

dCIDOB 106. Crisi energètica, cap a un final d'era.

Energia i medi ambient. La nova realitat de l'escalfament global.
Javier Martín Vide

Energia i medi ambient

La nova realitat de l'escalfament global

Javier Martín Vide Catedràtic de Geografia Física, Universitat de Barcelona

Des de fa més d'un segle es coneix el caràcter de gas amb efecte d'hivernacle del diòxid de carboni, gas carbònic o CO_2 —el de les bombolles de les begudes carbonatades. El físic i químic suec Svante Arrhenius va mostrar, el 1986, la relació positiva entre la concentració de CO_2 i la temperatura de l'aire prop del sòl; en concret, quan hi ha més presència d'aquest gas, la temperatura és major (Arrhenius, 1986). Les dades instrumentals directes i indirectes no deixen dubtes sobre l'augment de la concentració de CO_2 en la troposfera des de mitjan segle XIX fins a l'actualitat, passant d'unes 280-290 ppmv (parts per milió en volum) durant la segona meitat del segle XIX, a 384 ppmv, el 2008. Cal esperar, per tant, per acabar aquest sil·logisme, un augment de la temperatura planetària en superfície, segons l'increment de CO_2 en l'aire al llarg de l'últim segle o segle i mig.

Una pregunta clau que no es pot obviar és la causa de l'increment de la concentració de CO_2 . I entre els possibles processos per a un augment d'aquesta importància sobresurt la crema ingent de combustibles fòssils, en principi carbó i, posteriorment, i sense deixar-lo, petroli i gas natural. Les economies dels països industrialitzats s'han basat, d'aquesta manera, en una font d'energia, en un principi barata—més si es veu amb l'òptica del moment actual¹—i abundant, però, amb el temps, finita i fungible. El 1992, per a la celebració del Dia Meteorològic Mundial, l'Organització Meteorològica Mundial (OMM) va difondre un número rodó, potser amb la inexactitud inherent que tenen, però suficientment explícit i aproximat d'una realitat devastadora per al planeta: el consum global anual de combustibles fòssils equivalia a la quantitat que el planeta havia emmagatzemat com a dipòsit geològic durant un milió d'anys. Tres lustres després, la relació, sens dubte, ha empitjorat.

Unes precisions sobre l'efecte d'hivernacle

És habitual sentir parlar de l'efecte d'hivernacle com la causa dels mals del planeta. Fins i tot en alguna ocasió l'autor d'aquest treball, en finalitzar una de les seves conferències, ha estat preguntat sobre com es pot acabar *totalment* amb l'efecte d'hivernacle. L'efecte d'hivernacle—denominació que tot i que està universalment acceptada en totes les llengües (*greenhouse effect*, en anglès; *effet de serre*, en francès; *efeito estufa*, en portuguès; *efecte d'hivernacle*, en català; etc.) és incorrecta²—, fa referència a la capacitat que tenen certs gasos de ser pràcticament transparents a la radiació solar, que permeten que passi i arribi a la superfície terrestre, mentre que, al contrari, l'emissió de radiacions terrestres és absorbida per aquests i reemesa o retornada de nou cap a la superfície. El resultat net final és que una fracció més o menys important de la radiació que la superfície del planeta emet cap a l'exterior, per equilibrar l'*input* de radiació solar, queda retinguda en la superfície i en les capes baixes de l'atmosfera, amb el consegüent escalfament. Aquest fet explica les condicions tèrmiques presents a la superfície de la Terra, on la temperatura mitjana global és propera als 15°C, ideal per al desenvolupament de la majoria dels éssers vius, incloent els humans. El planeta esdevé així còmode i acollidor, gràcies a l'efecte d'hivernacle, totalment natural i *bo*, que produeixen el vapor d'aigua, el CO_2 , el metà, l'òxid nítrós i algun altre gas, presents, de forma natural, en l'aire que respirem. Si el planeta no tingués atmosfera o no hi haguessin gasos amb efecte d'hivernacle, com els citats, no és difícil preveure que la temperatura mitjana global en superfície seria d'uns -18°C, un fet que dibuixaria un planeta menys apte o confortable per a la vida que coneixem.

