 i va ser més evident durant la dècada dels anys 90 i primers anys del segle actual, els principals canvis observats en el sistema climàtic han afectat una reducció en un 10% de la coberta de neu des de 1960 (retrocés de les glaceres de muntanya); un ascens mitjà en el nivell marí global de 0,1-0,2 m al llarg del segle XX i un increment dels episodis de precipitació intensa en latituds mitjanes i altes de l'hemisferi nord.

## La previsió més optimista xifra en 1,5°C l'increment de la temperatura mitjana global

### 5. Escenaris climàtics per a finals del segle XXI. És possible un canvi climàtic brusc?

Durant els últims anys, bona part dels esforços en la investigació climàtica s'han centrat en la projecció d'escenaris climàtics futurs a escala planetària. Les projeccions dels models numèrics que simulen el clima han apuntat que les emissions de CO<sub>2</sub> continuaran incrementant-se, passant de 367 parts per milió en volum (ppm) actuals a entre 540 a 970 ppm a final de segle. Això comportarà un increment paral·lel de la temperatura mitjana global d'aproximadament 1,5 a 6°C, així com previsiblement un augment del vapor d'aigua i de la precipitació en alguns sectors de latituds mitjanes del nostre hemisferi. Aquest ventall de variació de la temperatura respon als escenaris prevists. L'increment d'1,5°C correspon a la previsió més optimista, en què la població

teòricament creixerà poc i la gestió mediambiental i energètica resultarà correcta. No obstant això, l'escenari oposat d'increment de la temperatura de 6°C serà la resposta a un creixement desorbitat de la població fins a 15.000 milions d'habitants en què, lògicament, s'intensificarà l'ús de combustibles fòssils i emissions a l'atmosfera. Junta-ment amb això, a més a més, és previsible que s'accelere la reducció de la coberta de neu de les glaceres i del gel marí, i es produïska una elevació del nivell del mar d'aproximadament de 0,14 a 0,80 m.

No obstant això, com s'ha il·lustrat des de Hollywood, aquest calfament global podria paradoxalment provocar un refredament brusc de moltes àrees de l'hemisferi nord. La hipòtesi d'aquest canvi climàtic brusc està basada en el debilitament de la circulació termohalina (*ocean conveyor belt*). El corrent del Golf, que banya i suavitza les costes d'Europa Occidental, s'interrompria com a conseqüència de l'arribada d'aigua fosa de l'Àrtic. Aquesta hipòtesi preveu que es produïsqen breus períodes d'al voltant de 10 anys en els quals els hiverns serien crus en bona part d'Europa. Al contrari, són moltes les incerteses que es plantegen sobre aquesta hipòtesi.

### 6. Escenaris de canvi climàtic en el territori valencià

La predicció de l'evolució del clima i dels seus impactes a una escala espacial regional, com és el cas del territori valencià, és una qüestió molt important per a planificar estratègies d'adaptació dels sectors sensibles a les futures condicions climàtiques. Aquesta línia d'investigació és relativament recent i, en

conseqüència, deslliga moltes incerteses que han de ser validades durant els pròxims anys. El turisme, l'agricultura, els recursos hídrics o els ecosistemes naturals valencians es troben fortament afectats per la possible hipòtesi de canvi climàtic.

## **Segons els últims informes, al País Valencià es tendirà a una subtropicalització del clima**

Per tant, resultaria molt arriscat apuntar quin serà l'escenari climàtic valencià d'ací a 50 o 100 anys, ja que les conclusions que han arribat en informes globals no són el suficientment ajustats per a predir les variacions del clima en un espai regional, com ara el País Valencià. De moment, les investigacions desenvolupades per alguns grups d'investigació valencians han posat de manifest que la temperatura i la precipitació no han registrat una tendència estadísticament significativa al llarg del segle passat. No obstant això, tot apunta segons els últims informes que es tendirà a una subtropicalització del clima, amb un augment de les temperatures mitjanes. Les intenses onades de calor dels últims estius són per a molts científics un vaticini del nostre clima en el futur si no es corregeix la incontrolada emissió de gasos que incrementen l'efecte hivernacle. Segons apunten alguns models, les onades de calor resultaran més prolongades, amb temperatures màximes diàries superiors a les normals. És el calfament que s'espera i és una de les primeres evidències de canvi climàtic.

