

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

Introducció.

# Crisi energètica, cap a un final d'era

L'any 2005 el consum mundial d'energia comercial va ser un 63% més elevat que el 1980; la previsió per al 2030 és que superi en un 50% el de 2005. Aquest increment està directament relacionat amb el model de desenvolupament dominant, basat en el creixement econòmic. Un model que, per funcionar, ha fet ús dels combustibles fòssils, però que ara ha entrat en crisi: l'esgotament de les reserves de petroli i gas (per a les quals s'estima, a escala mundial, una durada de 42 i 60 anys, respectivament, en cas de mantenir-se l'actual ritme de producció), o el canvi climàtic associat al seu ús, estan dibuixant el final d'una era. L'economia convencional no ha tingut en compte que el planeta és finit.

L'ús dels combustibles fòssils ha contribuït decisivament al desenvolupament socioeconòmic mundial. El seu abús, però, malmet els avenços aconseguits. I aquest abús ha estat constant en les societats riques del planeta. Tanmateix, les previsions sobre la demanda energètica per a l'any 2030 assenyalen un augment del 85% en les economies emergents (un 19% als països de l'OCDE), la qual cosa implica una disminució major i accelerada de les reserves existents.

L'escassetat de recursos, la seva concentració en zones políticament inestables i la creixent dependència que pateixen les economies riques –ara també les emergents– han permès que el control de la seva producció s'hagi utilitzat com a arma de pressió econòmica i política, provocant la resposta militar –real o en forma d'amenaça– i atorgant a l'energia una nova dimensió dins la seguretat internacional.

Enfront d'aquest escenari, cal aixecar la mirada cap al Sol, única font d'energia inesgotable, i cap a altres recursos renovables. Però la tecnologia per fer-ne un aprofitament eficient i satisfactori per a les necessitats energètiques actuals i futures no està encara disponible. El 2005, l'ús d'energies renovables suposava poc més del 7% del consum energètic mundial. A més, la producció de biocombustibles entra en competència directa amb la producció agrícola i trasllada la crisi a la seguretat alimentària, fet que afecta principalment la població més pobra, que és també la més vulnerable. D'altra banda, l'energia nuclear tampoc no sembla una alternativa real: ni per qüestions econòmiques, ni per seguretat, a banda de la dependència i la finitud de l'urani.

La perspectiva és complexa. Els combustibles fòssils, en el seu declivi, estan obligats a coexistir amb les energies renovables, en ascens.

La tecnologia pot ajudar a millorar l'eficiència o, fins i tot, a desenvolupar noves eines que permetin una major disponibilitat d'energia. Però cal evitar la trampa que s'endevina darrere de la fe tecnològica: si trobéssim una font energètica inesgotable i d'ús universal, podria el nostre planeta suportar la utilització creixent i il·limitada d'energia? Com dirà Jorge Riechmann, “necessitem una aristotèlica cultura del just mig pel que fa a l'ús d'energia: saber quant és suficient”.

## **dCIDOB 106.**

# **Crisi energètica, cap a un final d'era.**

El futur dels combustibles fòssils. Prospectiva cap a l'horitzó de 2030.  
Mariano Marzo

# El futur dels combustibles fòssils

## Prospectiva cap a l'horitzó de 2030

**Mariano Marzo** Departament d'Estratigrafia, Paleontologia i Geociències Marines, Universitat de Barcelona

La idea que cal reemplaçar els hidrocarburs (carbó, gas i petroli) per altres fonts energètiques més netes gaudeix d'un gran favor entre l'opinió pública. No obstant això, prop del 80% de l'energia primària comercial consumida arreu del món són hidrocarburs. És obvi que durant un llarg període de temps no ens podrem espavilar sense petroli, gas i carbó.

En aquest context, aquest article es planteja fer una mirada a l'horitzó del 2030 per intentar trobar respostes a una sèrie de preguntes de gran importància: Disposem de suficients reserves i recursos de petroli, gas i carbó per fer front a la futura demanda? Quins països hauran d'assegurar l'extracció d'hidrocarburs? Quines implicacions tindrà això sobre el comerç mundial? Quin grau de dependència hauran de suportar els països industrialitzats? Quan es produirà el zenit en l'extracció de petroli? Existeixen riscos d'interrupció del subministrament? I, quin serà l'impacte ambiental sobre el planeta causat per l'ús continuat i creixent dels hidrocarburs?

### Previsions sobre la demanda mundial d'hidrocarburs

L'Agència Internacional de l'Energia (AIE) pronostica que durant el període 2005-2030 la demanda mundial d'energia primària augmentarà més de la meitat, i creixerà anualment a un ritme de l'1,8%, amb la particularitat que prop de les tres quartes parts d'aquest augment provindrà dels països en desenvolupament, on es concentrarà el major creixement econòmic i demogràfic.

Els hidrocarburs totalitzaran prop del 84% de l'increment previst i el seu percentatge sobre el total augmentarà lleugerament,

d'un 81% el 2005, a un 82% el 2030. D'aquests hidrocarburs, el petroli continuarà sent el més utilitzat. S'estima que la seva demanda creixi anualment un 1,5%, i passi dels 83,7 milions de barrils diaris (Mbd) el 2003, a 116 Mbd el 2030. Dues terceres parts de l'increment de la demanda mundial de petroli provindran del sector del transport ja que no es preveu que cap altre combustible alternatiu pugui, d'aquí al 2030, desafiar seriosament l'ús dels derivats del petroli.

La demanda de gas també augmentarà ràpidament. Amb un creixement anual del 2,1% el 2030, el consum de gas superarà prop del 67% l'actual. Les pròximes tres dècades, les noves plantes de generació d'electricitat, especialment les de cicle combinat, representaran prop de la meitat de l'increment mundial en la demanda de gas.

La demanda de carbó augmentarà a un ritme d'un 2,2% anual. La Xina i l'Índia, que disposen de grans recursos a baix preu, totalitzaran prop del 75% de l'increment de la demanda mundial. En l'horitzó del 2030, i a escala mundial, el carbó continuarà sent la principal font de generació elèctrica.

### La qüestió de la disponibilitat de recursos i reserves d'hidrocarburs

Les estimacions sobre els recursos de petroli recuperables del subsòl difereixen considerablement entre si, segons si els càlculs inclouen, o no, els petrolis no convencionals (petrolis pesats, arenas asfàltiques i pissarres bituminoses), el petroli que es troba en el subsòl d'àrees marines ultraprofundes o en zones àrtiques, i si es maximitzen o minimitzen els efectes del progrés tecnològic en les activitats d'exploració i extracció.

Si ho simplifiquem, es pot afirmar que les opinions varien entre dos pols extrems: els més *pessimistes* consideren que la possibilitat d'ampliar el volum de reserves conegudes mitjançant una millor i més intensa explotació dels camps ja descoberts és molt limitada i que els recursos mundials per descobrir totalitzen una xifra inferior a una quarta part de les reserves mundials inventariades. Altres, més *optimistes*, invoquen al progrés tecnològic i l'accés a noves àrees, fins ara inacessibles, per incrementar notablement el volum de les reserves extraïbles de jaciments ja coneguts, com també per trobar i desenvolupar nous recursos.

L'AIE es decanta per la posició més optimista i afirma que els recursos i reserves mundials de petroli són suficients per cobrir la demanda prevista, almenys fins al 2030. Per a l'AIE, el principal escull que cal superar és evitar que les tensions geopolítiques o altres factors econòmics o polítics, endarrerixin les inversions de capital i el desplegament científic i tècnic requerits perquè l'extracció mundial de cru no s'estanqui o entri en declivi abans de la data citada.

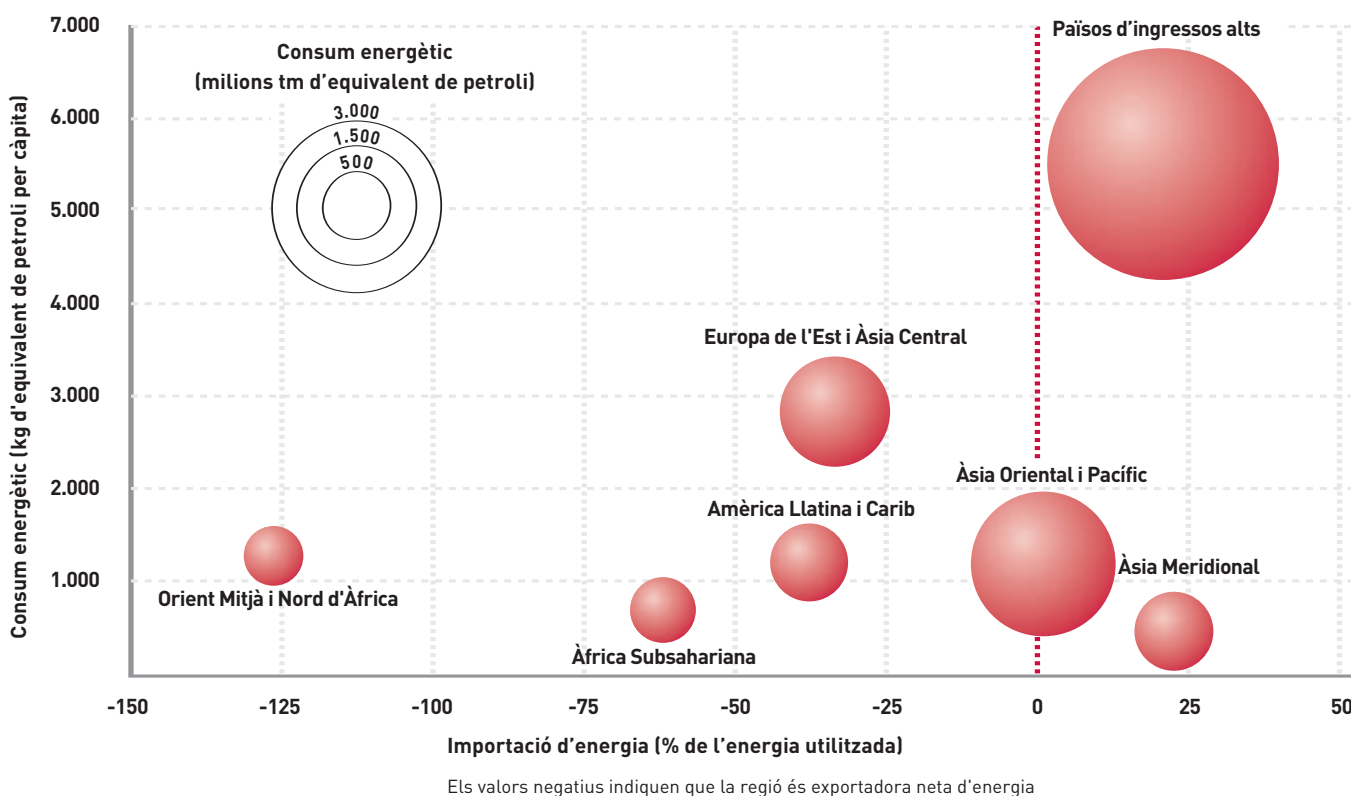
Els països de l'Orient Mitjà i nord d'Àfrica tenen un paper clau en el futur del mercat mundial del petroli. El subsòl de la regió acull una mica més del 60% de les reserves provades de cru que queden al planeta. A més, la regió conté el 35,5% dels recursos mundials de petroli convencional encara per descobrir. L'AIE no oculta que les xifres de reserves provades que maneja són les subministrades pels governs i que existeixen dubtes sobre la fiabilitat i exactitud d'aquestes, ja que mai no han estat sotmeses a verificacions per part d'organismes

externs independents. En concret, existeixen serioses sospites sobre la fiabilitat d'un brusca i injustificat increment de reserves anunciat fa unes dècades pels països de l'Orient Mitjà. Les esmentades reserves van passar de 400.000 milions de barrils a principi dels vuitanta a 700.000 milions el 1989, assolint els 764.000 milions al final de 2004.

Pel que fa al gas natural, l'AIE també considera que els recursos mundials són suficients per cobrir la demanda mundial prevista per al 2030, encara que per a això caldrà concretar un gran esforç inversor. Una qüestió molt important és que la Federació Russa i l'Orient Mitjà acaparen les dues terceres parts de les reserves mundials de gas natural i que prop del 40% d'aquestes es concentren en tan sols dos països: Rússia i Iran. A més, gairebé un terç de les reserves mundials de gas natural es troben *encallades*. És a dir, els seus costos d'extracció i transport als mercats són massa alts perquè la seva explotació resulti rendible, encara que es confia que els avenços tecnològics i la disminució de costos en l'àmbit del gas natural líquid (GNL) contribueixin a solucionar el problema.

Les reserves mundials econòmicament recuperables de carbó es troben al voltant del bilió de tones, un fet que, al ritme actual d'extracció, asseguraria el subministrament durant més de 200 anys. Estats Units, Rússia, la Xina i l'Índia, ocupen els llocs de l'u al quatre, respectivament, en el rànquing mundial de reserves, totalitzant més del 67% d'aquestes. A diferència del petroli i el gas, una mica menys de la meitat de les reserves mundials estan localitzades en països de l'Organització per a la Cooperació i el Desenvolupament Econòmic (OCDE).

**Figura 1. Consum i dependència energètica (2005)**



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

### L'extracció i el comerç mundial d'hidrocarburs

Durant les pròximes dues dècades, l'extracció de petroli convencional continuarà concentrada en un petit nombre de països, i els membres de l'Organització de Països Exportadors de Petroli (OPEP), particularment els de l'Orient Mitjà, veuran que els seus percentatges d'extracció augmenten, a mesura que aquesta disminuirà en altres regions ja madures. Les previsions són que l'extracció als països que no són membres de l'OPEP assoleixi el seu màxim el 2010 i que a partir d'aquest moment s'iniciï un lent declivi. A mig termini, fora de l'OPEP, els únics països productors que experimentaran un auge significatiu en l'extracció de cru són Rússia, Kazakhstan, Azerbaidjan, Brasil i Angola.

Per al 2030, s'espera que els petrolis no convencionals contribueixin amb prop del 10% al subministrament mundial de petroli. La major part d'aquests recursos provindran de les arenas asfàltiques del Canadà i dels crus pesats de Veneçuela. Entre les dues regions contenen 580.000 milions de barrils de reserves recuperables, és a dir, més que la totalitat de les reserves de cru convencional de l'Orient Mitjà.

En el futur, tots els països i regions que avui dia són importadors nets seran encara més dependents, tant en termes absoluts com percentuals. Aquest increment serà particularment dramàtic en el cas de la Xina, un importador net des de 1993 i que el 2030 necessitarà importar prop del 75% de la seva demanda. En conjunt, l'any 2030, els països de l'OCDE importaran el 85% de les seves necessitats de petroli en contrast amb el 63% de l'any 2002.

Pel que fa al gas natural, l'extracció experimentarà un major creixement als països de l'ex Unió Soviètica i l'Orient Mitjà, tot i que també augmentarà ràpidament a Àfrica i Amèrica Llatina. Per al 2030, el desajust geogràfic entre les regions que contenen els recursos i les que concentren la demanda condicionarà que els mercats del gas que hagin experimentat un major creixement siguin molt més dependents de les importacions. En termes absoluts, el major increment d'aquestes tindrà lloc als països europeus de l'OCDE en què la seva dependència augmentarà del 36% el 2002, al 65% el 2030. Els països de l'OCDE d'Amèrica del Nord (Estats Units, Canadà i Mèxic) que en l'actualitat són, en un major o menor grau, autosuficients, veuran com el 2010 necessitaran importar prop d'un 4% de les seves necessitats, percentatge que s'incrementarà fins al 18% el 2030. La Xina i l'Índia també esdevindran, a curt termini, països importadors de gas natural.

Els gasoductes constituïran encara durant les pròximes dues dècades les principals vies de transport de gas a Amèrica del Nord, Europa i Amèrica Llatina. No obstant això, s'espera una ràpida expansió del comerç de GNL. Les projeccions són que el 2030, més del 50% del comerç inter-regional de gas natural es realitzi a través del transport marítim del GNL, fet que significa un augment del 30% respecte als volums actuals.

**L'AIE argumenta que si les inversions previstes arriben a temps i si els països productors s'obren a aquestes inversions, el zenit no es produirà abans del 2030. Altres anàlisis situen el zenit de la producció de cru entorn del 2010**

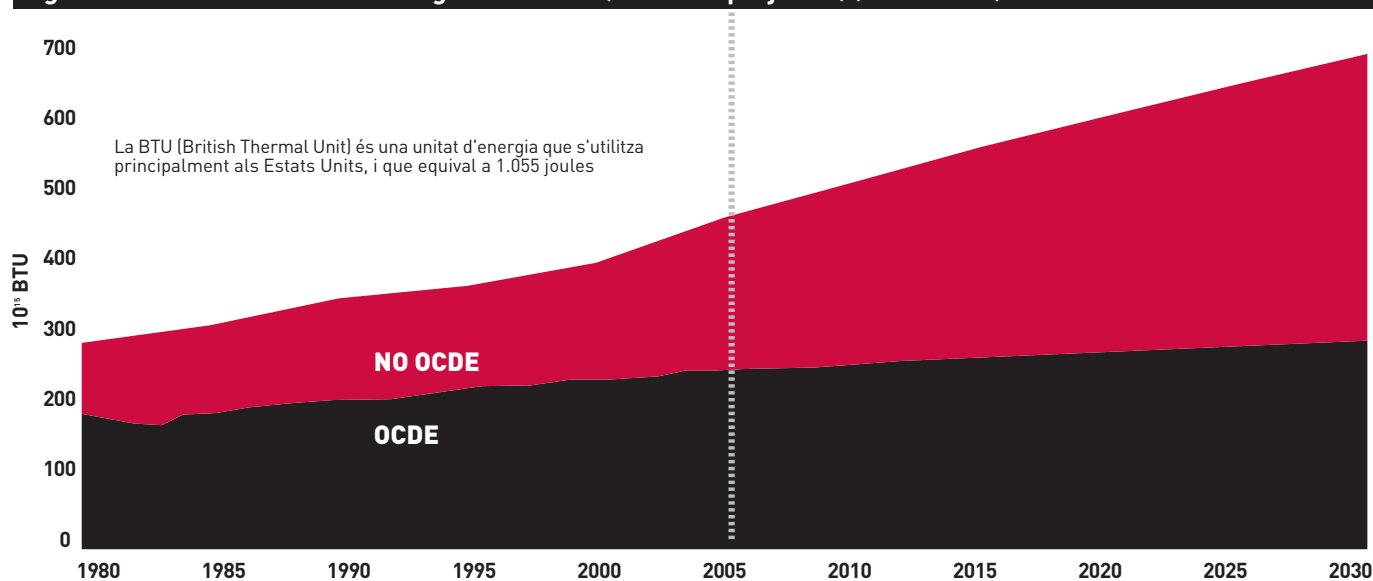
A diferència del petroli i el gas natural, les reserves mundials de carbó presenten una distribució geogràfica variada i gairebé la meitat de les reserves mundials estan localitzades en països de l'OCDE. En el futur, és probable que la mineria del carbó s'expandeixi de manera notable a la Xina, els Estats Units, l'Índia, Austràlia, Àfrica del Sud, Indonèsia, Canadà, Colòmbia i Veneçuela, i que experimenti un descens als països europeus de l'OCDE. Probablement, Austràlia, Indonèsia i la Xina s'ocuparan del proveïment dels mercats de la zona asiàtica del Pacífic, mentre que Àfrica del Sud, els Estats Units, Colòmbia i Veneçuela faran el mateix amb els mercats europeus i atlàntics. La localització geogràfica d'Àfrica del Sud li permetrà proveir Europa, Àsia i el continent americà.