La realitat de l'escalfament global

L'any 2007 va sortir el Quart Informe del Grup Inter-governamental d'Experts sobre Canvi Climàtic (IPCC, 2007) que és, amb gran diferència, el document més complet sobre l'estat del sistema climàtic i la seva evolució recent. L'IPCC, que està promogut per l'OMM i el Programa de Nacions Unides per al Medi Ambient (PNUMA), ha preparat ja quatre informes, que van aparèixer els anys 1990, 1995, 2001 i 2007. El Quart Informe té 450 autors principals, hi han contribuït amb textos específics uns altres 800, i ha passat pel filtre de la revisió de 2.500 experts que representen, en conjunt, 130 estats. Com els informes anteriors, està format, principalment, de tres grans blocs o grups de treball: en primer lloc, el pròpiament climàtic; en segon lloc, impactes, adaptació i vulnerabilitat, i, finalment, mitigació. Per dir-ho d'una manera clara, el Quart Informe és com la *biblia* (actualitzada) del canvi climàtic.

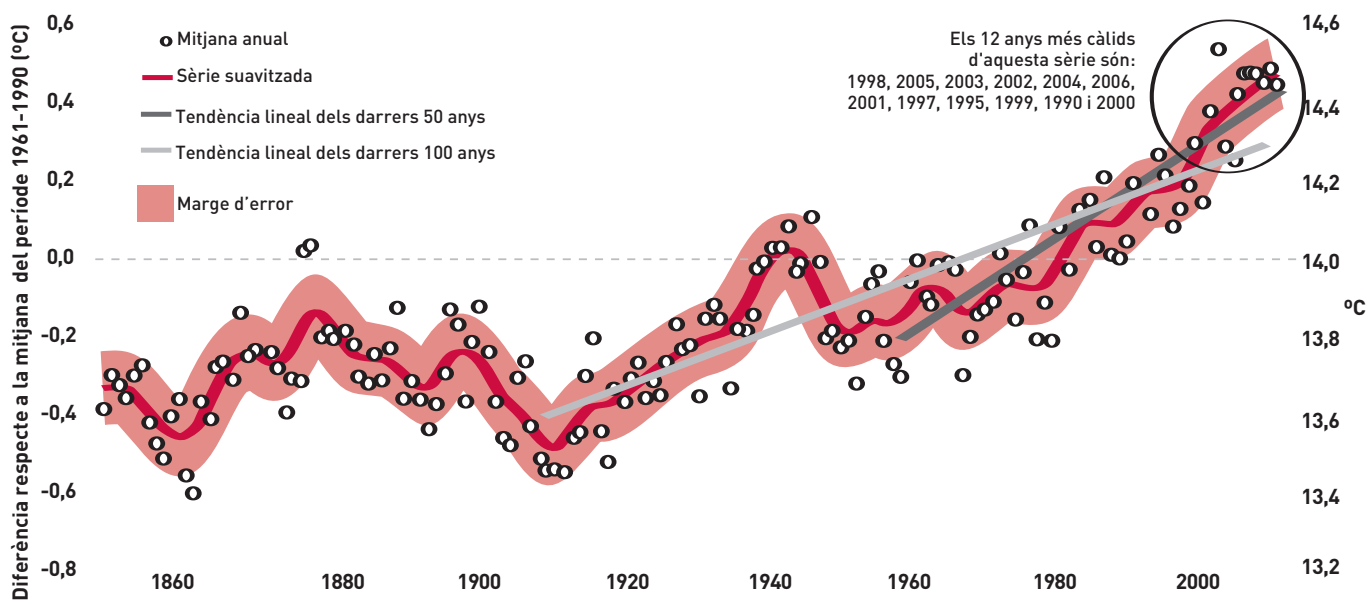
En aquest Quart Informe, com ja havia passat en els informes precedents, les sèries climàtiques, és a dir, sèries llargues i homogènies conformades a partir de dades meteorològiques instrumentals de qualitat registrades sistemàticament, han permès establir la temperatura mitjana anual en superfície del planeta des de mitjan segle XIX fins a l'actualitat amb un alt grau de precisió. Aquesta sèrie, visualitzada de forma gràfica en la figura 1, ha estat elaborada finalment a partir de milers de registres, que cobreixen raonablement el planeta, amb les naturals diferències regionals.