En el cas el territori valencià, les altes emissions d'ozó, unes 200 vegades més efectives que el diòxid de carboni, són causa d'un escalfament anòmal que podria explicar la disminució en la freqüència de tempestats d'estiu sobre l'orla muntanyosa que rodeja la conca del Mediterrani Occidental. S'ha comprovat que la capacitat d'absorció de diòxid de carboni dels ecosistemes marins i terrestres disminueix a mesura que augmenta la temperatura. A més, aquest escalfament del Mediterrani cap a finals de l'estiu augmenta la probabilitat que es generen pluges torrencials a la tardor. Estudis científics han comprovat un ascens tèrmic de 0,75°C del 1993 al 2003 sobre la conca del Mediterrani, un increment tèrmic molt superior respecte a la mitjana dels oceans, que en aquella mateixa dècada es van calfar com a mitjana 0,15°C.

Tenint en compte aquest escalfament, els models numèrics observen un descens de la precipitació entre un 5 i 15%, preferentment a l'estiu, amb un canvi important en el règim de tempestats estivals que afectaria la recarrega d'aqüífers. A tot això, s'unirà un augment de la variabilitat de la precipitació, de tal manera que a priori llargs períodes de sequera s'alternaran amb episodis breus de pluges torrencials sobre el territori valencià. Açò implicaria un increment de la torrencialitat i, paral·lelament, de la capacitat erosiva de l'aigua de pluja. No obstant això, la precipitació és considerada com un mal indicador de canvi climàtic. Fins i tot un major calfament s'hauria de traduir en una major transferència de vapor d'aigua a l'atmosfera i, conseqüentment, un increment de les precipitacions, però tot apunta que açò no ocor-

rerà en el territori valencià. A més, les precipitacions podrien ser iguals, però l'evaporació seria major i, per tant, parlariem de dèficit hídric, la qual cosa comportaria la desertificació de moltes comarques valencianes, preferentment les del seu extrem sud.

Intentant evitar el sensacionalisme, els escenaris climàtics previstos no són gens falaguers per al sistema de desenvolupament econòmic implantat durant les últimes dècades sobre el territori valencià. En concret, el turisme com a motor principal de desenvolupament econòmic podria veure's directament afectat. D'una banda, en benefici seu, la temporada podria allargar-se, englobant de forma completa l'estació de primavera i tardor. Al contrari, un augment de les temperatures, amb estius molt més càlids, podria fer perdre l'atractiu turístic en el centre de l'estiu en benefici d'altres àrees, com podria ser, per posar un exemple, el Cantàbric. En el cas de l'agricultura els impactes del canvi climàtic resultarien fins i tot més intensos



## Els escenaris climàtics previstos no són gens falaguers

per la falta de recursos hídrics, així com derivats per la modificació del cicle vegetatiu dels cultius. No cal oblidar tampoc els efectes del canvi climàtic sobre els ecosistemes i la diversitat biològica.

De moment, les dades climàtiques de què es disposa són confirmacions provisionals de les previsions sobre el canvi climàtic. Per tant, a pesar de les incerteses que rodegen aquests escenaris climàtics, cal tenir-los molt en compte perquè el canvi climàtic repercutirà directament sobre el sistema socioeconòmic valencià.

### 7. Canvi climàtic versus riscos climàtics

En els últims anys ha alçat certa preocupació l'augment de pèrdues de vides humanes i econòmiques per efecte d'episodis naturals extraordinaris. Fenòmens meteorològics com ara huracans, tornados, pluges torrencials, episodis de prolongada sequera, onades de fred i calor s'han atribuït, principalment des dels mitjans de comunicació, al canvi climàtic per causa antròpica. Les investigacions científiques basades en registres instrumentals, així com la informació històrica recopilada per paleoclimatòlegs, ha posat de manifest que no hi ha una certesa estadística que els fenòmens meteorològics extrems actuals siguem causa directa de l'acció de l'home. No obstant això, un augment en la seua idea i intensitat, independent de l'acció antròpica, sí que

hauria de relacionar-se de ciència certa amb els efectes d'un canvi climàtic a causa de l'acció de l'home.

## **El sistema socioeconòmic valencià s'ha desenvolupat d'una manera insostenible, sota l'espenta d'un boom urbanístic sense límits**

Si bé és cert que hi ha alguns índexs econòmics, o elaborats per companyies asseguradores, que han posat en relleu un augment de pèrdues econòmiques i vides humanes per causa dels riscos climàtics, la realitat és ben diferent d'aquesta. En el marc d'aquesta contribució, així com d'altres incloses en el *Llibre verd del territori valencià*, és obligat denunciar que el factor humà és el principal responsable d'un augment de les catàstrofes naturals. El territori valencià és un exemple indiscutible d'aquest fenomen. En les últimes dècades el sistema socioeconòmic valencià s'ha desenvolupat d'una manera insostenible, sota l'espenta d'un boom urbanístic sense límits. Aquest creixement s'ha plasmat en l'ocupació incontrolada de rambles i barrancs que, a pesar de romandre secs durant la major part de l'any, es converteixen en autèntics col·lectors de grans volums d'aigua quan succeeixen episodis de pluja torrencial. D'aquesta manera, la societat valenciana ha ocupat àrees amb elevat risc d'inundació incrementat per tant la vulnerabilitat davant de les pluges torrencials, un fenomen meteorològic comú dins del clima Mediterrani. En el cas dels períodes de sequera, l'home ha agreujat les seues conseqüències per un augment en el seu consum.