### El zenit de l'extracció o *peak oil*

Una qüestió clau per al futur del subministrament del petroli és intentar resoldre quan s'assolirà el zenit mundial en l'extracció o *peak oil*.

L'experiència demostra que la història d'exploració d'un camp de petroli s'ajusta a la denominada corba d'Hubbert, una corba en forma de campana, de traçat irregular al detall, però en què poden identificar-se clarament dos limbes, un ascendent i un altre descendent. Tots dos estan separats per un punt o zona d'inflexió que s'inicia, aproximadament, quan s'ha bombat la meitat del cru recuperable. Aquest punt o zona, conegut amb el nom del zenit o pic de l'extracció, s'identifica amb el moment en què sorgeixen els problemes. Els esforços tècnics i financers poden disminuir la taxa de declivi, però no invertir la tendència a la baixa de l'extracció. Per això és important intentar aclarir la incògnita de quan s'assolirà el zenit en l'extracció mundial de cru.

L'AIE argumenta que si les inversions previstes arriben a temps i si els països productors s'obren a aquestes inversions, el

**Figura 2. Consum mundial d'energia comercial (històric i projectat) (1980-2030)**

Elaboració Fundació CIDOB. Font: Energy Information Administration (EIA) *International Energy Outlook 2008*, setembre 2008.  
Consultable a: [www.gov/oiia/ieo/index.html](http://www.gov/oiia/ieo/index.html)

zenit no es produirà abans del 2030. Una previsió en línia amb les del Servei Geològic dels Estats Units (USGS) que contempla dos escenaris extrems: en el menys probable (5%), el zenit tindria lloc el 2047, i en el més probable (95%), el 2026. Si, en comptes d'escenaris extrems, considerem un de probabilitat mitjana (50%), el zenit se situaria el 2037. Aquestes anàlisis, juntament amb el fet que les projeccions de l'USGS no tenen en compte els hidrocarburs no convencionals, han portat alguns economistes a afirmar que els pròxims 25 a 50 anys el mercat disposarà d'una quantitat il·limitada de cru.

No obstant això, aquesta visió no és compartida per altres anàlisis que es mostren molt més pessimistes. Per exemple, l'Association for the Study of Peak Oil & Gas (ASPO) situa el zenit de la producció de cru entorn del 2010. ASPO, que inclou en la seva anàlisi els petroli no convencionals, pren com a punt de partida les estimacions de reserves i recursos de Campbell i Laherrère, que sostenen que en aquests moments hem consumit ja gairebé la meitat dels recursos recuperables del planeta, de manera que, segons la corba d'Hubbert, és probable que el zenit de l'extracció es produeixi durant aquesta dècada o a començament de la següent.

## Els riscos d'interrupció temporal del subministrament

L'expansió del comerç mundial del petroli i del gas augmentarà el risc d'interrupcions temporals de subministrament, no solament per la inestabilitat política crònica d'alguns dels principals països exportadors, sinó perquè per assolir els mercats, tant el cru com el GNL han de travessar alguns estrets especialment vulnerables a esdeveniments (accidents, pirateria, atacs terroristes o conflictes bèl·lics) que poden comportar-ne el tancament o bloqueig temporal.

Els punts estratègics de l'Orient Mitjà i el Nord d'Àfrica, a través dels quals circulen bona part de les exportacions d'hidrocarburs, són els estrets d'Ormuz i de Bab el-Mandeb, així com el Canal de Suez. El 2004 van canalitzar, respectivament, el 21%, el 4% i el 5% del subministrament mundial de cru. Per al 2030, les previsions de l'AIE són que els esmentats percentatges augmentin notablement. Aquestes dades, juntament amb el fet que entorn del 80% de les exportacions totals de petroli de l'Orient Mitjà van ser embarcades a través d'almenys una d'aquestes tres rutes marítimes, ens donen una idea de la importància d'aquestes en el comerç mundial del cru. Pel que fa al GNL, les previsions per al 2030 són que l'actual volum d'exportacions es multipliqui per set, fins arribar al 4% del subministrament mundial.

Altres punts d'importància estratègica per al comerç internacional de petroli i GNL són els estrets de Malacca i el Bòsfor. El 2003, el primer pas va canalitzar el 14% de la demanda mundial de cru. No obstant això, s'espera que aquest percentatge augmenti fins al 20% el 2030. Per la seva part, el Bòsfor constitueix la porta de sortida dels recursos del mar Caspi.

## Les emissions de diòxid de carboni

L'augment del consum d'hidrocarburs projectat per l'AIE significa un augment del 57% en les emissions mundials de diòxid de carboni el 2030 i un canvi dràstic de l'estructura geogràfica de les noves emissions. Històricament, els països de l'OCDE han estat els principals emissors de gasos amb efecte d'hivernacle a l'atmosfera, de manera que el 2002 van totalitzar un 54% del total de les emissions mundials. No obstant això, el 2030, els països en desenvolupament totalitzaran ja prop de la meitat de les emissions mundials.

### Conclusions

La demanda mundial d'energia primària augmentarà de manera inexorable d'aquí al 2030, i es concentrarà, preferentment, als països en vies de desenvolupament, amb Àsia i, més particularment, la Xina i l'Índia al capdavant.

Els combustibles fòssils continuaran sent durant les pròximes dues dècades la font principal d'energia primària.

Les estimacions oficials asseguren que els recursos mundials de petroli, gas i carbó són suficients per cobrir l'increment previst de la demanda, almenys fins al 2030. No obstant això, en el cas del petroli existeixen serioses incerteses. Tant en el cas d'aquest hidrocarbur, com en el del gas natural els subministraments seran coberts majoritàriament des de l'Orient Mitjà i l'antiga Unió Soviètica.

El comerç internacional dels combustibles fòssils experimentarà una gran expansió. Tots els països que actualment són importadors nets de petroli, molt particularment els d'Àsia i els que pertanyen a l'OCDE i la UE, augmentaran la seva dependència de l'Orient Mitjà. De la mateixa manera, els mercats del gas que experimentin un major creixement com, per exemple, Europa, també seran més dependents de les importacions.

L'expansió prevista en el comerç mundial del petroli i gas augmentarà el risc d'interrupcions temporals de subministrament, tant per la inestabilitat política dels principals països exportadors, com perquè els hidrocarburs han de travessar alguns punts perillosos, com els estrets d'Ormuz, Bab el-Mandeb i Malacca.

Com a conseqüència de l'increment de l'ús dels combustibles fòssils, les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle a l'atmosfera, com el CO<sub>2</sub>, experimentaran un augment del 57% respecte dels nivells actuals. La major part d'aquest increment tindrà lloc als països en desenvolupament.

### Una reflexió final

El futur dels hidrocarburs presenta nombroses incerteses des del punt de vista de la seguretat de subministrament. A més, les tendències dibuixades pels escenaris de tipus *business as usual* suposen un impacte ambiental intolerable per al planeta. No obstant això, si no es planteja la revisió del nostre actual model socioeconòmic basat en l'acceptació del dogma del creixement econòmic exponencial i il·limitat, la seva substitució a curt termini per altres energies primàries és, ara per ara, una quimera. La societat afronta una disjuntiva elemental: es tracta d'optar per considerar el creixement econòmic com un fi per si mateix o com un mitjà per assolir una certa qualitat, no solament material, de vida. ●

#### Referències bibliogràfiques

**AGÈNCIA INTERNACIONAL DE L'ENERGIA (AIE).** *World Energy Outlook 2007*. París: OCDE/AIE, 2007.

**BP.** *Statistical Review of World Energy June 2008*. Londres, 2008. Consultable a: [www.bp.com](http://www.bp.com).

**MARZO,** Mariano. "El ocaso de la era del petróleo". *Revista de Occidente*. No. 286 (2005). P. 86-103.

**UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY.** *World Petroleum Assessment 2000*, Washington, 2000.



**dCIDOB 106.**

## **Crisi energètica, cap a un final d'era.**

L'energia abundant i barata és un regal enverinat. Per una cultura de l'autocontenció.

Jorge Riechmann

# L'energia abundant i barata és un regal enverinat

## Per una cultura de l'autocontenció

**Jorge Riechmann** Professor titular de Filosofia Moral, Universitat de Barcelona;  
Professor convidat de Sociologia, Universidad Complutense de Madrid

“Continuar predicant que la tecnologia arribarà just en el moment adequat per sortir del forat ambiental és ser un entusiasta de la Primera Llei de Walt Disney: *El desig ho farà realitat*”.

Nicholas Georgescu-Roegen  
(Georgescu-Roegen, 2007b: 115)

### Vuit tesis sobre energia i societat

Voldria, abans d'exposar les idees que defensaré en aquest breu article, enunciar succintament –en forma de tesi– algunes conviccions que constitueixen el rerefons del que seguirà.

- Parlar de model energètic és parlar de model de societat i viceversa. Si es tracta el problema de l'energia, cal tractar també la resta. Per exemple: és compatible una societat democràtica –en el sentit fort de la paraula: autogovern dels ciutadans i ciutadanes a tots els nivells– amb un abastament d'electricitat basat en l'energia nuclear?

- Un accés suficient a l'energia exosomàtica contribueix decisivament, sens dubte, al benestar de les persones. Existeix, per exemple, una correlació forta entre l'Índex de Desenvolupament Humà (IDH) de Nacions Unides i l'ús d'energia, tot i que per sota de cert llindar<sup>1</sup>. A partir de certa quantitat d'energia, aquesta correlació desapareix: el malbaratament del sobreconsum no contribueix a l'augment del benestar. L'energia no dona la felicitat. El problema és que sí que dona poder. De fet, en anglès *power* significa al mateix temps poder i energia.

- Avui tenim un sistema energètic en crisi tant pel que fa a les fonts (final del petroli barat i posterior esgotament dels combustibles fòssils) com pel que fa als embornals (escalfament antropogènic del planeta). I això significa una crisi ecològica i social generalitzada. Un tercer procés molt amenaçador és la destrucció d'ecosistemes i l'hecatombe de biodiversitat, que no pot ser tractat aquí. Tot això ens hauria d'obligar a replantejar les nostres formes de produir, comerciar, residir, consumir, viatjar, divertir-nos, etc.

- Aquesta crisi és tan important que arriquem el final de la civilització humana –potser, fins i tot, el de la mateixa espècie humana<sup>2</sup>.

- L'energia nuclear de fissió no és una solució<sup>3</sup>.

- És urgent sortir del model *fossilista* cap al de les energies netes, no cap a les brutes. Això implica: reduir molt significativament el consum d'energia (gestió de la demanda, autocontenció); millorar substancialment l'eficiència energètica (ecoeficiència); i augmentar molt ràpidament la quota de les energies renovables (biomimesi –o coherència entre sistemes humans i sistemes naturals<sup>4</sup>).

- Només les renovables poden constituir la base energètica d'una societat veritablement sostenible. La dimensió de sostenibilitat, per tant, apunta cap a una “civilització solar”.

- Si la nostra perspectiva és satisfer les necessitats humanes bàsiques de forma sostenible, l'abastament energètic només amb renovables és perfectament possible, si hi ha voluntat polític-social per a això. Els problemes tècnics es poden resoldre. Però si la perspectiva és continuar alimentant el creixement econòmic amb sobreconsum energètic, l'assumpte es complica. Vull centrar ara la meva reflexió sobre aquest tema.

## Dificultats de la transició cap a un model energètic solar

A llarg termini, no està clar que es pugui mantenir el sobreconsum energètic actual amb fonts alternatives. I no cal parlar d'estendre'l igualitàriament a vuit o nou mil milions de persones. L'espècie humana, sens dubte, pot tornar a viure solament del Sol, com ja ho va fer durant mil·lennis; però, amb un nivell de població tan elevat? Amb una economia en permanent expansió material? Amb aquesta globalització, divisió internacional del treball i explosió del transport mundial impulsat pel petroli barat? L'energia que, en conjunt, rebem del Sol és enorme. L'estoc total de combustibles fòssils encara disponible equival energèticament a només un parell de setmanes de radiació solar sobre la Terra. Però aquesta radiació és dèbil i dispersa. Per això, el repte principal per a la Recerca i Desenvolupament (R+D) energètica en el segle XXI serà concentrar i emmagatzemar l'energia de la radiació solar, amb la seva dèbil intensitat.

Amb el petroli de millor qualitat –que s'extreu i es refina fàcilment– disposàvem en el segle XX d'un gran “excedent d'energia” (diferència entre l'energia obtinguda i l'energia utilitzada per obtenir-la), que movia els sectors no energètics de l'economia. Amb una tep (tona d'equivalent de petroli), extrèiem 50 tep, aproximadament. I així, durant el segle XX hem nedat en l'abundància energètica. Però amb les energies alternatives no hi ha excedents tan grans: de 2 a 10 tep per cada tep invertit, actualment. Per això, les infraestructures haurien de ser entre 5 i 25 vegades més grans que les del petroli. Això exigeix recursos materials (i temps per a una transició ordenada). Els costos de transició són alts (Kaufmann, 2006: 20)<sup>5</sup>.

## Necessitem una “cultura del just mig” pel que fa a l'ús d'energia: saber “quant és suficient”. Avui estem molt lluny d'aquesta cultura de l'autocontenció

Nicholas Georgescu-Roegen va fer una distinció entre *receptes factibles* (coses que sabem fer) i *tecnologies viables* (conjunts de receptes factibles autosostingudes per un procés d'alimentació bàsic, matrius tecnològiques duradores). Les tecnologies viables són autoreproductives. Georgescu deia que, al llarg de la història humana, només han existit dues tecnologies viables: el control del foc –societats preindustrials, Prometeu I–; i la màquina de vapor –societats industrials,

Prometeu II. Ara que arriba la fi del model energètic fossilista, quina serà la tercera tecnologia viable –si és que arriba a haver-ne (Prometeu III)? (Georgescu-Roegen, 2007b: 90-94).

La fusió nuclear –apunta Ernest García– seria una tecnologia viable (podria mantenir la resta dels processos econòmics), però resulta molt dubtós que arribi a ser algun dia una recepta factible. L'energia solar és clarament una recepta factible, però no estem segurs que pugui ser una tecnologia viable per a una civilització industrial expansiva (García, 2006: 91).

Cal tenir en compte el lloc des d'on es formulen aquestes consideracions crítiques. No sóc helioescèptic (no descrec de les energies renovables, al contrari), sinó escèptic respecte de les economies de creixement indefinit. Com veïem abans, l'energia que rebem del Sol és enorme i, tanmateix, no seria suficient si pretenguéssim mantenir els nivells de consum de materials i energia de les insostenibles societats industrials modernes (Altvater, 1994: 39). El problema de fons és el sobreconsum energètic<sup>6</sup>. No es tracta de pensar simplement en substituir les energies fòssils (i l'energia nuclear) per energia solar, deixant la resta com està: simultàniament ha d'augmentar radicalment l'eficiència energètica (i reduir-ne el consum), modificar-se qualitativament l'ús de l'energia, canviar els sistemes de transformació, reconstruir la cultura.

## Però, i si la inventiva tecnològica ens proporcionés una nova font d'energia abundant i barata?

En el curs d'estiu de la Universidad de Zaragoza “Desenvolupament sostenible i canvi climàtic” (celebrat a Jaca del 21 al 23 de juliol de 2008), el professor Díaz Pineda –catedràtic d'ecologia a la Universidad Complutense de Madrid (UCM)– va cridar l'atenció sobre la transcendència potencial del treball de l'empresari i genetista Craig Venter els últims anys. Existeixen certes bacteries (per exemple, algunes viuen a una profunditat de 2.500 m a l'oceà Pacífic, en zones d'activitat volcànica en què l'aigua està a 400°C) que obtenen la seva energia del diòxid de carboni (CO<sub>2</sub>) i produeixen hidrogen<sup>7</sup>. *Domar* aquesta activitat bacteriana amb eines d'enginyeria genètica obriria potser la porta a un model energètic basat en l'hidrogen (un important vector energètic) amb vehicles elèctrics moguts amb piles de combustible, per exemple; al mateix temps, es podria *segrestar* l'excés de diòxid de carboni de l'atmosfera<sup>8</sup>.

Una nova promesa de banya de l'abundància: encara millor? Davant la perspectiva d'aquesta possible abundància energètica, el professor Díaz Pineda va afegir una reflexió que només sorprendrà els irreflexius: no estava segur de si aquesta potencial disponibilitat d'hidrogen abundant i barat seria una benedicció, o més aviat una maledicció per a la humanitat.

Podria ser, doncs, aquest manà energètic una trampa? Efectivament. Pensem que les societats industrials del segle XX van emmalaltir d'excés de petroli barat, de manera anà-

loga a com els seus ciutadans i ciutadanes emmalalteixen (per sobrepès i les molèsties associades) d'excés de carn i de greixos animals. Si injectem un excés d'energia en un sistema complex, aquest serà incapaç d'assimilar-la i acabarà desorganitzant-se. “Els sistemes autoorganitzats existeixen en situacions en les quals aconseguen *suficient* energia, però *no massa*. Si no aconseguen suficient energia de suficient qualitat (per sota d'un llindar mínim), les estructures organitzades no tenen base i no es produeix autoorganització. Si se subministra massa energia, el caos s'apodera del sistema, ja que l'energia sobrepassa la capacitat dissipativa de les estructures i aquestes s'ensorren. De manera que els sistemes autoorganitzats existeixen en el terreny intermedi entre el que és suficient i el que no és excessiu” (Kay i Schneider, 1994: 35).