L'evolució de la temperatura, expressada en la figura 1 com a diferència respecte del període de referència 1961-1990, mostra quatre etapes: un tram inicial, que cobreix la segona meitat del segle XIX, sense tendència; un primer ascens durant les primeres dècades del segle XX; una estabilització o, fins i tot, un cert retrocés, a partir de mitjan segle

passat; i un nítid ascens final des de la segona meitat dels anys setanta del segle XX fins a l'actualitat. En aquest punt, hem de recordar que la variabilitat temporal és una de les característiques essencials del comportament de les variables o elements climàtics. Dit d'una altra manera, de forma natural, sense recórrer a la hipòtesi de canvis climàtics, la temperatura, la precipitació, etc. mostren gairebé sempre una acusada variabilitat temporal, expressada en anys càlids i en anys freds, plujosos i secs, etc., sense que això impliqui cap canvi substancial. No obstant això, l'ascens final de la sèrie tèrmica global de més d'un segle i mig de longitud és molt explícit i, sobretot, estadísticament significatiu. En el Quart Informe s'indica que en l'últim segle (1906-2005) la temperatura mitjana anual ha augmentat en 0,74°C, taxa considerable quan es contextualitza en el conjunt dels canvis climàtics del passat, tot i que no és fàcil de transmetre al gran públic, que pot veure "només set dècimes de grau centígrad". El Quart Informe afegeix que 11 dels 12 anys més càlids des de 1850 es concentren en els últims dotze. Podem afirmar, doncs, que vivim en un planeta més càlid que 25 o 30 anys enrere.

A les sèries climàtiques instrumentals citades, que avalen la realitat de l'escalfament, s'uneix un nombrós conjunt de fets coherents amb un planeta més càlid avui que en el passat recent. Entre aquestes evidències sobresurt el retrocés gairebé generalitzat de les glaceres de muntanya, com les alpines, les de l'Himàlaia o les andines; la pèrdua de superfície i volum del gel marí de l'Àrtic que augura d'aquí a pocs anys una ruta franca, lliure de gels, a través del Pol Nord al final de l'estiu boreal; i l'elevació del nivell del mar, estimada globalment en una mica més de 3 mm/any durant l'última dècada. A aquest fenomen contribueix no solament l'ablació glacial³, sinó sobretot l'expansió tèrmica o l'augment de volum, per elevació de la temperatura, de l'aigua marina.

Figura 1. Evolució de la temperatura mitjana mundial (1850-2005)



Font: IPCC, 2007

En el cas de l'àmbit geogràfic propi, com la península Ibèrica, l'evolució de la temperatura ha estat paral·lela a la planetària, amb els anys més càlids concentrats en les últimes dècades. Fins i tot la taxa de variació ha estat més alta que la global, superior a un grau centígrad l'últim segle (Brunet *et al.*, 2006). Podem afirmar, doncs, que vivim també en una regió geogràfica i en un país més càlids que un quart de segle enrere (Moreno, 2005; Llebot, 2005; Martín Vide *et al.*, 2007; Sousa *et al.*, 2007).

La participació antròpica en el canvi climàtic actual

El canvi climàtic no és una novetat en la llarga història del planeta Terra. En el passat geològic hi van haver molts canvis climàtics, alguns d'una magnitud clarament superior a la de l'actual. Fins i tot predominen en aquesta història de 4.600 milions d'anys períodes més càlids que l'actual. Tots van tenir una causa natural, externa al planeta –com la major o menor activitat solar, o els cicles orbitals–, o endògena –com les variacions en l'activitat volcànica del planeta. A diferència dels canvis climàtics passats, ara una part substancial de l'escalfament expressat en l'epígraf anterior es deu, amb altíssima probabilitat, a l'activitat antròpica, sobretot, a les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle (IPCC, 2007).

La clau de l'atribució antròpica de l'escalfament actual l'han subministrada els models climàtics, que són l'eina més potent de què disposem per a la comprensió del clima i la seva evolució, tant futura com passada. El perfeccionament dels models climàtics ha donat els últims anys la prova definitiva per a la major part de la comunitat internacional de climatòlegs sobre la naturalesa nova, per la seva causa, del canvi climàtic actual. Els models climàtics s'utilitzen per preveure l'augment de la temperatura que es produirà d'aquí a 25, 30, 50 anys, o el 2100. Però també es poden utilitzar cap enrere i, d'aquesta manera, verificar si els valors pronosticats coincideixen amb els efectivament mesurats l'últim segle. Doncs bé, els valors que subministren s'ajusten notablement als observats fins a la dècada dels anys setanta del segle XX contemplant només la variabilitat natural del clima, fonamentalment –com s'ha dit– les variacions en l'activitat solar i en la volcànica. A partir d'aquesta dècada, els models són incapaços de reproduir bé les temperatures realment mesurades, que es troben sistemàticament per damunt de les pronosticades. És a dir, les últimes tres dècades haurien d'haver estat considerablement més fredes, segons la influència dels factors que causen la variabilitat natural. Només quan en aquests models afegim la variabilitat d'origen antròpic, és a dir, fonamentalment la derivada dels gasos amb efecte d'hivernacle i dels aerosols o partícules contaminants en suspensió, els resultats dels models tornen a ajustar-se als valors observats. Necessiten, per tant, el factor o forçament antròpic per donar resultats coincidents amb els ja observats. Per a la majoria de la comunitat de climatòlegs és, per tant, clara l'empremta humana, o de les activitats que comporten contaminació atmosfèrica, en el clima a escala planetària (Martín Vide *et al.*, 2007).