Per tant, molt lluny de parlar d'un augment dels riscos naturals per una possible influència del canvi climàtic antròpic, hauríem d'apuntar a un increment de la vulnerabilitat associada al mateix sistema socioeconòmic.

### **8. Societat, mitjans de comunicació i canvi climàtic**

Televisió, ràdio i premsa d'àmbit nacional i regional, han trobat en el canvi climàtic el principal tema mediambiental del segle XXI. Per les característiques que entranya, per a alguns climatòlegs el canvi climàtic s'ha convertit en un vertader tema estrella per als mitjans de comunicació. Les notícies d'impacte, espectaculars i catastrofistes ocupen un lloc destacat en titulars de televisió, ràdio i premsa. Les notícies que tenen com a titular el canvi climàtic venen. Si aquestes s'acompanyen d'un titular i/o imatge catastrofista, s'ha comprovat que el seu impacte sobre l'opinió pública es multiplica.

Aquesta influència mediàtica ha creat en la societat una percepció climàtica realment negativa sobre el nostre clima. Comentaris com que *ja no neva com ho feia abans*, si *l'hivern ha desaparegut*, etc., són molt freqüents en comentaris que fem diàriament. En realitat, la nostra memòria és selectiva, breu i realment influenciada pel to sensacionalista de la majoria de mitjans de comunicació, així com dels canvis socioeconòmics succeïts durant l'últim mig segle. Si la població va emigrar, dels pobles interiors valencians a les principals ciutats del nostre litoral, és lògic que la nostra percepció arribe a la conclusió que les nevades i el fred de l'hivern ja no són tan intensos com antany. No

obstant això, la realitat climàtica és ben distinta. Les cròniques històriques sobre efemèrides del clima del passat ens demostren que el que prenem actualment com un fenomen meteorològic extraordinari i atribuïm directament al canvi climàtic, va ser molt més rigorós en altres temps.

En conclusió, des d'ací s'adverteix al ciutadà valencià a fer una lectura crítica de les informacions que sobre el canvi climàtic difonen alguns mitjans de comunicació. Afortunadament, sí que hi ha informacions la qualitat de quals està contrastada per la divulgació de les investigacions científiques desenvolupades per experts sobre el canvi climàtic. Davant el gran volum d'informació, el ciutadà no valora un problema que pot comportar greus conseqüències socials en un futur no molt llunyà.

## **La societat ha d'apostar per una gestió respectuosa dels recursos i per polítiques restrictives en l'emissió de contaminants**

### **9. Conclusió**

El canvi climàtic global és un tema molt complex, la realitat del qual és plena de grans incerteses i, en conseqüència, les projeccions i escenaris climàtics futurs per al territori valencià han de ponderar-se amb molta prudència. La comunitat científica ha de continuar investigant sobre les causes d'aquest escalfament global i les conseqüències futures sobre el clima i l'home. Només d'aquesta manera és possible acumular suficient

evidència científica per conscienciar els polítics sobre el problema mediambiental més important del segle XXI.

## **Està demostrat que el consum de combustibles fòssils i l'emissió de contaminants constitueix una pràctica insostenible**

La societat ha d'apostar per una gestió respectuosa dels recursos i per la posada en pràctica de polítiques restrictives en l'emissió de contaminants. Està demostrat que el consum de combustibles fòssils i l'emissió de contaminants constitueix una pràctica insostenible.

L'objectiu de tots ha de ser el de minimitzar la contaminació, reutilitzar i dipositar responsablement els residus. La reforestació i la millora tecnològica dels vehicles són armes per a contrarestar la concentració de gasos d'efecte hivernacle. Hem de col·laborar responsablement sota un principi de solidaritat global. L'educació ambiental a tots els nivells de l'ensenyament és fonamental per a crear una consciència social d'un problema del present, i que posa en risc les generacions del futur.

Els governs tenen tota la responsabilitat d'execució de mesures correctores i que hi haja una col·laboració responsable dels habitants. En realitat, hem oblidat que el clima controla molts aspectes de les nostres vides. Potser aquest siga un dels motius de l'escassa conscienciació sobre els problemes mediambientals i, particularment, sobre el problema del canvi climàtic.