És la mateixa dinàmica dels sistemes complexos adaptatius la que condueix cap a la virtut de la *suficiència*, cap al terme mig (entre l'escassetat d'energia i el seu sobreconsum): es podria sospitar que Aristòtil se sentiria còmode entre els moderns teòrics de sistemes complexos.

Com indicava amb lucidesa Nicholas Georgescu-Roegen fa més de trenta anys, en el planeta Terra –que és un sistema obert quant a energia, però tancat pel que fa als materials–, a llarg termini “la matèria (i no l'energia) pot convertir-se veritablement en el motiu d'escassetat fonamental per a la humanitat” (Georgescu-Roegen, 2007a: 71). En un sistema complex i tancat pel que fa als materials, que contraresta el constant increment d'entropia gràcies a les forces neguentròpiques<sup>9</sup> de la vida basada en la llum solar i la fotosíntesi, desorganitzar el sistema per la via d'injectar-li massa energia pot conduir al col·lapse.

I tenim un exemple recent. El petroli abundant i barat, aquest caramel fòssil a la porta d'un col·legi, era un regal enverinat: avui ho podem veure amb claredat. Va estructurar l'economia i la societat del segle XX amb resultats que a la fi s'han revelat desastrosos. Com el regal excessiu que es lliura a un nen petit, i que el malcria per a la resta de regals, hem estat incapaços de gestionar adequadament aquesta preciosa herència fòssil: una riquesa dilapidada que ens ha fet malbé. Diguem-ho amb la imatge que abans avançàvem: per a l'afectat d'obesitat mòrbida, descobrir un nou tipus d'aliment molt bo, amb concentracions encara majors de sucres i greixos, no representa una benedicció sinó tot el contrari. Com a societat, el sobreconsum de combustibles fòssils ens ha dut a una situació anàloga a la d'aquest malalt.

## Necessitem una cultura de l'autocontenció

Però si la nostra reflexió anterior va ben encaminada, si l'excés d'energia és perjudicial per a una societat de la mateixa manera que l'excés de menjar ho és per a un individu, aleshores l'aparent avantatge de les energies renovables que abans exploràvem –la seva escassa densitat energètica, comparada amb la dels combustibles fòssils, per exemple– resulta ser una

espècie d'avantatge. Són congruents amb la societat sostenible cap a la que hem d'avançar. Si continuem sense assabentar-nos de realitats bàsiques –l'entropia existeix, els recursos naturals són limitats, la biosfera és irremplaçable, el planeta és finit i l'estem degradant molt ràpidament–, vivint dins d'una bombolla, sense voler mirar cara a cara la realitat, serem atropellats per aquesta.

Ens prenem, o no, la sostenibilitat seriosament? Per a les empreses que s'omplen la boca parlant de desenvolupament sostenible, un mitjà de transport ecològic és un automòbil que consumeix 6 litres cada 100 km. Però si ens prenem seriosament la sostenibilitat, aquest automòbil –que gasta una mica menys que la mitjana– no és de cap manera un transport ecològic. El tren, l'autobús i la bicicleta sí que ho són.

“Si vols, pots” és el lema d'una de les grans caixes d'estalvis espanyoles. Així es mal educa la gent, fomentant la immadura creença en l'omnipotència a tots els nivells. Viure com si no hi hagués temps i com si no existís l'espai (menjar cireres tot l'any, volar *low-cost* a l'altre extrem de la Terra) és la *promessa de bonheur* de la globalització capitalista. És una promesa d'omnipotència que es vehicula a través de la tecnociència i que es desenten de la finitud humana. I ens condueix cap a un desastre socioecològic gairebé inimaginable.

Des de la nostra resistència: el temps existeix, l'espai existeix, l'entropia existeix, som éssers marcats per la finitud, i acceptar la mortalitat i els límits de la nostra condició és el secret de la llibertat humana. Per això, el que necessitem no és molta electricitat barata a partir d'hidrogen bacterià o de fusió nuclear (suposant que aquestes tecnologies arribessin a estar disponibles a mig o llarg termini), sinó una aristotèlica “cultura del just mig” pel que fa a l'ús d'energia: saber “quant és suficient”, si parlem dels watts o quilocalories que necessitem per viure. Avui estem molt lluny d'aquesta cultura de l'autocontenció, però hem d'avançar ràpidament cap a aquesta. ●

### Notes

1. Així ho assenyala, per exemple, Cayetano López, catedràtic de Física de la Universidad Autónoma de Madrid (UAM) i director del Departament d'Energia del Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT).

2. “El nou informe del Grup Intergovernamental d'Experts sobre el Canvi Climàtic (IPCC) que es publicà el 2007, indica que si les emissions es mantenen al ritme actual, la pujada de la temperatura mitjana global (TMG) serà de 5°C a causa de la pèrdua de reflectivitat del gel que desapareix a l'Àrtic i de l'emissió accelerada de metà. Una pujada de 8°C de la TMG causaria la desaparició del 90% de les espècies vives, inclosa, és clar, l'espècie humana”. Antonio Ruiz de Elvira –catedràtic de Física a la Universidad de Alcalá– entrevistat per Salvador López Arnal a *El Viejo Topo*, gener de 2007.

3. Remeto a tres llibres recents i en l'edició dels quals he participat (i les tesis generals dels quals comparteixo): CIRERA, Anna; BENACH, Joan i RODRÍGUEZ FARRÉ, Eduard. *¿Átomos de fiar? Impacto de la energía nuclear sobre la salud y el medio ambiente*. Madrid: Libros de la Catarata, 2007. RODRÍGUEZ FARRÉ, Eduard i LÓPEZ ARNAL, Salvador. *Casi todo lo que usted desea saber sobre los efectos de la energía nuclear en la salud y el medio ambiente*. Barcelona: El Viejo Topo, 2008. CODERCH, Marcel i ALMIRÓN, Núria. *El espejismo nuclear: Por qué la energía nuclear no es la solución sino parte del problema*. Ed. Los Libros del Lince, 2008.

4. El principi de biomimesi pretén donar resposta als problemes del mal disseny dels sistemes socioeconòmics respecte de la biosfera. Es tractaria de reconstruir els primers atenent al seu millor encaix amb els ecosistemes: per a aquesta finalitat, la imitació d'alguns trets dels ecosistemes permetria guanyar en coherència entre aquests i els sistemes humans. He desenvolupat aquestes idees a *Biomimesis. Ensayos sobre imitación de la naturaleza, ecosocialismo y autocontención* (Riechmann, 2006).

5. Fa més de trenta anys que el pare de l'economia ecològica, Nicholas Georgescu-Roegen, advertia: "Les tecnologies viables basades en la radiació solar o en les reaccions nuclears requereixen, per donar-los forma, una immensa quantitat de materials –en el primer cas, per concentrar la seva baixa intensitat; i en l'últim, per restringir la seva alta densitat. Únicament els combustibles fòssils poden ser utilitzats amb instal·lacions més petites (a causa de la seva elevada densitat energètica), i en alguns casos virtualment sense cap mena d'instal·lació. [...] La matèria és un factor tecnològic tan important (i restrictiu) com l'energia" (Georgescu-Roegen, 2007b: 91).

6. "L'única estratègia viable és reduir les necessitats energètiques per poder satisfer-les amb volums assequibles de fonts netes i renovables" (Sempere, 2006: 54).

7. D'altra banda, en un projecte d'investigació dut a terme al mar dels Sargazos el 2005, Venter va trobar, en bacteries marines, 800 variacions del gen que produeix el fotoreceptor rodopsina, fet que permetria produir hidrogen a partir de la fotosíntesi.

8. "El que és complicat és alterar la seqüència genètica dels microorganismes per augmentar la seva capacitat d'absorbir CO<sub>2</sub> i de generar hidrogen. Per ara, l'eficiència de les bacteries en el procés és de només l'1%, encara que en teoria podria arribar fins al 27%. El descobridor del genoma es conforma amb el fet que la productivitat dels organismes oscil·li entre l'1,1% i el 10%. I aquí intervé l'enginyeria genètica, ja que per convertir les bacteries en devoradores de CO<sub>2</sub> i productores d'hidrogen, cal alterar la seva seqüència genètica i produir una nova generació de microorganismes. Venter insisteix que això és possible, i recorda que els investigadors de la química nord-americana Du Pont de Nemours ja han assolit un èxit considerable modificant el mapa genètic de certes bacteries". *El Mundo*, 14 de juliol de 2003.

Uns anys més tard, Venter està tractant de patentar genomes microbians sintètics i els mètodes per obtenir-los. La sol·licitud de patent nord-americana número 20070122826 titulada *Minimal bacterial genome* (genoma bacterià mínim), que el empresari i genetista va presentar el 2007, descriu la creació en laboratori del primer organisme viu totalment sintètic; una bactèria nova amb una informació genètica que prové d'ADN sintetitzat químicament. Reclama drets de propietat exclusius sobre "un organisme que pot créixer i reproduir-se", fet amb un conjunt de gens essencials que també es reclamen en la sol·licitud. Reclama el monopoli exclusiu sobre: un conjunt de gens que constitueixen un "genoma bacterià mínim"; l'organisme sintètic format d'aquests gens; qualsevol versió de l'organisme que pugui fer etanol o hidrogen; qualsevol mètode de producció d'etanol o hidrogen que utilitzi aquest organisme; un mètode científic per provar la funció de gens insertant altres gens a un organisme sintètic; una versió digital del genoma de l'organisme. (Vegeu el comunicat d'ETC Group "Sol·licitud de patent del J. Craig Venter Institute sobre la primera espècie del món sintetitzada totalment en laboratori", del 7 de juny de 2007).

9. N. de l'ed.: Capacitat de l'organisme, a partir del treball constant de control i cura, de diferenciar-se de l'entorn, davant la tendència universal de dispersió dels seus components (entropia).

### Referències bibliogràfiques

**ALTWATER**, Elmar. *El precio del bienestar. Expolio del medio ambiente y nuevo desorden mundial*. València: Edicions Alfons el Magnànim, 1994.

**GARCÍA**, Ernest. "Del pico del petróleo a las visiones de una sociedad post-fosilífera". A: "El final de la era del petróleo barato". *Mientras Tanto*. No. 98 (primavera 2006).

**GEORGESCU-ROEGEN**, Nicholas. "Bioeconomía: una nueva mirada a la naturaleza de la actividad económica". A: *Ensayos bioeconómicos* (edició d'Óscar Carpintero). Madrid: Los Libros de la Catarata, 2007a.

**GEORGESCU-ROEGEN**, Nicholas. "Mitos sobre la energía y la materia". A: *Ensayos bioeconómicos* (edició d'Óscar Carpintero). Madrid: Los Libros de la Catarata, 2007b.

**KAUFMANN**, Robert K. "Planificar para el cenit de la producción de petróleo". *Worldwatch*. No. 25 (edició espanyola). Madrid, 2006.

**KAY**, James J. i **SCHNEIDER**, Eric. "Embracing complexity: the challenge of the ecosystem approach". *Alternatives*. Vol. 20. No. 3 (juliol-agost 1994).

**RIECHMANN**, Jorge. *Biomimesis. Ensayos sobre imitación de la naturaleza, ecosocialismo y autocontención*. Madrid: Los Libros de la Catarata, 2006.

**SEMPERE**, Joaquim. "Los riesgos y el potencial político de la transición a la era post-petróleo". A: "El final de la era del petróleo barato". *Mientras Tanto*. No. 98 (primavera 2006).



**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  $\text{CO}_2$ —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  $\text{CO}_2$  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  $\text{CO}_2$  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  $\text{CO}_2$  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  $\text{CO}_2$ . 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 actual<sup>1</sup>—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 incorrecta<sup>2</sup>—, 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  $\text{CO}_2$ , 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.

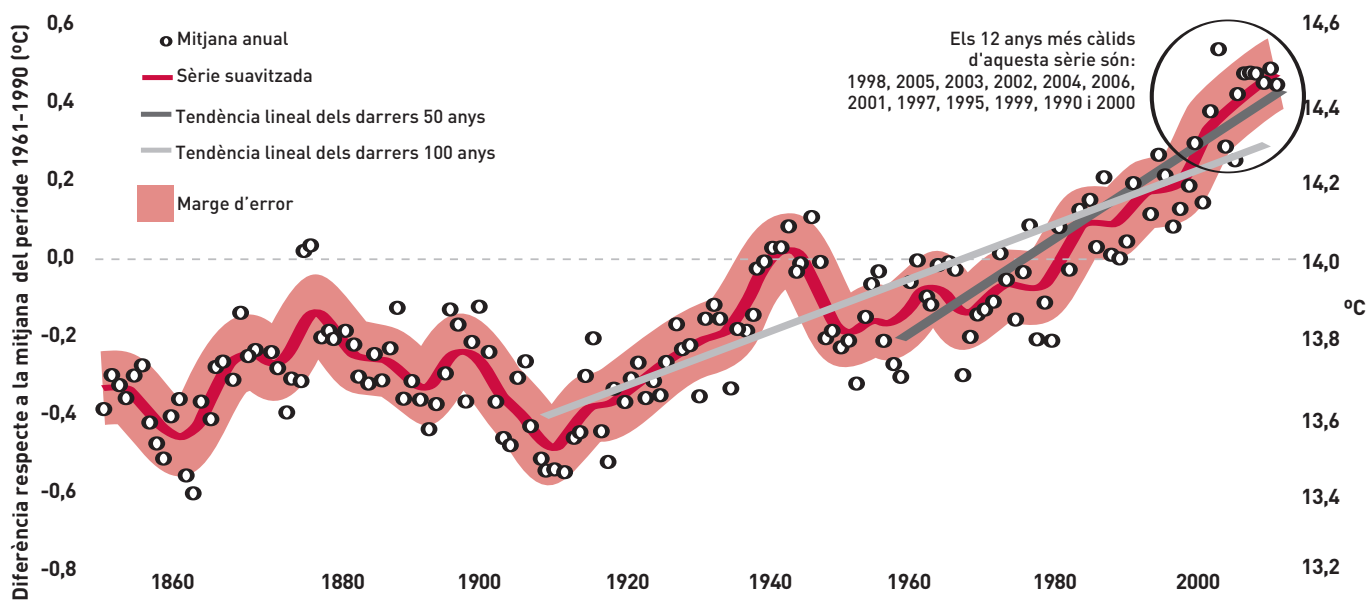
En aquest Quart Informe, com ja havia passat en els informes precedents, les sèries climàtiques, és a dir, sèries llargues i homogènies conformades a partir de dades meteorològiques instrumentals de qualitat registrades sistemàticament, han permès establir la temperatura mitjana anual en superfície del 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 glacial<sup>3</sup>, 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 Climàtic<sup>4</sup>, van en molts casos

dirigides a la reducció de les emissions de CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> (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 Stern<sup>5</sup>.

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](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](http://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.

**dCIDOB 106.**

## **Crisi energètica, cap a un final d'era.**

La geopolítica de l'energia. Breu anatomia d'un afer global.  
Paul Isbell

# La geopolítica de l'energia

## Breu anatomia d'un afer global

**Paul Isbell** Director del Programa Energia, Real Instituto Elcano de Estudios Internacionales y Estratégicos

Durant la dècada actual, els temes energètics han tornat a ocupar el primer pla en l'escenari mundial després d'uns 20 anys d'hivernació. Les guerres al Golf Pèrsic i a l'Àsia Central, l'augment del preu del petroli, l'esclat de la Xina i l'Índia en l'economia energètica mundial, una nova onada de nacionalismes energètics, els talls de subministrament del gas rus als estats veïns de trànsit, i les estridents amenaces d'Hugo Chávez d'interrompre les exportacions de petroli als Estats Units, juntament amb una plèthora d'altres temes, han renovat la discussió global sobre la naturalesa i el futur de la política energètica. I al darrere, mentrestant, es produeixen debats aferrissats sobre els límits geològics i econòmics de la producció de petroli –el denominat debat del “pic del petroli” o *peak oil*–, i l'espectre del canvi climàtic induït pels combustibles fòssils plana sobre l'horitzó.

Un dels prismes tradicionals a través del qual s'ha continuat analitzant aquests temes es coneix popularment amb el nom de la “geopolítica de l'energia”: fins a quin punt la política nacional i les polítiques exteriors, juntament amb el comportament corporatiu, defineixen i reivindiquen interessos nacionals en el regne de l'energia; de quina manera la competència nacionalista i corporativa en un sistema internacional anàrquic influeixen en el sistema energètic global, i com, al seu torn, l'evolució del sistema energètic global influeix en la geopolítica. A partir del reconeixement que l'energia ha arribat a constituir un dels pocs temes autènticament centrals i globals del món actual, aquest article intenta fer una anatomia breu i introductòria de la geopolítica de l'energia.

### L'aspecte militar de l'energia

Des de fa almenys un segle, som plenament conscients del paper central que té l'energia en l'evolució de la guerra i en el destí de les empreses militars: és el que es podria anomenar els fonaments energètics del *hard power* o “poder dur”. La conversió que va fer Churchill de la Royal Navy des de la dependència del carbó domèstic a la dependència del petroli importat, va representar un increment de la vulnerabilitat respecte de les fonts energètiques estrangeres a canvi d'una velocitat i una flexibilitat més grans al mar dels seus vaixells, i l'aposta va donar els seus fruits durant la Primera Guerra Mundial. El desplegament de les tropes de Rommel pel nord d'Àfrica tenia com a objectiu impedir que el petroli de l'Orient Mitjà arribés als Aliats, i al mateix temps recollir-lo per a Alemanya. Quan Montgomery, finalment, el va aturar, la disponibilitat dels subministraments de petroli per aprovisionar els exèrcits que lluitaven al desert va ser el factor decisiu del seu èxit. El fracàs de Hitler en el seu intent d'apoderar-se dels camps de petroli del Caucas i del Caspi va ser el que va condemnar la desafortunada invasió de la Unió Soviètica. La Batalla de les Ardenes podia haver anat d'una altra manera si les tropes alemanyes haguessin trobat més dipòsits de combustible dels Aliats. Finalment, la campanya de bombardeigs sobre Alemanya no va arribar a ser realment un èxit fins que es van abandonar els objectius civils i industrials indiscriminats per tal de concentrar-se en destruir les plantes de combustible sintètic de Hitler.