El desmesurat ús de l'energia fòssil i l'escalfament global

El consum actual de combustibles fòssils és tan ingent que, tot i que la seva crema no fos la causa principal de l'escalfament observat, s'hauria de posar, almenys, i mentre altres fonts d'energia no cobreixin amb seguretat les necessitats raonables dels humans, unes severes restriccions en tractar-se d'un recurs no renovable, fungible. S'entén, del que s'ha dit anteriorment, que la demanda desorbitada i creixent d'energia queda fora d'aquestes necessitats raonables.

D'alguna manera, i encara que sembli una frivolidat, davant de l'augment previsible dels riscos climàtics, de les inestabilitats polítiques i dels impactes negatius en el medi social i en el sistema econòmic que comportarà el canvi climàtic, aquest es podria qualificar d'*oportú*. Oportú pel fet que ha de suposar, més en tant que els seus efectes negatius resultin clarament discernibles i propers al ciutadà, el toc d'alerta definitiu en les consciències dels més de 6.700 milions d'habitants del planeta i, sobretot, en les classes dirigents i els poders econòmics, sobre l'inajornable i dràstic canvi en el model econòmic, de desenvolupament i, especialment, d'ús de l'energia. L'ús i abús dels recursos naturals del planeta comença a passar factura als humans. Heus aquí una alerta clara sobre la necessitat de qüestionar-se els models vigents de creixement econòmic indefinit, insostenible, que comencen a topar ja obertament amb els mateixos límits físics i finits del planeta.

El canvi climàtic és ja una nova realitat que afegeix una raó més, d'urgència, per al canvi del model energètic basat en els combustibles fòssils. En efecte, les projeccions dels models climàtics, sota diferents escenaris d'emissions, o hipòtesis sobre variables socioeconòmiques i d'ús de recursos fòssils, dibuixen sempre un planeta més càlid que l'actual, durant les properes dècades. En certa manera, fem el que fem, l'escalfament és inevitable durant tota la nostra vida i probablement la dels nostres fills, a causa de la inèrcia dels processos en el sistema climàtic per a qualsevol escenari socioeconòmic no utòpic. Aquesta fatalitat no ha de conduir a la inacció, perquè el ventall de previsions d'augment de la temperatura és ampli, entre 1,8°C i 4,0°C el 2100, respecte al final del segle XX (IPCC, 2007). Es tracta, doncs, de mitigar el gairebé segur escalfament fins als nivells més baixos possibles. Les nombroses accions i mesures possibles de mitigació, com les seleccionades en un procés públic, obert i ben organitzat per la recent Convenció Catalana del Canvi Climàtic⁴, van en molts casos

dirigides a la reducció de les emissions de CO₂ procedents en últim extrem de la crema de combustibles fòssils. La mitigació es pot interpretar com un mal menor, però necessària per evitar que augments de temperatura per damunt de poc més de 2°C puguin produir efectes irreversibles i catastròfics en els sistemes naturals i, per tant, en la humanitat.

I la mitigació podria ser fins i tot una font de noves oportunitats...

Algunes reflexions finals

Diu el professor Ludwig Krämer, una de les persones clau en el desenvolupament de la legislació ambiental europea, que "el medi ambient no té veu per donar la seva opinió en les decisions que l'afecten", esmentant amb això que als ciutadans se'ls ha de permetre una participació més directa en les decisions ambientals (Krämer, 2008). Efectivament, l'accés a la informació, com a punt de partida, perquè sense aquesta no hi ha coneixement, i, sobretot, el debat i la participació activa dels ciutadans han de conduir, amb el respecte a unes determi-

nades regles del joc, a decisions democràtiques i vinculants en la complexa problemàtica de la sostenibilitat.