Durant la Guerra Freda, el Golf Pèrsic es va convertir en un camp de batalla geopolític a causa de la importància decisiva del seu petroli per a les economies i les forces militars tant d'Europa com dels Estats Units. Si hagués tingut èxit, l'intent soviètic d'aconseguir influència sobre els estats de l'Orient Mitjà els hauria permès guanyar un port d'aigües càlides per a l'armada soviètica i crear un monopoli soviètic sobre el petroli del món. Aquesta possibilitat va portar a la declaració explícita per part dels nord-americans que l'àrea tenia una *importància estratègica vital* per als interessos del "Món Lliure". Quan la Revolució iraniana va amenaçar de sepultar tot l'Orient Mitjà en un sentiment antiamericà, els Estats Units van reclutar Saddam Hussein com el seu gendarme local i li van donar suport en la seva invasió de l'Iran. Quan un Hussein afeblit per la guerra va intentar més tard annexionar Kuwait amb una maniobra que li hauria valgut doblar les reserves de petroli iraquianes –i amenaçar potencialment les reserves de l'Aràbia Saudita–, una coalició internacional liderada pels Estats Units el va expulsar de Kuwait. Finalment, quan uns militants sunnites radicals –finançats principalment amb els diners del petroli saudita– van destruir les Torres Bessones de Nova York, una coalició liderada pels Estats Units va envair l'Afganistan i l'Iraq, en un intent d'esclafar els règims acusats de donar-los suport, i mirant de modificar l'equilibri de poder a la regió amb la persecució de les armes de destrucció massiva.

Però fins i tot en un període de pau relativa, ja després de la Guerra Freda, la geopolítica i l'energia continuen interactuant de diverses maneres. En primer lloc, la geopolítica sovint influeix en l'evolució de l'economia energètica. Malgrat això, l'evolució de l'energia –influïda inicialment per la geopolítica o no– també ha tingut un impacte cada cop més important en la naturalesa i en la direcció de la geopolítica.

## L'impacte de la geopolítica en l'energia

**Intervencions militars.** Hi ha diverses maneres per les quals la geopolítica pot influir en l'escenari de l'energia. Primer de tot, les guerres i les intervencions militars –motivades per raons energètiques o no– poden interrompre els fluxos comercials internacionals de gas i petroli, exercint pressions a l'alça sobre els preus de l'energia. La intervenció de les Nacions Unides i els Estats Units a Kuwait el 1991 va treure del mercat milions de barrils de petroli al dia, fent que el preu del barril de petroli arribés temporalment als 40 dòlars, mentre que les sancions posteriors contra l'Iraq van impedir l'arribada al mercat de grans quantitats de petroli durant molts anys. La invasió nord-americana de l'Iraq el 2003 va treure un altre milió de barrils al dia del mercat, i la subsegüent inestabilitat del país ha impedit que la seva producció de petroli es recuperés totalment, per no parlar d'assolir el seu autèntic potencial per duplicar el seu nivell de producció d'abans de la guerra. Ara, un atac contra l'Iran reduiria amb tota certesa els fluxos del petroli procedent del Golf Pèrsic en un moment en què la capacitat excedent<sup>1</sup> és mínima a tot arreu excepte a l'Aràbia Saudita, i el xoc podria ser devastador

si l'Iran aconseguís revenjar-se interrompent d'alguna manera el tràfic a través de l'estret d'Ormuz (per on passa cada dia gairebé la quarta part del petroli mundial). Amb un preu per barril de 200 dòlars, que és una possibilitat real a curt termini, fins i tot sense intervencions militars que afectin els fluxos del Golf Pèrsic, aquesta paralització podria fer pujar els preus, si més no temporalment, fins a uns nivells que ningú no és capaç d'avaluar d'una manera precisa. Fins i tot els canvis en la percepció respecte de la probabilitat que es produeixi un esdeveniment com aquest a curt termini fa anar els preus de mercat del petroli amunt i avall d'una manera absolutament volàtil.

**La prima geopolítica.** De fet, simplement la percepció d'un augment de la inestabilitat social o política en una regió productora de petroli o a prop d'aquesta pot injectar una "prima geopolítica" en el preu mundial del petroli. Això és així sobretot perquè aquestes inestabilitats locals han interromput sovint la producció i la distribució del petroli, o simplement han impedit que una regió desenvolupés una producció prometedora de petroli. Els recents esclats de violència a Palestina, el Líban o l'Iraq han augmentat regularment la prima geopolítica. Els sabotatges, la violència i els segrestos per part de militants al Delta del Níger han restringit la producció nigeriana perquè companyies petrolíferes com la Shell s'han vist obligades a tancar

## La geopolítica sovint influeix en l'evolució de l'economia energètica. L'evolució de l'energia també ha tingut un impacte cada cop més important en la naturalesa i en la direcció de la geopolítica

una part important de les seves instal·lacions i a plantejar-se si valia la pena fer noves inversions. Durant molts anys, les activitats de les Fuerzas Armadas Revolucionarias de Colombia (FARC) han dificultat el desenvolupament del potencial dels hidrocarburs a Colòmbia. Fins que les companyies petrolíferes nacionals xineses, que operen amb uns criteris de costos, riscos i beneficis diferents de les companyies privades occidentals, no van començar a recórrer el món (i particularment Àfrica) buscant potencials de producció, cap companyia petrolífera havia considerat seriosament desenvolupar l'explotació del cru al Sudan. Tant si aquestes inestabilitats locals realment priven físicament els mercats mundials de fluxos físics de cru, com si simplement augmenten la percepció de l'amenaça que representa

aquesta situació, el resultat és generalment el mateix: un augment en el preu mundial del petroli. Si bé no hi ha consens respecte de la forma de quantificar la prima geopolítica, determinats observadors creuen que aquesta prima equival a uns 50 dòlars del preu que té actualment el barril.

### El paper i la política de la capacitat excedent.

Aquesta dinàmica es veu magnificada quan la demanda mundial és relativament forta, l'oferta mundial triga a respondre a aquests senyals en els preus (per la raó que sigui) i la capacitat excedent és històricament baixa, com passa actualment (dos milions de barrils diaris contra el doble o el triple d'aquest nivell en el passat), i particularment quan es concentra només en uns quants països (avui, la capacitat excedent està gairebé limitada a l'Àrabia Saudita). D'altra banda, quan la capacitat excedent és gran i general, fet que permet compensar fàcilment les interrupcions, les percepcions de la inestabilitat regional —o fins i tot els talls reals— tenen un impacte menor en els preus del mercat. L'oportuna utilització de la capacitat excedent saudita durant la primera guerra del Golf, per exemple, va fer que el pic dels preus fos limitat i temporal. No obstant això, en aquests moments no és gens clar si es podria posar en joc prou ràpidament una capacitat excedent suficient per compensar els efectes que tindria en el mercat del petroli un atac a l'Iran.

Malgrat això, el nivell de la capacitat excedent en el sistema global depèn d'un nombre de factors variable. Que un determinat país productor tingui una certa capacitat excedent que pugui posar-se en producció ràpidament, podria ser conseqüència d'una política d'extracció pensada específicament per mantenir-la. A la llarga, això és el que l'Àrabia Saudita ha tractat d'aconseguir. El manteniment de la capacitat excedent, sigui com sigui, pot veure's influït per les quotes de producció de l'Organització dels Països Exportadors de Petroli (OPEP). Si un nombre suficient de membres de l'OPEP volgués limitar la caiguda del preu del petroli —o augmentar-ne el preu— podrien posar-se d'acord per fer talls en la producció o per establir-hi límits per tal d'exercir pressió sobre l'oferta a curt termini, i el resultat final seria la creació d'una capacitat excedent que més endavant, en funció de circumstàncies i decisions ulteriors, podria tornar-se a posar a to.

Alternativament, una forta desacceleració econòmica mundial podria reduir la demanda de petroli, deixant alguns països productors amb una capacitat excedent a curt termini. No obstant això, la decisió de mantenir sempre una determinada capacitat excedent implica la presa de decisions inversores particulars a llarg termini que interaccionen amb les expectatives relatives a les futures tendències de la demanda i també a les preferències geopolítiques. L'Àrabia Saudita va generar grans quantitats de capacitat excedent durant els anys setanta, quan la demanda encara era forta i l'objectiu de l'OPEP era mantenir els preus en els seus nivells màxims sostenibles. Va utilitzar una part de la seva capacitat excedent per controlar els augments de preu provocats per la interrupció de les exportacions iranianes durant la Revolució iraniana, fent un gran favor econòmic i geopolític a l'economia mundial —i

molt especialment als Estats Units—, tot i que els saudites van ser incapaços de compensar totalment la pujada de preus generada durant aquesta *segona* sacsejada del petroli. Però quan la demanda mundial va començar a esfondrar-se, a començament dels anys vuitanta, molts productors de l'OPEP van començar a enganyar respecte de les seves quotes i a aprofitar-se de la voluntat de l'Àrabia Saudita de reduir fortament la producció per tal de posar fre a la caiguda dels preus. La riada de petroli dels tramposos (que alhora que feien trampes van esgotar la seva capacitat excedent) en un moment en què la demanda s'esfondrava, va amenaçar de fer caure en barrina els preus del petroli, carregant tot el pes exclusivament sobre les espatlles saudites —una càrrega que, en essència, volia dir sacrificar les rendes del petroli per subvencionar les elevades rendes del càrtel dels tramposos.

Finalment, l'Àrabia Saudita va decidir utilitzar el seu pes geopolític com a *productor fluctuant* dins del càrtel per restaurar la disciplina i per enviar un missatge clar als altres productors: utilitzant la seva gran capacitat excedent per augmentar ràpidament la producció, els saudites van crear una tal superabundància en el mercat que els preus van caure fins als 10 dòlars per barril a mitjan anys vuitanta, fent d'aquesta manera una forta pressió econòmica sobre els altres estats productors, molt més petits, de l'OPEP. Al capdavall es va restaurar la disciplina al càrtel i la producció es va tornar a posar a to amb els objectius ante-



© Richard Obenchain

riors, la qual cosa va permetre l'Aràbia Saudita (i uns quants estats més) refer la seva capacitat excedent. Quan Saddam Hussein va envair Kuwait, amenaçant implícitament fins i tot els camps de petroli saudites, l'Aràbia Saudita es va disposar a intervenir un cop més en el mercat, incrementant l'ús de la seva capacitat excedent. La coalició de les Nacions Unides liderada pels Estats Units va restaurar la sobirania –i el petroli– de Kuwait, però l'efecte indirecte va ser assegurar també la sobirania –i el petroli– de l'Aràbia Saudita. Quan els fluxos de petroli de l'Iraq es van veure finalment interromputs, els saudites van tornar el favor obrint l'aixeta per tal de garantir que qualsevol pic internacional en els preus seria limitat i temporal.

Més recentment, però, la forta demanda de petroli al llarg de la dècada actual ha significat que molts productors –tant de l'OPEP com de fora de l'OPEP– s'hagin vist obligats a produir al màxim de la seva capacitat a curt termini. La possibilitat de crear més capacitat excedent en el futur depèn, de tota manera, de les decisions que es prenguin per estimular, o permetre, un augment de les inversions en exploració i desenvolupament de noves capacitats de producció de petroli. Si bé l'Aràbia Saudita, que tradicionalment ha exercit una influència moderadora en els debats de l'OPEP sobre pujades de preus, pot estar disposada a invertir en una expansió de la seva capacitat de producció, sobretot tenint en compte la intensa pressió que rep per fer-ho de les grans economies de consum, no està gens clar que estigui

disposada a sacrificar tota la seva capacitat excedent només per tranquil·litzar els països consumidors a molt curt termini, especialment quan sembla que s'està produint una desacceleració a tot el món. Tampoc no està gens clar que altres productors de petroli, de dins o fora de l'OPEP, estiguin especialment preocupats per les pressions a l'alça sobre els preus com a conseqüència de la reducció de la taxa d'inversió en l'exploració de nous camps de petroli, el desenvolupament de camps petrolers i la producció de petroli, que continua sent el resultat de les seves pròpies polítiques de nacionalisme energètic que han restringit cada cop més l'accés a la inversió en aquests sectors, reservant-lo per a les seves pròpies companyies energètiques nacionals.

### **Esforsos per garantir l'accés a uns hidrocarburs cada cop més escassos i concentrats.**

La geopolítica entorn de l'accés al petroli és una altra de les rutes per les quals la geopolítica afecta l'escenari energètic. El fet fonamental respecte al gas i al petroli, els dos hidrocarburs que encara representen gairebé el 60% de l'energia primària mixta del món, és que aquestes fonts d'energia estan distribuïdes, en termes geogràfics, d'una manera molt desigual, i es troben de fet molt concentrades en només un grup de països. Més del 70% del que actualment es consideren *reserves provades* del que es coneix com a petroli i gas *convencionals* es troba a l'Orient Mitjà (especialment al Golf Pèrsic), a les regions del mar Caspi del Caucas i de l'Àsia Central, i a Rússia. Aquest "Gran Creixent" que va des de la Península Àrabica fins a l'illa de Sakhalin, divideix en dues parts la massa continental eurasiàtica i deixa les dues grans regions consumidores i importadores d'hidrocarburs –Europa i l'Est i el Sud-est Asiàtic– a una i altra banda de la línia divisòria, i a totes dues mirant cap als propietaris de les grans reserves i cap als grans estats productors per a les seves importacions actuals i futures.

Deixant de banda, de moment, les reserves relativament més petites del mar del Nord i de la zona mediterrània, això deixa entre un 15% i un 20%, aproximadament, de les *reserves provades* mundials d'hidrocarburs *convencionals* en el "Petit Creixent", un altre arc que es desplega des d'Alaska, a través del Canadà occidental, fins a Texas i Mèxic, i a través del golf de Mèxic i del Carib fins a la regió andina (Perú, Equador, Colòmbia, Bolívia i Veneçuela), i a les costes brasileres, arribant finalment al golf de Guinea a l'Àfrica Occidental (Nigèria, Guinea Equatorial i Angola). Tot i que el "Petit Creixent" també divideix l'Hemisferi Occidental, deixant grans àrees consumidores, com la costa est nord-americana, per exemple, i Xile, a costats oposats de la franja productora, també travessa el major país consumidor (els Estats Units, i també el Brasil, que ara és a punt de convertir-se en un exportador net de petroli), fent que malgrat que les dues Amèriques tinguin més reserves que, per exemple, Europa, siguin alhora encara més dependents de les importacions de més enllà del Petit Creixent. En aquest sentit, els països consumidors més grans del món depenen i continuaran depenent per als seus hidrocarburs dels productors del Gran Creixent. En particular, l'Aràbia Saudita continua essent la clau geopolítica del petroli, mentre que Rússia és l'eix geopolític del gas.





### **Integració del mercat versus rivalitat geopolítica.**

En un món en pau, i en el context d'una integració econòmica cada cop més gran en termes comercials i de fluxos financers –particularment si aquesta integració estigués ben regulada o regulada d'una forma mútuament acceptable– aquesta distribució geogràfica desigual dels hidrocarburs del món no plantejaria gaires problemes, si és que en plantejava algun. Els països amb reserves de gas i petroli podrien desenvolupar-les per a l'exportació, aprofitant els seus avantatges absoluts i comparatius, mentre que els països que tinguessin menys reserves amb relació al seu consum actual i potencial podrien importar petroli i gas. De fet, en un món cada cop més integrat –com aquell cap al qual el món semblava encaminar-se al principi de la dècada actual– la densitat del comerç i els vincles financers tendeixen a apaivagar i a contenir les antigues i les potencials rivalitats geopolítiques.

Fins i tot durant la Guerra Freda, el món occidental va experimentar una pau i una prosperitat més grans, en què la integració econòmica va servir tant de motor com d'element cohesiu per al sistema occidental. El comerç del gas i del petroli –fins i tot més enllà del món occidental– va funcionar relativament bé en aquell context, malgrat la creixent concentració geogràfica d'aquests recursos. Indubtablement, el mercat internacional de l'energia no ha estat ni molt menys un mercat perfectament competitiu (en el sentit dels economistes), donada la naturalesa d'aquestes mercaderies i l'existència del càrtel de l'OPEP. I també és evident que les distorsions geopolítiques del mercat de l'energia –els nacionalismes energètics de part tant dels estats productors com dels estats consumidors– van fer malbé fins a cert punt el panorama energètic durant la segona meitat del segle XX. No obstant això, en termes energètics, el món es va anar integrant cada cop més –si bé no d'una manera perfecta– i va semblar que hi havia potencial per a unes relacions energètiques internacionals harmonioses i mútuament beneficioses. L'establiment de l'Agència Internacional de l'Energia (AIE) durant els anys setanta, la creació d'un seguit de fòrums per al diàleg productor-consumidor, i l'èxit inicial de la Carta de l'Energia, que va estendre's cap a l'est des d'Europa per incloure gran part del continent eurasiàtic, van ser algunes de les primeres expressions d'aquest potencial.

Però mentre la primera dècada del nou segle s'acosta al seu final, el panorama que s'està desplegant és tot el contrari. Mentre els preus del petroli han iniciat la seva llarga marxa cap amunt –des d'aproximadament uns 20 dòlars per barril a començament del 2000 fins a aproximadament 140 dòlars per barril a l'estiu de 2008– dos fenòmens tergiversadors han ennuvolat l'horitzó futur del sistema internacional de l'energia. El primer fenomen ha estat el nacionalisme energètic entre els estats consumidors: una tendència tant a adaptar la política exterior als objectius de la seguretat energètica (o almenys a una versió geopolíticament centrada de la seguretat energètica) com a adaptar els actors del sector de l'energia –principalment les companyies energètiques– als objectius de la política exterior. Aquestes tendències revelen una preocupació per l'escassetat de recursos i la seva concentració en països

inestables o potencialment hostils, i la por que no sigui possible confiar en les relacions del mercat per tal de garantir els fluxos de gas i petroli als països consumidors. La política exterior dels Estats Units (particularment les seves intervencions militars a l'Orient Mitjà) i de la Xina (particularment l'expansió de les seves companyies energètiques estatals per l'Àsia Central, l'Orient Mitjà, Àfrica i Amèrica Llatina) són probablement els exemples més visibles d'aquestes tendències.

### **El nacionalisme energètic: els estats consumidors.**

De fet, un dels futurs escenaris potencials més pertorbadors a mig i llarg termini és el d'una competència política –o fins i tot militar– cada cop més forta per uns recursos de gas i petroli cada cop més escassos, independentment de si aquesta escassetat és el producte d'unes limitacions geològiques, el resultat d'una manca d'inversions a causa de les polítiques energètiques dels productors, d'una lluita per assegurar-se hidrocarburs de difícil accés en àrees comunals internacionals (a l'Àrtic, per exemple), o simplement la percepció, fonamentada o no, per part d'una o més nacions consumidores poderoses segons la qual aquesta escassetat és una possibilitat real en el futur.

Hi ha una sèrie d'àrees del món productores d'energia on ja es pot observar com diverses rivalitats geopolítiques potencials van agafant forma. Una d'aquestes es troba al llarg del flanc sud de Rússia, en un seguit de repúbliques ex soviètiques del Caucas, el Caspi i l'Àsia Central, on els esforços diplomàtics i empresarials nord-americans per obtenir aliats energètics i militars han topat amb la diplomàcia russa, l'objectiu de la qual és mantenir aquests països allunyats dels Estats Units i dins de l'esfera d'influència de Rússia. A l'Àsia Central en sentit estricte, tant Rússia com la Xina han afegit una altra capa de geopolítica en forma de l'Organització per a la Cooperació de Xangai (OCS), l'objectiu de la qual és aprofundir i reforçar els llaços entre Rússia, l'Àsia Central, la Xina i possiblement altres països asiàtics, independentment de les relacions que estableixin amb Europa i els Estats Units. Aquest agrupament, cada cop més estret, podria tenir com a conseqüència la divisió dels recursos energètics del Caspi i de l'Àsia Central entre Rússia i els consumidors d'Àsia, i especialment la Xina.

Una altra àrea de competició geopolítica incipient és Àfrica, on les companyies petroleres nacionals xineses (CPN) rivalitzen amb les companyies petroleres internacionals privades occidentals (CPI), i on l'Estat xinès ha establert uns compromisos polítics i econòmics amb els països africans en unes condicions en general no aplicades per la UE o pels Estats Units, i sense les típiques exigències occidentals respecte d'una transició visible cap a la *democràcia de mercat*. El suport polític i econòmic que la Xina ha donat al Sudan –on les companyies petroleres xineses han fet inversions importants– n'és un bon exemple: mentre que la majoria de països occidentals s'esforcen en condemnar el Govern sudanès per genocidi a Darfur, el Govern xinès continua bloquejant aquests esforços internacionals, i les seves companyies petroleres continuen explotant els hidrocarburs del país. La Xina i les seves CPN també han fet incursions en països que tenen jaciments petrolífers, com Angola i Nigèria, que tra-

dicionalment han estat un vedat de les CPI occidentals. A Amèrica Llatina s'estan produint processos similars, sobretot entre els productors de gas i petroli de la zona andina agrupats més o menys estretament entorn de Veneçuela: la penetració de CPN xineses, russes i iranianes en aquests països, tradicionalment considerats pertanyents a l'esfera d'influència dels Estats Units o d'Espanya, ha coincidit amb la intensificació dels nacio-

## Un dels futurs escenaris potencials més pertorbadors és el d'una competència política –o fins i tot militar– cada cop més forta per uns recursos de gas i petroli cada cop més escassos

nalismes energètics de la regió i amb els esforços de Veneçuela, encapçalats pel president Hugo Chávez, de crear un eix *antiimperialista* oposat i contrari als interessos dels Estats Units.

Un cop més, en un món molt integrat des del punt de vista econòmic i energètic, i en pau, aquests processos serien benvinguts. Fins i tot si les CPN orientals decideixen invertir en la producció petrolera per raons econòmiques que probablement no serien considerades per les CPI occidentals, qualsevol increment en la producció d'hidrocarburs seria considerada positiva en els mercats internacionals de l'energia i benvinguda per tots els consumidors del món. Però si l'economia mundial, que actualment està molt globalitzada, comença a fragmentar-se i un comportament polític *realista* comença a imposar-se als acords del mercat, particularment en el comerç de l'energia, aquests processos tindran unes implicacions geopolítiques molt diferents –i potencialment perilloses.

Un altre punt d'inflamació geopolítica potencial és el de les rutes navals del Sud-est Asiàtic, l'oceà Índic i fins i tot el mateix Golf Pèrsic, un corredor que connecta el gas i el petroli de l'Orient Mitjà amb les economies de consum en auge de l'Àsia Oriental. Aquest corredor incorpora tant l'estret d'Ormuz com l'estret de Malacca, dos "colls d'ampolla" estratègics pels quals viatgen uns 15 milions de barrils de cru al dia (més del 25% del petroli que es comercialitza internacionalment) de camí cap a l'Extrem Orient. Aquests colls d'ampolla no només són vulnerables a interrupcions del subministrament provinents de la pirateria i del terrorisme internacional; la seguretat en les rutes navals de tot el corredor és crucial per als països de l'Àsia Oriental, particularment per a la Xina i el Japó. Actualment, aquesta seguretat naval la proporciona implícitament la marina nord-americana. No obstant això, en

un escenari futur potencial en el qual la Xina i els Estats Units són rivals geopolítics potencials, un intent per part de la Xina de garantir-se per si mateixa la seguretat naval en aquestes rutes de navegació –un objectiu que sembla impulsar l'actual programa d'expansió naval accelerada de la Xina– podria ser considerat pels Estats Units com una provocació, i podria derivar en un conflicte militar pel control d'un corredor per al comerç internacional del petroli tan crític com aquest.

**El nacionalisme energètic: els estats productors.** El segon fenomen que es desplega sobre el mapa de la geopolítica energètica –i que influeix en els nacionalismes energètics dels països consumidors i en les rivalitats geopolítiques corresponents– és el del nacionalisme energètic entre els estats productors. Aquest fenomen va adquirir per primer cop una rellevància global entre els estats productors de petroli de l'OPEP a començament dels anys setanta, quan aquests estats van començar a nacionalitzar els seus sectors dels hidrocarburs i van posar en pràctica unes polítiques energètiques que van afavorir les importants pujades de preus d'aquella dècada. El nacionalisme energètic va entrar en una mena d'hivernació quan els preus van caure durant la dècada dels vuitanta, però amb els importants augments de preu de la dècada actual ha ressorgit, i no només a l'epicentre original del Golf Pèrsic i del Nord d'Àfrica, sinó també a Amèrica Llatina i a Rússia –on els sectors dels hidrocarburs van ser àmpliament liberalitzats i oberts a la inversió estrangera privada durant els anys noranta–, i en una mesura inferior a l'Àsia Central i a l'Àfrica Subsahariana.

Aquest ressorgiment del nacionalisme energètic s'ha posat de manifest en l'enduriment de les condicions fiscals i d'accés amb què es troben les CPI en els països productors. Els impostos i els *royalties* que cobren aquests estats productors han augmentat de manera general des d'un 20% aproximadament els anys noranta fins a un 80% aproximadament en l'actualitat. Al mateix temps, una porció cada cop més gran de les reserves dels estats productors ha estat destinada a les seves pròpies CPN per tal que es convertissin en les accionistes majoritàries i en les principals operadores –de vegades fins i tot infringint uns contractes prèviament negociats. Si durant els anys setanta les CPI controlaven un 80% de les reserves mundials provades, avui les CPN són les que en controlen el 80%.

Si bé en la majoria dels casos això ha estat un fenomen econòmic i empresarial –amb els estats productors i les seves CPN mirant de fer-se amb una porció cada cop més gran d'uns ingressos potencials de l'exportació molt més elevats a causa de la pujada dels preus–, també hi ha uns quants exemples de nacionalismes energètics motivats, almenys parcialment, per la geopolítica. Veneçuela n'és un exemple clar, i també Rússia podria incloure's en aquesta categoria. El resultat ha estat que, mentre els recursos en hidrocarburs s'han anat concentrant cada cop més en menys estats productors, aquests mateixos estats han ampliat i aprofundit el seu control sobre aquests recursos, deixant els estats consumidors i les seves CPI en els marges de l'economia global del gas i el petroli en una posició més passiva i potencialment més vulnerable com a economies

fortament dependents de les importacions de gas i petroli, i com a companyies amb un control cada cop més petit sobre el sector productor de la cadena energètica global.

Hi ha un cert debat sobre quines amenaces, entre les procedents de la concentració de recursos i les procedents del nacionalisme energètic dels països productors, constitueixen els perills més greus per als països consumidors. Una de les escoles de pensament posa l'èmfasi en els talls de subministrament políticament motivats, o en la influència política que es pot guanyar simplement amb l'amenaça implícita d'un tall de subministrament. L'embargament del petroli àrab del 1973 és un exemple d'aquest ús de l'energia com una arma geopolítica. Molts observadors han identificat el breu tall de subministrament del gas rus a Ucraïna que es va produir el gener del 2006 (amb els subsegüents efectes perjudicials en l'abastiment de gas a Europa) com un altre exemple. La possibilitat que Veneçuela desvii les seves exportacions de petroli dels Estats Units a la Xina, o que Algèria pugui algun dia fer una cosa semblant amb les seves exportacions de gas a Espanya, són dos exemples més del que podem entendre com a arma energètica. De tota manera, el mercat del petroli és un mercat global; els talls es converteixen en subministraments mundials més baixos i, per tant, en preus mundials més alts per a tots els consumidors, no només per als del país directament afectat. La vulnerabilitat als efectes d'un tall en el subministrament de gas quan el país importador és altament dependent del gas importat per gasoducte des d'una sola font és probablement més alta; no obstant això, la majoria d'exportadors de gas són també altament dependents dels ingressos de l'exportació que provenen del flux de gas que pot ser tallat per raons polítiques, la qual cosa crea una situació de dependència mútua que redueix considerablement el risc real d'una interrupció extrema del subministrament de gas per motius polítics.

D'altra banda, el nacionalisme energètic –mitjançant la imposició d'unes taxes i uns *royalties* més elevats a les companyies energètiques estrangeres, i com a resultat d'unes condicions d'accés més estrictes– ha tendit a reduir el ritme de la inversió en els estats productors al llarg del temps. L'impacte final és que el subministrament de gas i petroli és cada cop més inelàstic respecte al preu, la qual cosa crea la possibilitat de dèficits en el subministrament de gas i petroli amb relació a una demanda creixent. A mig termini hi ha probablement un risc molt més gran que els preus pugin significativament a mesura que la demanda supera l'oferta que no pas que els estats productors clau privin als consumidors de gas i petroli. En darrera instància, però, l'impacte seria molt semblant.

### L'impacte del canvi de l'escenari energètic en la geopolítica

La geografia i la geopolítica han transformat l'escenari energètic mundial durant la darrera dècada; el resultat –l'entorn actual dels elevats preus de l'energia– pot alterar estructuralment la geopolítica durant les properes dècades. La pujada dels preus, combinada amb unes condicions fiscals i d'accés als

països productors més estrictes per a les CPI, ha produït una prosperitat sobtada en els ingressos dels països productors. Els ingressos totals de l'exportació global de gas i petroli han començat a assolir nivells sorprenents. Es calcula que durant l'any 2007 fou de més d'1,5 bilions de dòlars. Aquestes transferències tan grans d'ingressos no solament tenen implicacions potencialment negatives per a les economies consumidores, sinó que també donen als governs dels països productors més autonomia econòmica i més independència política que mai respecte dels països avançats –i particularment respecte dels Estats Units. La major part del deute pendent al FMI i a altres bancs multilaterals ja ha estat pagat pels països productors, i avui molts qüestionen la rellevància d'aquesta mena d'institucions. Ara, els governs dels països productors tenen diners més que suficients per finançar inversions en infraestructures i programes socials, per comprar armes i per alimentar un sistema de mecenatge de base classista i regional, i un consum notable de les seves elits.

A més a més, la intensa acumulació de reserves que implica la combinació d'uns superàvits molt grans en les balances per compte corrent i unes taxes de canvi fixades en uns nivells cada cop més baixos respecte al dòlar, ha finançat la creació d'uns "fons sobirans" que actualment gestionen un capital de més de 3,2 bilions de dòlars. Aquests fons han estat decisius a l'hora d'apuntalar els grans bancs d'inversions a Europa i als Estats Units durant la recent crisi creditícia internacional. La seva penetració potencial en el sistema financer internacional i en les economies occidentals avançades és enorme: les implicacions de la penetració d'aquests fons sobirans poden ser benignes de moment, però no és impensable que algun dia, en un futur no massa llunyà, la geopolítica esdevingui almenys un dels criteris que orientin la política d'aquests fons.

Les conseqüències geopolítiques potencials són múltiples. D'entrada, els països productors s'han alliberat de la influència de les economies avançades plasmada en la condicionalitat del FMI. A més a més, les pressions domèstiques per a la realització de reformes polítiques i econòmiques també han estat neutralitzades per la gran aflluència del diner procedent del gas i del petroli. Diverses formes d'economies de submercat no democràtiques –que només fa deu anys haurien estat sotmeses a una forta pressió a favor de la seva reforma– ara poden no només prosperar i consolidar-se, sinó que comencen a mirar-se les unes a les altres com a aliats naturals. Aquesta tendència s'està fent especialment visible a Euràsia, on els productors de gas i petroli del Gran Creixent no solament estan aprofundint els seus vincles polítics i econòmics mutus, sinó que també s'estan relacionant de diverses maneres amb les grans potències emergents asiàtiques, moltes de les quals també tenen uns grans superàvits en les seves balances per compte corrent basats en la prosperitat d'unes economies manufactureres i exportadores. Les monarquies del Golf Pèrsic estan fraternitzant diplomàticament amb la Xina com no ho havien fet mai, mentre que els fons sobirans de l'Orient Mitjà estan començant a canviar el focus geogràfic de les seves inversions des dels Estats Units a Àsia. L'OCS, que actualment engloba Rússia, la



Xina i diversos països d'Àsia Central, és una de les expressions més importants d'aquesta tendència. En el futur podria ser la columna vertebral d'un sistema polític i econòmic eurasiàtic molt més fortament travat, i que alguns ja anomenen "un món sense Occident".

Cap d'aquests potencials desenvolupaments geopolítics no seria necessàriament bo per al futur de la globalització, per a l'aprofundiment de la integració política i econòmica internacional. De fet, l'augment de l'autonomia econòmica i política dels exportadors d'energia del Gran Creixent, i de les economies industrials exportadores asiàtiques impliquin molt probablement el final de la integració econòmica global i el començament de la fragmentació global. Més que mai, Occident necessita la integració global i les institucions de governança global necessàries per tal que aquestes institucions siguin percebudes com a imparcials, ben regulades i mútuament beneficioses. Després de tres dècades durant les quals el líder d'Occident afeblia constantment les institucions de governança globals –perquè les veia com una forma il·legítima de restricció de la sobirania nord-americana–, ara són les potències petrolieres i gasístiques eurasiàtiques, juntament amb els seus socis asiàtics, les que consideren la governança global com un destorb innecessari per a la seva llibertat d'acció. Els Estats Units necessiten recuperar ràpidament la credibilitat en l'escenari internacional com a defensors del multilateralisme i de la governança global si volen evitar que es produeixi una marginació cada cop més gran d'Occident en els afers internacionals.

## Conclusió

L'energia i la geopolítica, per bé o per mal, estan estretament relacionades. Les pressions cada cop més grans que exerceixen l'una sobre l'altra és un argument a favor d'una transformació de l'economia energètica en el sentit de desplaçar els combustibles fòssils per unes alternatives renovables més descentralitzades; i d'una reconstrucció de l'arquitectura i de la credibilitat dels nostres sistemes de governança global, particularment en l'àmbit de l'energia i el canvi climàtic. ●

### Nota

1. N. de l'ed.: Capacitat per produir més del que normalment es produeix amb els mateixos recursos existents.

### Referències bibliogràfiques

- BRUFAU**, Antonio; **PÉREZ DE BRICIO**, Carlos et al. *Oil, Gas, Energy: A Plural View, A Calm Look*. Madrid: Estudios de Política Exterior, 2008.
- LEVERETT**, Flynt. "Black is the New Green". *The National Interest*. Gener-febrer, 2008. P. 37-45.
- YAMANI**, Sheikh Ahmed Zaki; **MABRO**, Robert i **ISBELL**, Paul "Energy: Between Market and Geopolitics". Real Instituto Elcano. Working Paper 6/2008.
- YERGIN**, Daniel. *The Prize: The Epic Quest for Oil, Money and Power*. Nova York: Free Press, 1992.

## dCIDOB 106.

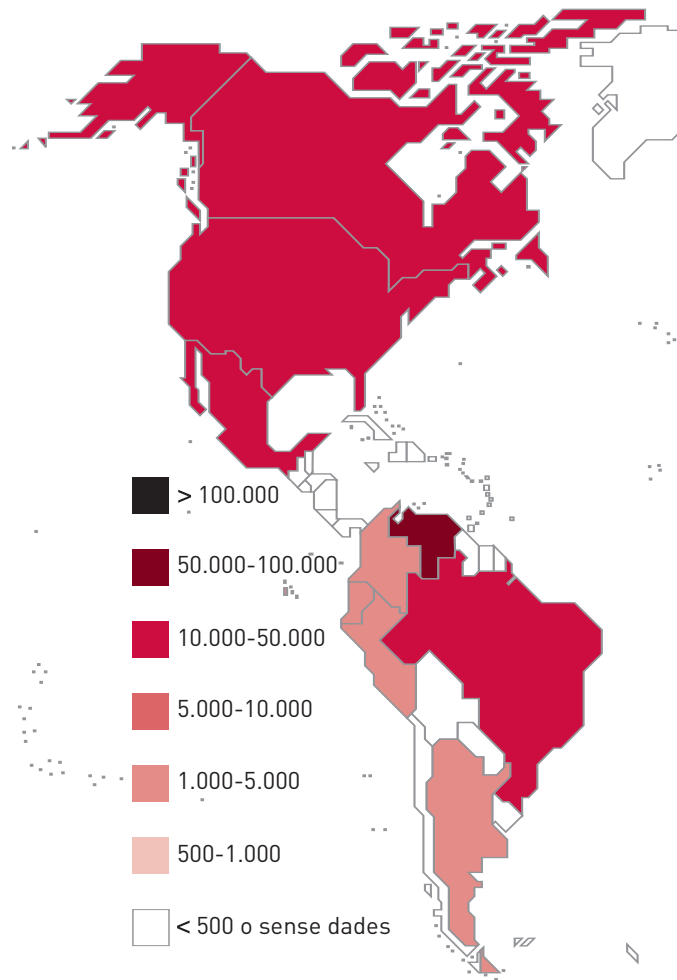
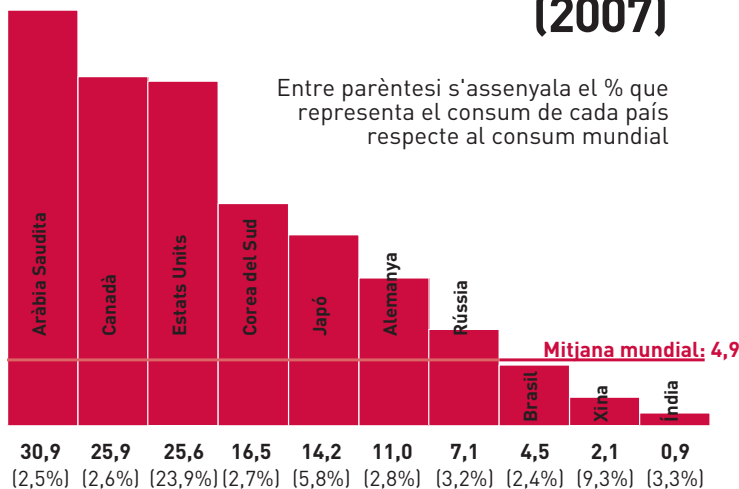
# Crisi energètica, cap a un final d'era.