El problema del carboni en l'atmosfera és tan greu i urgent que veus molt importants fa unes dècades en contra de l'energia nuclear, com James Lovelock, avui advoquen rotundament pel seu ús (Lovelock, 2007). Aquest debat sobrepassa els límits d'aquest article. En tot cas, substituir l'energia d'origen fòssil i, al mateix temps, garantir les necessitats energètiques raonables dels humans comporta uns canvis tècnics, socials i econòmics, i fins i tot culturals,

importants, i uns terminis no breus que obligaran a aprofitar l'energia procedent de l'urani, sempre que les centrals nuclears en funcionament compleixin escrupolosament amb les mesures de seguretat més estrictes, sense donar suport a la construcció de noves centrals. Construir noves centrals nuclears, com passa en alguns països, s'ha de veure com un remei que podria arribar a ser pitjor que la malaltia (elevats costos, recurs no renovable, residus altament contaminants, perills ambientals molt greus en cas d'accidents, etc.).

Amb ànim positiu, hem de parlar de noves oportunitats amb el canvi climàtic. Domingo Jiménez Beltrán, fundador de l'Observatori de la Sostenibilitat a Espanya i exdirector de l'Agència Europea del Medi Ambient (AEMA), manté la tesi que hem indicat anteriorment que, tot i que no hi hagués canvi climàtic, s'hauria de canviar el model energètic i el model de

Els 10 principals països emissors de CO₂ (milions tm) (2004)

Estats Units	6.044 (20,6)
Xina	5.005 (3,9)
Índia	1.34 (1,2)
Japó	1.257 (9,8)
Rússia	1.254 (10,6)
Alemanya	808 (9,8)
Canadà	639 (20,0)
Regne Unit	587 (9,8)
Corea del Sud	465 (9,7)
Itàlia	450 (7,7)

Entre parèntesi s'assenyalen les emissions per càpita (tm). La mitjana mundial és de 4,5 tm per càpita.

Elaboració Fundació CIDOB. Fonts: Agència Internacional de l'Energia (AIE) i Banc Mundial, *World Development Indicators 2008*, Washington, 2008

desenvolupament. I afegeix que el canvi climàtic ens ha donat la raó per realitzar aquest canvi i per fer-lo urgentment. La mitigació de l'escalfament, d'una banda, i el desenvolupament sostenible i les noves polítiques energètiques que requereix el canvi de model energètic s'alimenten recíprocament d'una manera positiva. I econòmicament favorable, com va demostrar l'Informe Stern⁵.

El canvi climàtic és un problema econòmic i social de gran magnitud. Fins i tot, per a alguns autors, com Ramon Folch, posar tot l'èmfasi en el perill ambiental que suposa és perillós, perquè condueix al fet que els responsables de les polítiques econòmiques es desentenguin de l'afer, pensant en el fet que es tracta d'una preocupació pròpia d'ambientalistes (Folch, 2008). Hi ha, tanmateix, elements per a l'optimisme pel que fa al grau de consciència que els principals poders mundials tenen sobre la gravetat del canvi climàtic i la fi de l'era del petroli barat, com han estat les recents declaracions i accions de l'Administració nord-americana, del G-8 o d'algunes multinacionals del petroli, com la British Petroleum.

Davant de l'inevitable escalfament, mitigació i adaptació constitueixen conceptes i accions clau. Sobre l'adaptació cal assenyalar que adaptar-se als nous escenaris climàtics i ambientals és també aprofitar les noves oportunitats. Per posar un exemple, l'elevació del nivell del mar obligarà en alguns casos a obres costoses de protecció de les platges, però l'augment mateix de la temperatura que hi ha al darrere pot, en un país com Espanya, desestacionar positivament el turisme, d'una manera econòmicament favorable. Els turistes que massifiquen les nostres costes durant els mesos de juliol i agost ja troben durant el mes de maig i fins ben entrada la tardor condicions climàtiques molt agradables per al seu oci. Un altre destí turístic, el de la muntanya amb ofertes concentrades en els esports de la neu no té un futur clar, davant de l'ascens de la cota de l'element blanc i la seva previsible escassetat en les muntanyes ibèriques i en altres. Canviar del concepte d'estació d'esquí, sustentada en la neu i amb un calendari restringit, a estació de muntanya, amb una oferta diversificada, d'excurcionisme, contacte i gaudi de la naturalesa, aire pur, etc., i oberta tot l'any constitueix també una nova oportunitat en el camí de l'adaptació al canvi climàtic.