Combustibles fòssils: petroli, gas natural i carbó. Reserves, consum i producció.

Fundació CIDOB

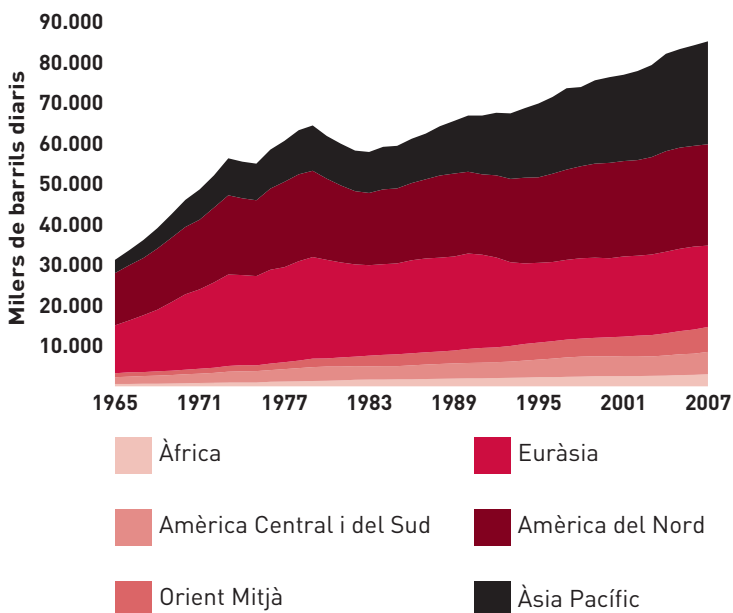
# Petroli

## Els 10 principals països consumidors (barrils per càpita) (2007)



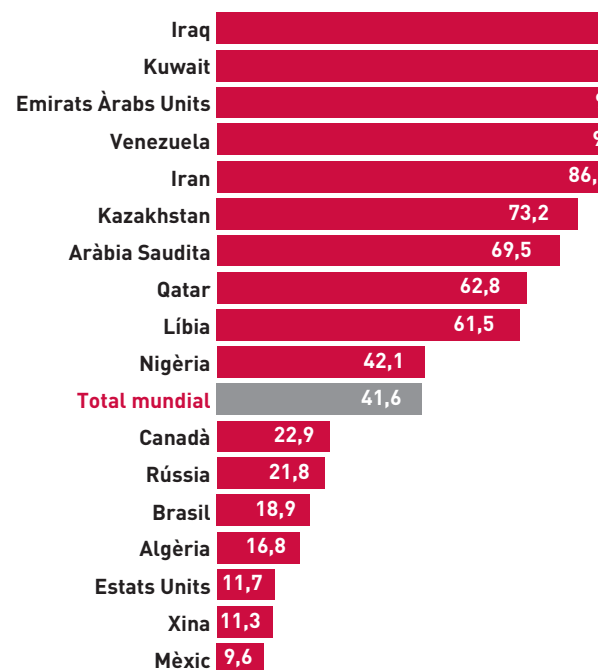
## Evolució del consum mundial (1965-2007)

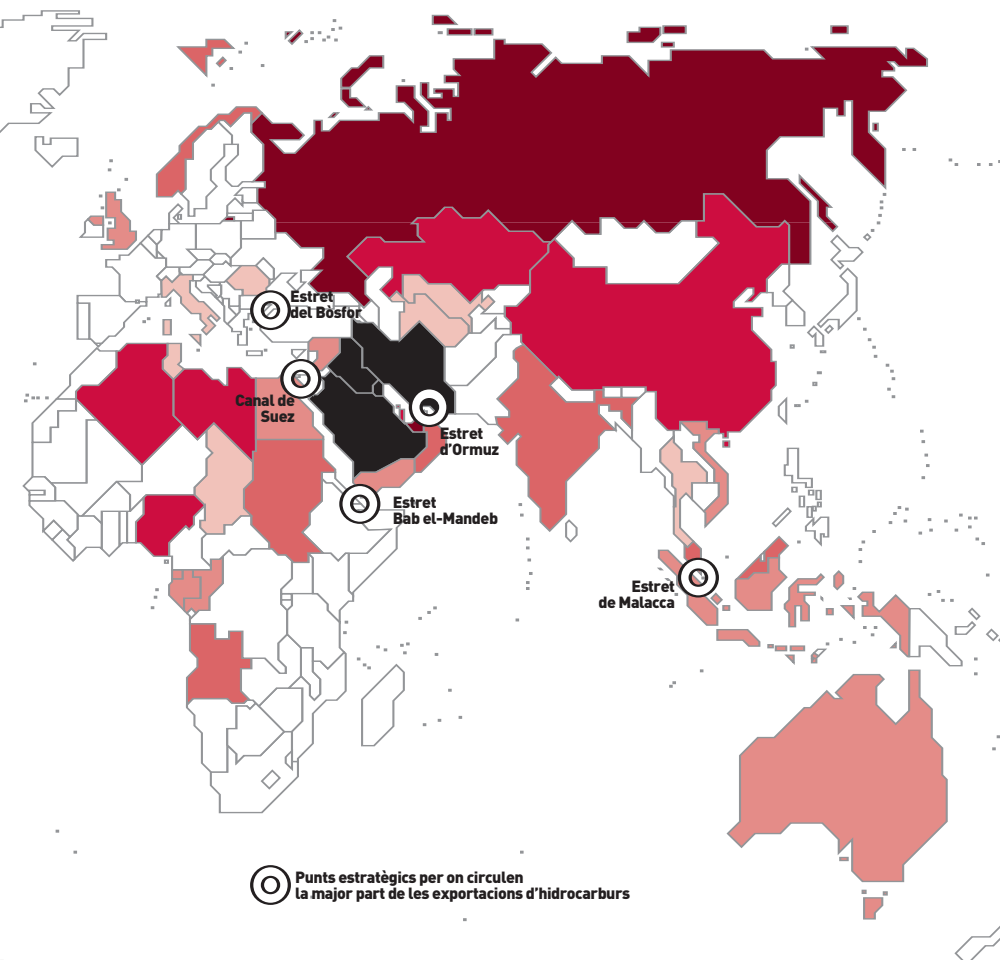
Inclou demanda interna més combustible de l'aviació internacional, vaixells, refineries i pèrdues, així com el consum d'etanol i biodièsel



## Ràtio R/P (anys)

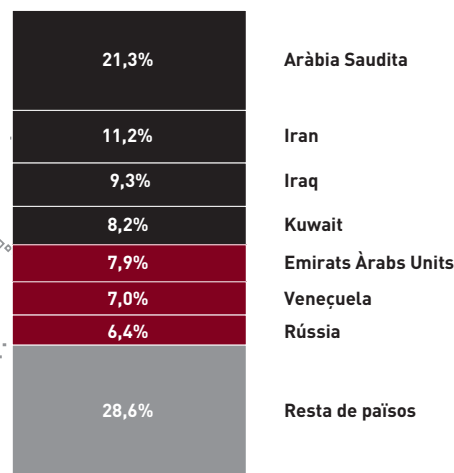
La ràtio reserves/producció (R/P) indica el nombre d'anys que trigarà una reserva a esgotar-se si la producció continua el ritme actual



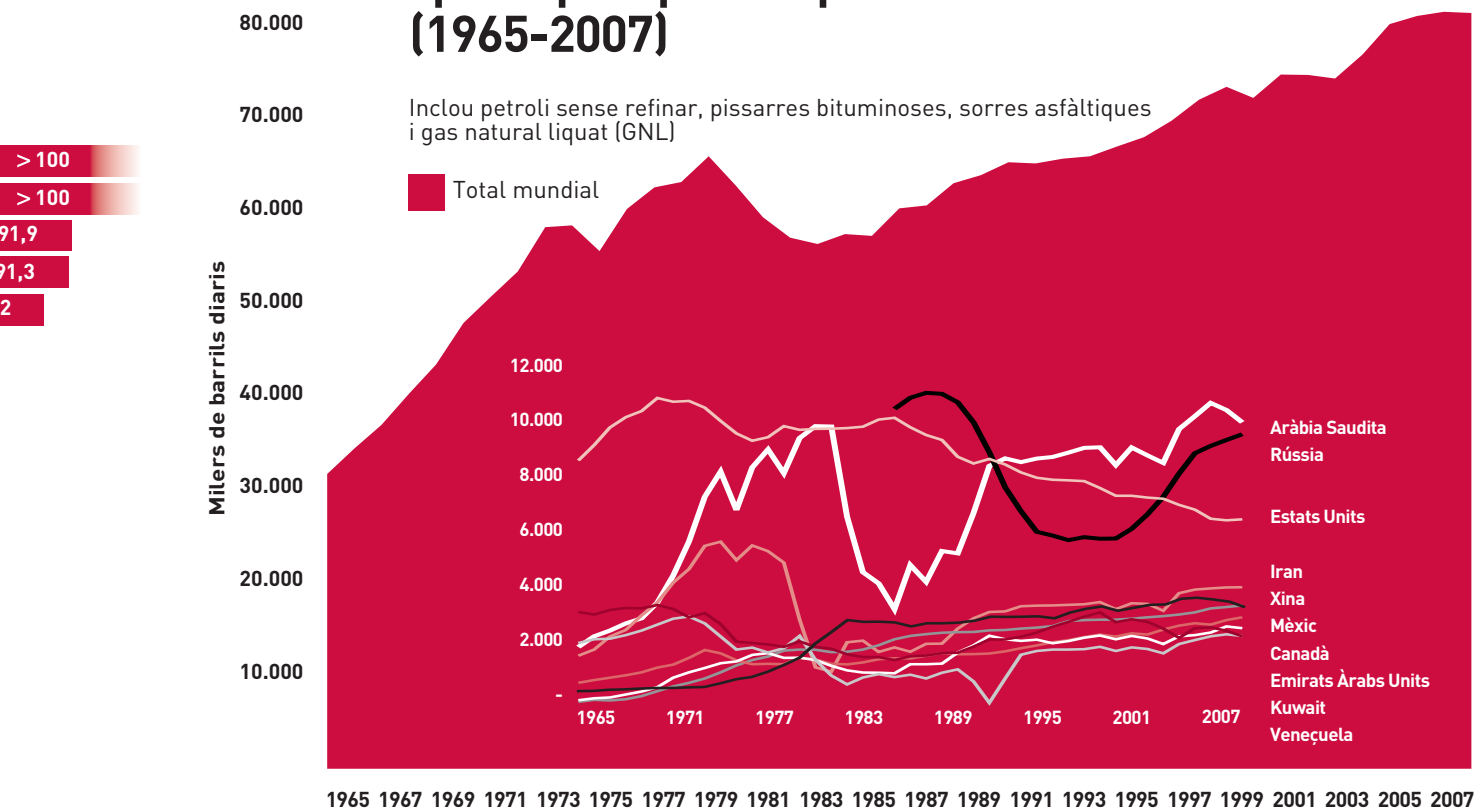


## Distribució de reserves provades (milions de barrils) (final de 2007)

Canadà conté 152.000 milions de barrils més en les seves sorres asfàltiques



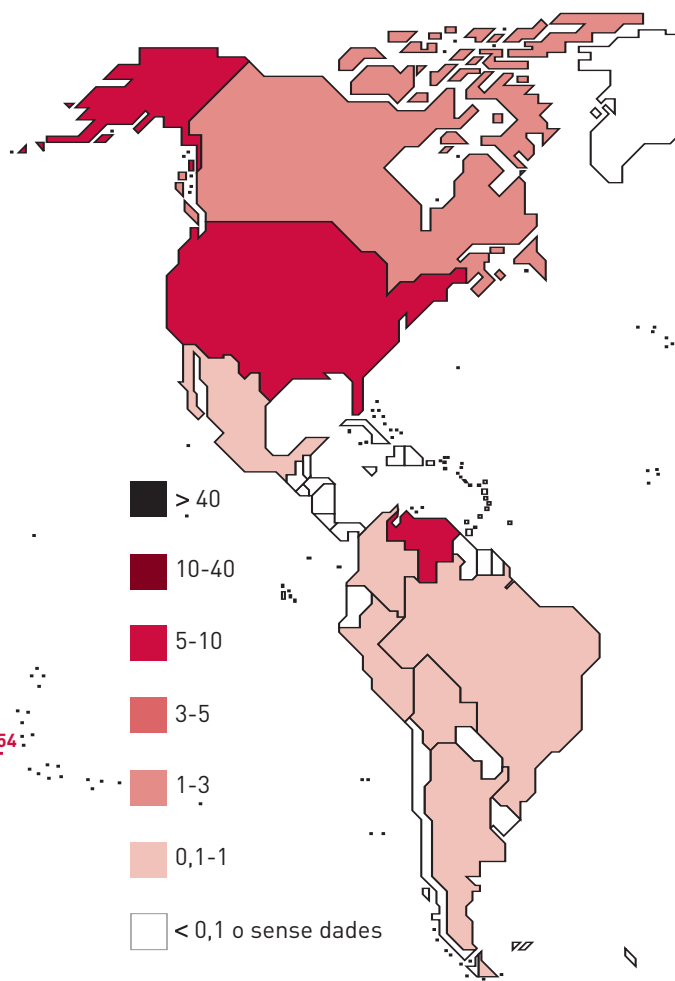
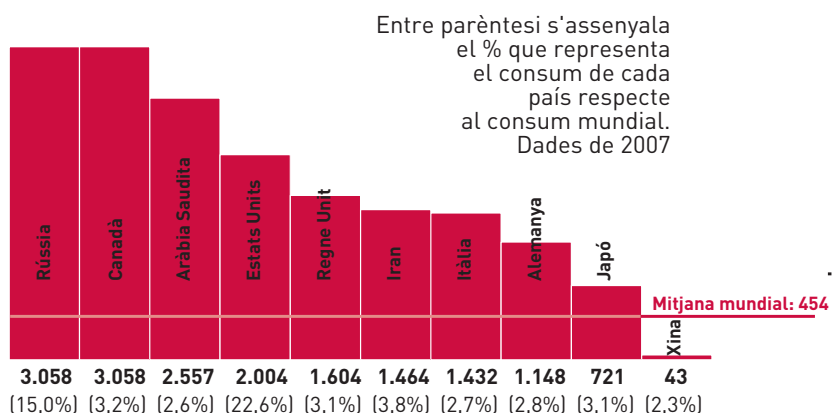
## Evolució de la producció mundial i principals països productors (1965-2007)



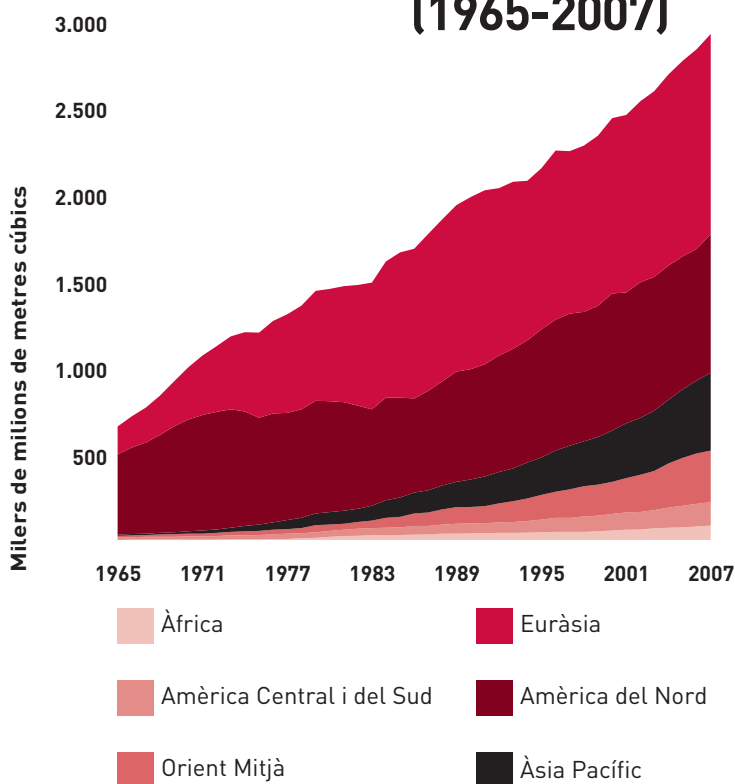
1965 1967 1969 1971 1973 1975 1977 1979 1981 1983 1985 1987 1989 1991 1993 1995 2001 2007

# Gas natural

## Els 10 principals països consumidors (m<sup>3</sup> per càpita) (2006)

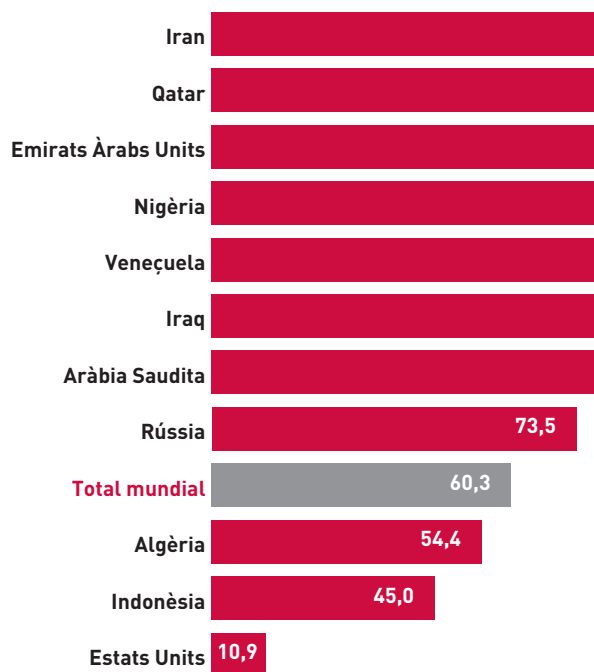


## Evolució del consum mundial (1965-2007)

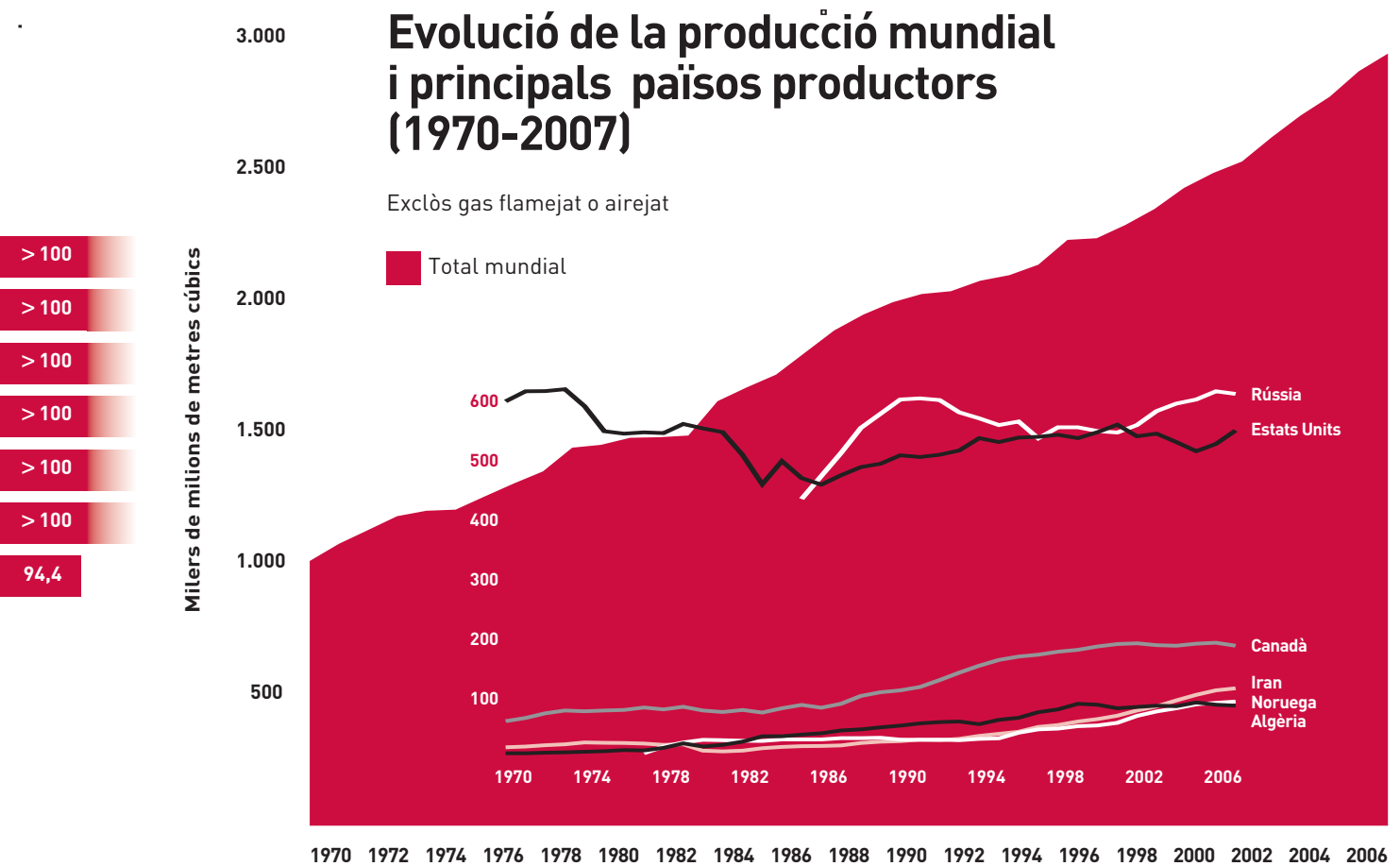
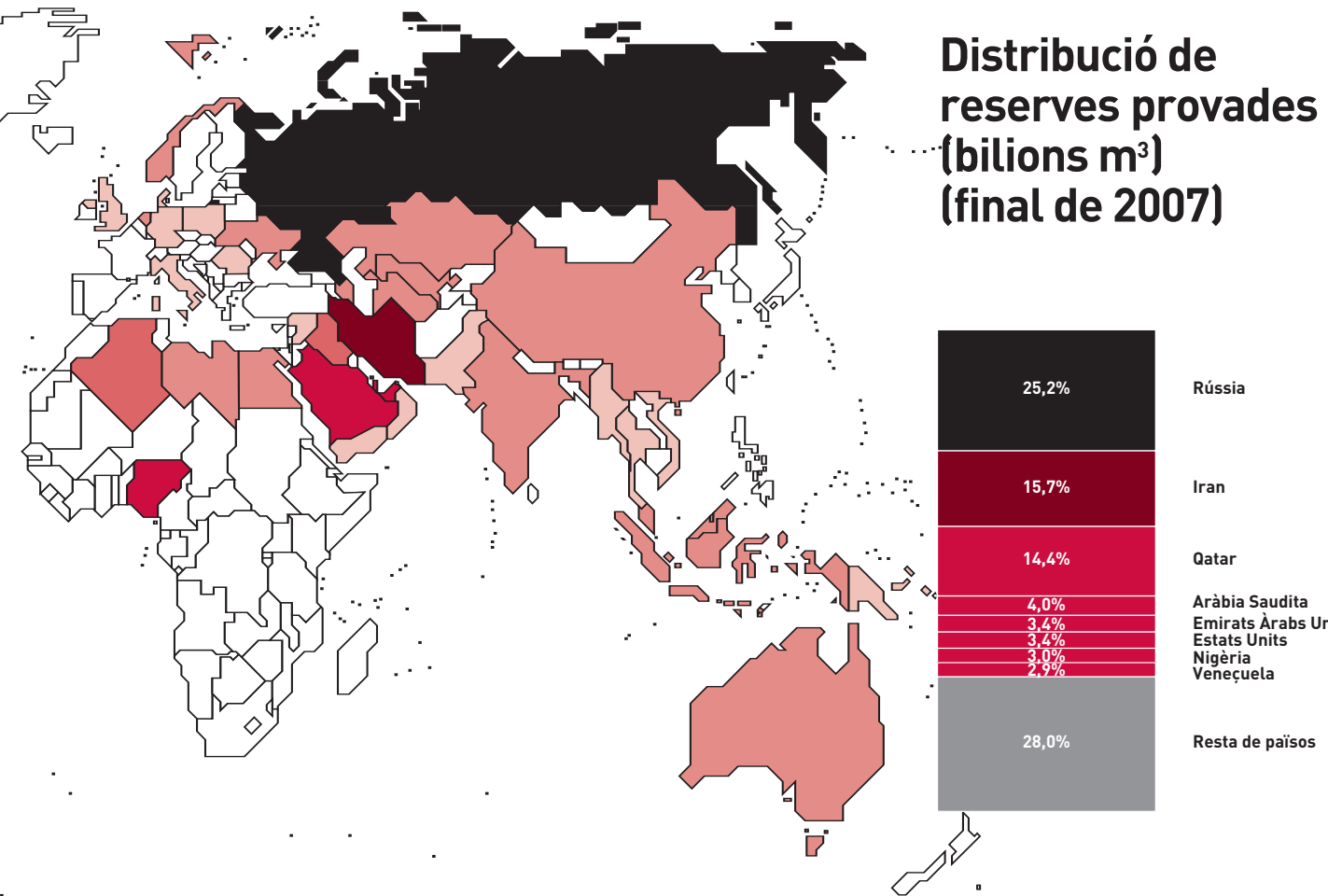


## Ràtio R/P (anys)

La ràtio reserves/producció (R/P) indica el nombre d'anys que trigarà una reserva a esgotar-se si la producció continua el ritme actual

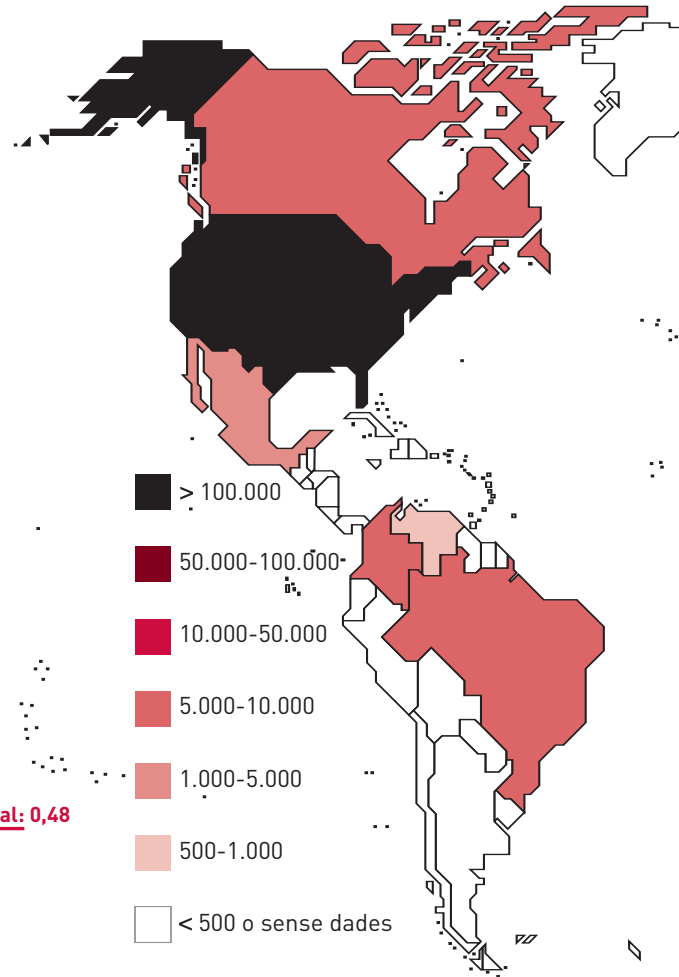
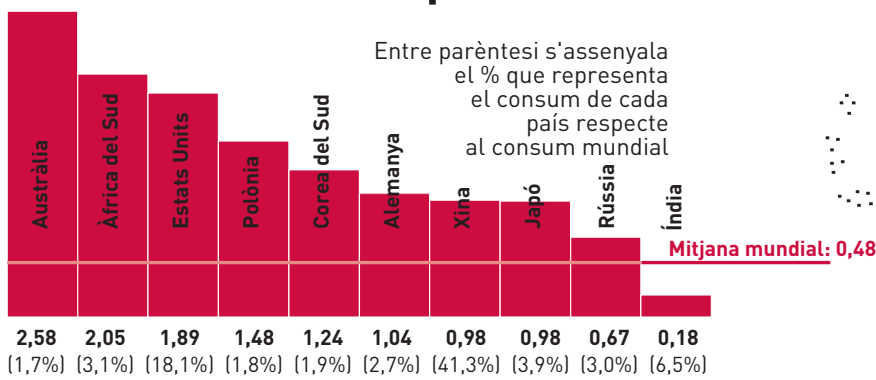




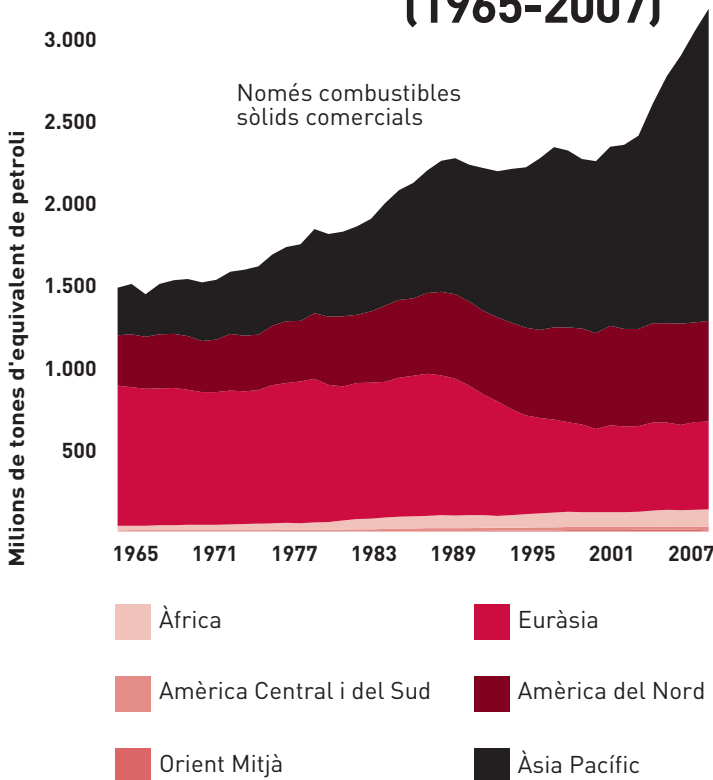


# Carbó

## Els 10 principals països consumidors (tones d'equivalent de petroli per càpita) (2007)

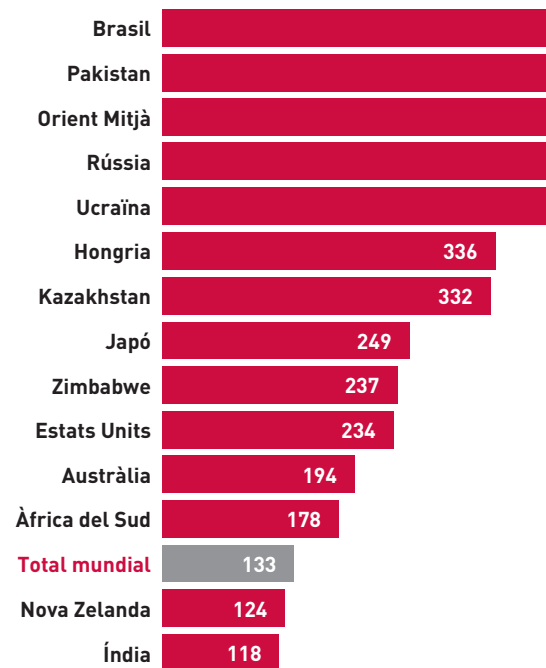


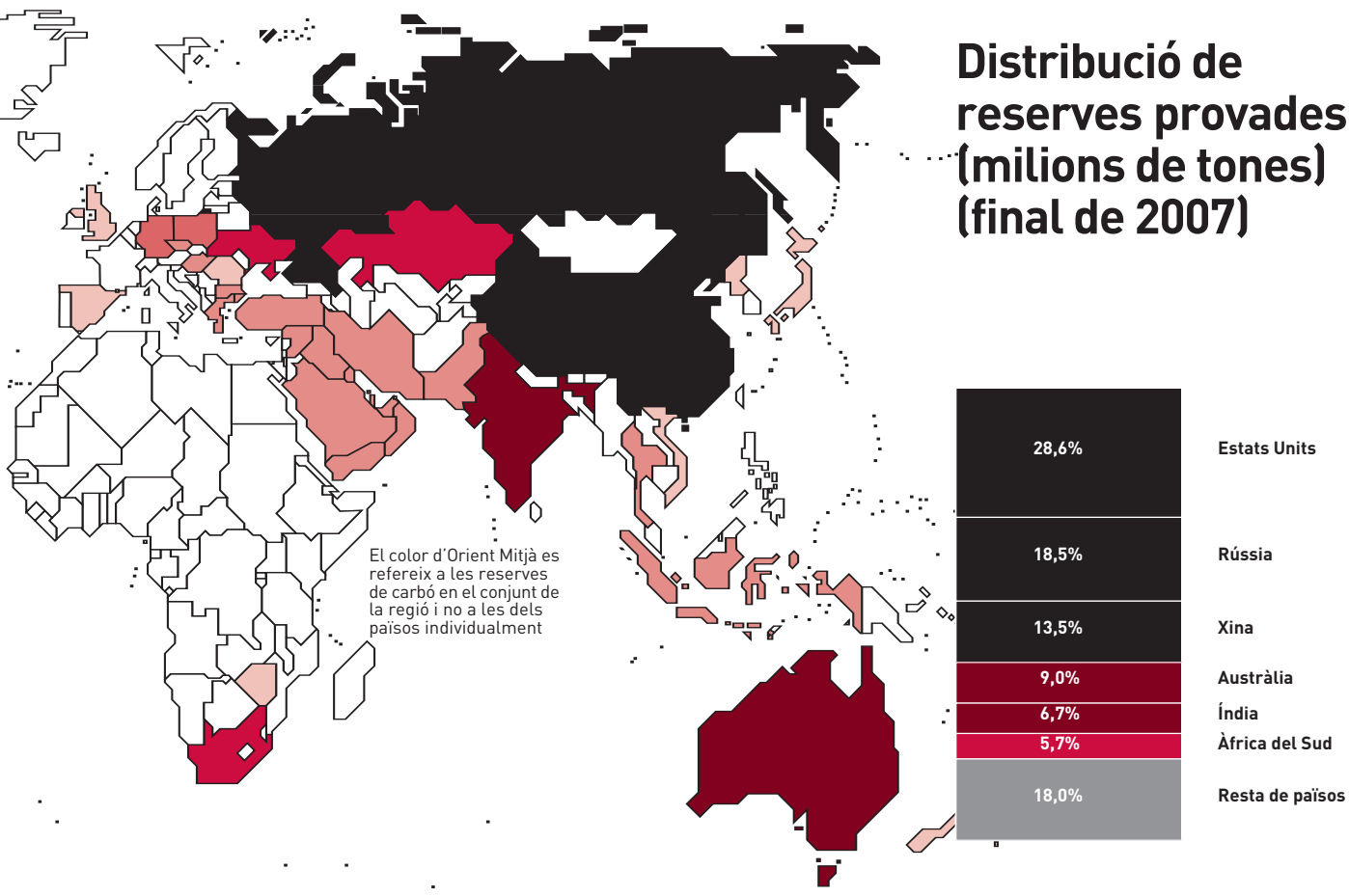
## Evolució del consum mundial (1965-2007)