La metàfora del *cowboy* i l'astronauta quadra bé en tot aquest discurs. El *cowboy* s'enfronta a un món d'horitzons il·limitats, els recursos del qual ha de descobrir, conquerir i explotar. No es planteja límits, ni fronteres. En canvi, l'astronauta, cenyit en les parets claustrofòbiques de la seva petita nau espacial, és molt conscient de l'ús que ha de donar als seus recursos limitats, que ha de gestionar adequadament, i dels seus residus. Només l'energia solar que arriba a la seva nau és un element segur. Els humans hem deixat de ser *cowboys* i som avui astronautes d'una petita i fràgil nau, ínfima en l'espai sideral, amb el Sol com a referent principal. ●

Notes

1. Com ens recorda amb freqüència el professor Mariano Marzo, de la Universitat de Barcelona, hem arribat al final de l'era del petroli barat.
2. L'escalfament de l'aire a l'interior d'un hivernacle es deu principalment al fet que la coberta plàstica interromp la convecció, és a dir, l'ascens de l'aire càlid i lleuger.
3. N. de l'Ed.: Pèrdua de glaç soferta per una glacera.
4. Es pot consultar a: http://mediambient.gencat.net/cat/eL_medi/C_climatic/occc/html/index_occc.html
5. Per encàrrec del Govern britànic, l'economista Nicholas Stern va elaborar, el 2006, un informe en què arribava a la conclusió que tractar de forma decidida la reducció dels gasos amb efecte d'hivernacle, entre aquestes les emissions derivades del consum de combustibles fòssils, suposaria ara una inversió del 1% al 2% del PIB mundial, quantitat certament elevada, però molt inferior al 5% fins al 20% del PIB mundial que costaria d'aquí a uns anys no haver-ho fet.

Referències bibliogràfiques

- ARRHENIUS**, Svante. "On the Influence of Carbonic Acid in the Air upon the Temperature of the Ground". *London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science* (fifth series). No. 41 (1896). P. 237-275.
- BRUNET**, Manola; **SALADIÉ**, Oscar; **JONES**, Phil; **SIGRÓ**, Javier; **AGUILAR**, Enric; **MOBERG**, Anders; **LISTER**, David; **WALTER**, Alexander; **LÓPEZ**, Diego i **ALMARZA**, Carlos. "The development of a new dataset of Spanish Daily Adjusted Temperature Series (SDATS) (1850-2003)". *International Journal of Climatology*. No. 26 (2006). P. 1.777-1.802.
- FOLCH**, Ramon. "Energia i sostenibilitat. Catalunya 2030". A: **ÀVILA**, Anna i **TERRADAS**, Jaume (eds.). *Aula d'Ecologia. Cicle de conferències 2007*. Bellaterra: UAB, Servei de Publicacions, 2008. P. 49-56.
- IPCC**. *Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. Ginebra: IPCC, 2007. Consultable a: www.ipcc.ch
- KRÄMER**, Ludwig. "The Environment and the Ten Commandments". *Journal of Environmental Law*. No. 20(1) (2008). P. 5-7.
- LLEBOT**, Josep Enric (coord.). *El canvi climàtic a Catalunya*. Barcelona: CADS, IEC, 2005.
- LOVELOCK**, James. *La venganza de la tierra. La teoría de Gaia y el futuro de la humanidad*. Barcelona: Planeta, 2007.
- MARTÍN VIDE**, Javier; **LLEBOT**, Josep Enric; **PADILLA**, Emilio i **ALCÁNTARA**, Vicent. *Aspectos económicos del Cambio Climático en España*. Barcelona: Estudios Caixa Catalunya, 4, 2007.
- MORENO**, José Manuel (dir./coord.). *Evaluación Preliminar de los Impactos en España por Efecto del Cambio Climático. Proyecto ECCE - Informe final*. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente, 2005.
- SOUSA**, Arturo; **GARCÍA BARRÓN**, Leoncio i **JURADO**, Vicente (coords.). *El cambio climático en Andalucía: Evolución y consecuencias medioambientales*. Sevilla: Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, 2007.