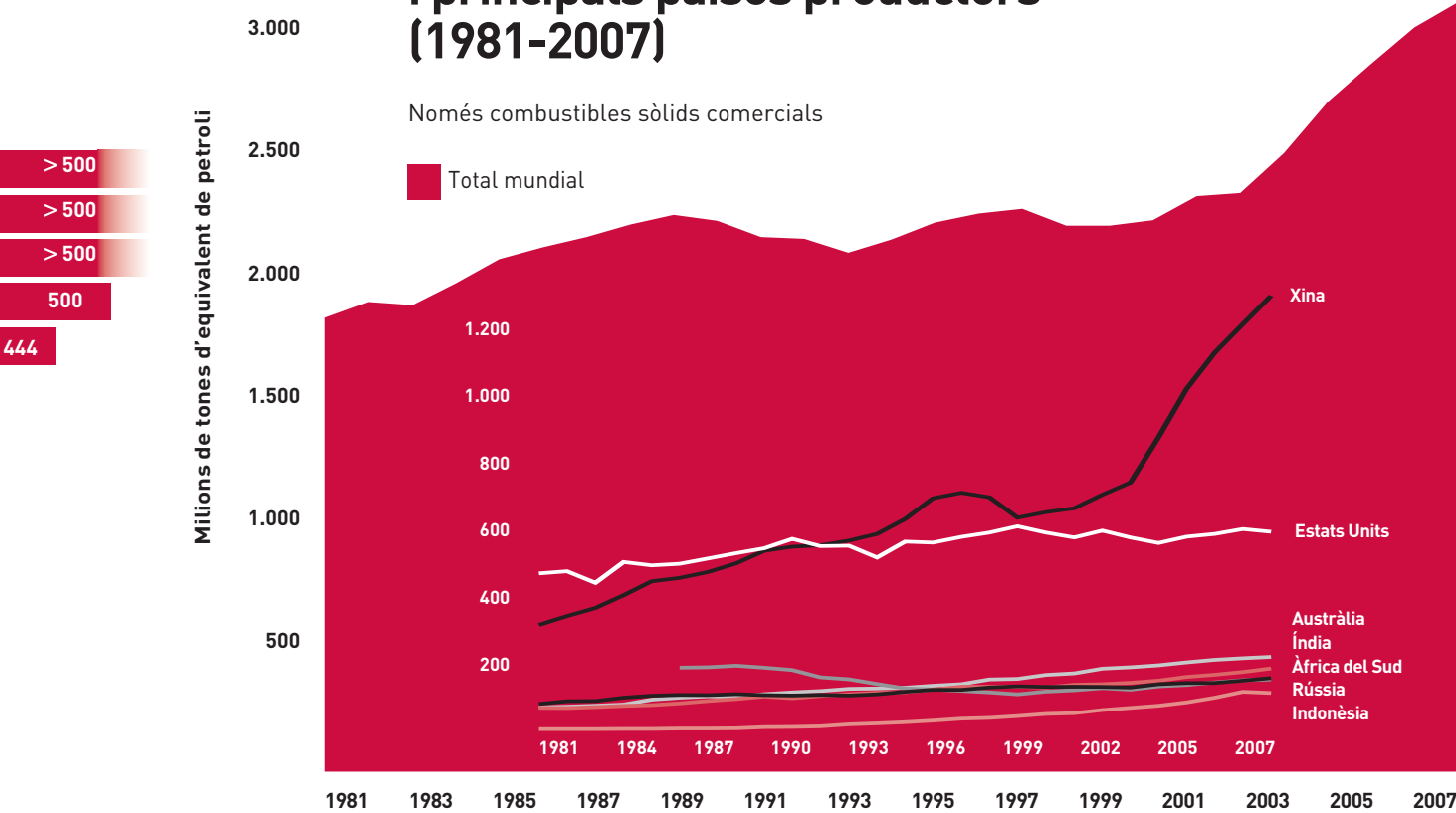
## Ràtio R/P (anys)

La ràtio reserves/producció (R/P) indica el nombre d'anys que trigarà una reserva a esgotar-se si la producció continua el ritme actual.





### Evolució de la producció mundial i principals països productors (1981-2007)



## dCIDOB 106.

# Crisi energètica, cap a un final d'era.

La solució no pot ser nuclear. Una tecnologia fracassada que és poc més que un miratge.

Marcel Coderch

# La solució no pot ser nuclear

## Una tecnologia fracassada que és poc més que un miratge

**Marcel Coderch** Conseller assessor per al Desenvolupament Sostenible de la Generalitat de Catalunya

Des que a mitjan 2004 –cinquanta anys després de la connexió a la xarxa elèctrica del primer reactor nuclear– Tony Blair comunicés a un selecte grup de parlamentaris laboristes que, responent a les pressions que rebia de l'Administració Bush, “havia lluitat extensament, tant dins del seu partit com fora per assegurar-se que no es tanqués l'opció nuclear”, cada vegada són més les veus que se senten a Europa i que demanen que es reconsideri el marasme en què es troba la indústria nuclear. La pujada continuada dels preus del petroli i la previsible arribada al zenit de la producció mundial, juntament amb la necessitat de limitar les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle i el desig de reduir la dependència energètica, han posat llenya a un foc que semblava condemnat a extingir-se després del fracàs econòmic de la dècada dels setanta i dels accidents de Three Mile Island i Txernòbil.

Com es pot observar en la figura 1, el nombre de reactors operatius va deixar de créixer sobtadament a principi de la dècada dels noranta i des d'aleshores ha romàs pràcticament constant, al voltant de 440 reactors arreu del món.

Al final de 2007, hi havia 439 reactors operatius (cinc menys que el màxim històric assolit el 2002), amb una potència de 371,7 GWe<sup>1</sup> i una mitjana de 23 anys d'antiguitat. Si no es reactiven aviat les noves construccions, i a una escala significativa, la quota de producció elèctrica nuclear, situada els últims anys entorn del 15% del total de l'electricitat produïda, anirà disminuint any rere any. El 2007, i a causa de l'acumulació d'incidents, la producció elèctrica nuclear va disminuir un 1,9% en termes absoluts i l'espanyola en un 8,3%. Actualment, suposa aproximadament un 6% de l'energia primària comercial, i entre un 2% i un 3% de l'e-

nergia final consumida, una quota menor que la coberta per les centrals hidroelèctriques. La projecció futura de l'evolució del parc nuclear mundial, suposant que la vida útil per a cada reactor és de 40 anys, mostra que abans del 2025 s'hauria de clausurar i desmantellar força més de la meitat del parc nuclear actual, fet que implica que o bé s'inicia aviat un important programa de construccions, o l'energia nuclear quedarà reduïda a quelcom de marginal i amb uns passius tremends corresponents al desmantellament de les centrals i la gestió dels residus acumulats.

Per aquesta raó la indústria nuclear i alguns governs occidentals han iniciat una intensa campanya de relacions públiques per presentar l'opció nuclear com un component imprescindible per a la solució al dilema energètic-climàtic a què ens enfrontem (Leake, 2005). Increment de la demanda energètica, augment dels preus dels combustibles fòssils, reducció d'emissions i independència energètica són els quatre arguments bàsics que es repeteixen una i altra vegada com a justificació de la reobertura del debat nuclear, i en favor de la reconsideració de la parada nuclear. No obstant això, aquestes crides insistents per reprendre la senda nuclear passen per alt dues qüestions bàsiques. Obliden les raons per les quals va avortar la primera era de construccions nuclears, i obliden també que encara que suposadament aquestes raons estiguin ara superades –que no ho estan– una anàlisi quantitativa i dinàmica de les possibilitats reals d'un renaixement nuclear mostra que poc podria aportar a la solució dels problemes que s'apunten; problemes que, certament, són greus i urgents, i que per això requereixen una gestió òptima dels recursos al nostre abast.

## La primera era nuclear: del *too cheap to meter* al *too expensive to matter*

Durant la dècada posterior a la Segona Guerra Mundial, i en el marc del programa nord-americà d'Àtoms per a la Pau, es va desencadenar una eufòria mundial entorn de l'energia nuclear que de vegades es confonia amb un fervor gairebé religiós. L'energia nuclear era garantia de progrés continuat i alliberaria per sempre la humanitat de la maledicció bíblica. Però, en realitat, sempre hi van haver dubtes sobre la rendibilitat econòmica d'aquesta "complexa forma de bullir aigua", com deia Einstein, i per tant calia buscar altres motivacions més enllà de les estrictament econòmiques. Lewis Strauss, aleshores president de la Comissió de l'Energia Atòmica dels Estats Units (AEC), no va dubtar en afirmar que "no és agosarat esperar que els nostres fills gaudeixin a casa seva d'electricitat tan barata que no pagui la pena facturar-la". Una expressió, *too cheap to meter*, que es va fer famosa, sobretot perquè els fets posteriors la van desmentir rotundament. Sense cap prova que pogués justificar afirmacions com aquesta, ni tampoc l'optimisme generalitzat regnant, es va haver d'acudir a un altre tipus de consideracions. Així, David Eli Lilienthal, el primer president de l'AEC, va escriure en les seves memòries que en aquella època "no podia creure que Déu creés l'home i li infongués la capacitat d'extreure l'energia continguda en el cor mateix de la matèria per tal que només utilitzés aquest coneixement per a la destrucció d'aquest meravellós món, que no és obra de l'home sinó de Déu". En aquesta frase es condensa la principal motivació de tot el desenvolupament civil de l'energia nuclear a Occident: d'alguna forma s'havia d'esborrar l'horror d'Hiroshima i Nagasaki, principalment quan la Guerra Freda exigiria un gran increment de la producció d'armes nuclears. L'única forma d'aconseguir que l'aplicació militar pogués continuar sense massa oposició popular era difonent i promovent també els *enormes avantatges* de l'energia nuclear per al món civil. Aquest, i no un altre, és l'origen de tots els programes de desenvolupament de l'energia nuclear per a aplicacions civils, un origen que explica les dificultats econòmiques que el van acompanyar des del seu naixement ja que el desenvolupament de la indústria nuclear civil mai no va ser el resultat de decisions econòmiques empresarials sinó conseqüència d'una determinació política i militar.

És habitual explicar l'evolució representada en la figura 1 com el resultat de l'increment dels preus del petroli que es va produir el 1973 i que hauria empès la construcció de centrals nuclears. Ben al contrari, el que realment va passar s'observa millor en la figura 2 on es representa l'evolució acumulada de les comandes de centrals nuclears als Estats Units, incloent les cancel·lacions i la clausura de centrals entre el 1953 i el 2001.

Entre l'any 1965 i el 1975 hi va haver als Estats Units un ràpid increment respecte al nombre de demandes de reactors, però tot va canviar sobtadament a mitjan 1970. Si entre el 1971 i el 1974 es van fer comandes per a 129 reactors, entre el 1975 i el 1978 ja només es van contractar 13 nous reactors i des del 1978 fins al dia d'avui no se n'ha contractat cap d'al-

tre. Hem de tenir en compte que l'accident de Three Mile Island es va produir el 1979 i que, per tant, no va poder ser la causa d'aquest sobtat canvi de tendència.

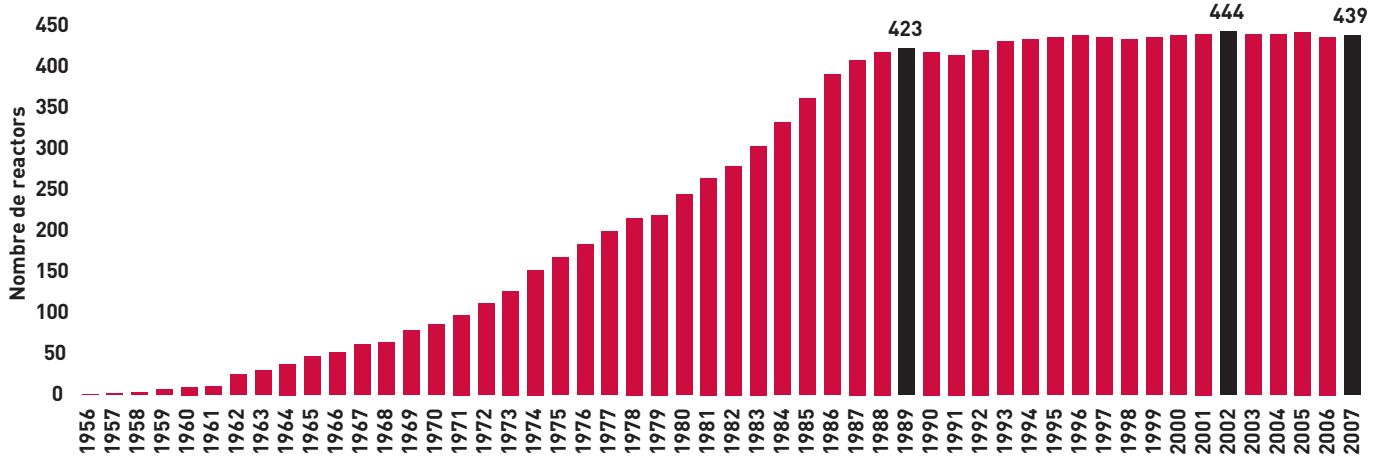
Les raons d'aquest gran fracàs van ser gairebé exclusivament econòmiques, i un factor molt important va ser l'acusada caiguda del creixement de la demanda d'electricitat. Si entre el 1953 i el 1973 la demanda havia crescut un 7% anual, el 1974 aquest creixement es va aturar en sec i, aquell mateix any, va caure un 0,4%, com a conseqüència del xoc econòmic que va produir el bruscat augment de preus del petroli el 1973. A partir de l'any 1974 es va alentir el creixement econòmic, hi va haver un major èmfasi en l'estalvi energètic i, com a conseqüència, el creixement anual mitjà del consum elèctric entre el 1975 i el 2000 es va reduir al 2,7%, fet que va situar les elèctriques enfront d'un gran excés de capacitat planificada i en construcció. A aquestes circumstàncies econòmiques adverses es va sumar, el 1979, l'accident de Three Mile Island i la política monetària que es va adoptar per fer front a la recessió de 1973 que va suposar un notable increment de les taxes d'interès, afegint un factor més a una situació que ja era difícil i que va acabar arruïnant les finances de les companyies elèctriques i el programa nuclear nord-americà i d'altres països.

Una cosa molt semblant va succeir a Espanya, com es mostra en la figura 3, si tenim en compte que el cas de Lemóniz va estar molt condicionat pel terrorisme d'ETA. En absència d'aquest, el més lògic hagués estat que els dos reactors situats a la costa basca —pràcticament acabats— haguessin entrat en operació en lloc de Vandellòs II i Trillo I. Per tant, en condicions normals, tampoc cap dels reactors espanyols, la construcció dels quals es va decidir després de 1973, hauria esdevingut operatiu.

La moratòria nuclear es va decretar a Espanya el 1983, i va afectar cinc grups nuclears que estaven en diferents nivells de finalització, per raons idèntiques a les que hem apuntat en el cas nord-americà; agreujades, en el cas espanyol, pel fet que les elèctriques espanyoles s'havien endeutat en dòlars per finançar les construccions nuclears i a l'increment dels tipus d'interès van haver d'afegir una evolució molt desfavorable del tipus de canvi. Els crèdits, tanmateix, estaven avalats per l'Estat espanyol i el primer Govern de Felipe González va optar per assumir aquestes inversions i traslladar a la futura tarifa elèctrica el pagament durant 25 anys (1983-2008) de les inversions nuclears fallides; inversions que estaven incloses en els Plans Elèctrics Nacionals aprovats pels successius governs de la Transició<sup>2</sup>.

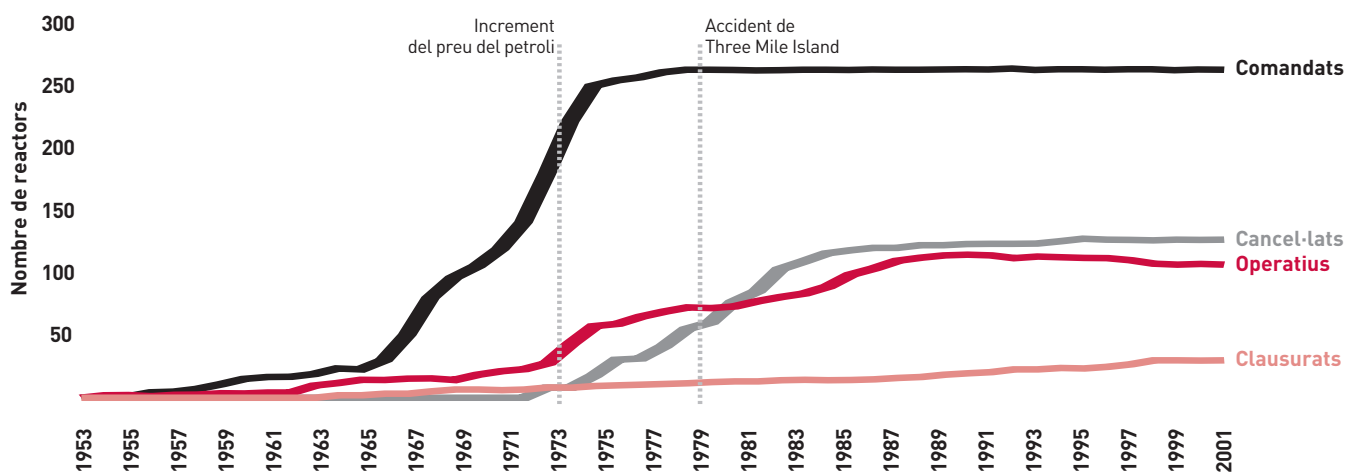
Globalment, doncs, l'energia nuclear va fracassar econòmicament a mitjan anys setanta i a més es va veure adversament afectada pels accidents de Three Mile Island el 1979 i de Txernòbil el 1986. Aquests accidents van donar la raó a aquells que ja l'havien criticada des del començament per la seva perillositat operativa i van contribuir al fet que en l'opinió pública encara avui predominin aquells que són contraris a la seva reactivació. En cert sentit, la història de l'energia nuclear en les quatre últimes dècades pot resumir-se en el fet que va passar de ser *too cheap to meter* a convertir-se en *too expensive to matter* (massa cara per ser rellevant), i en massa impopular per insistir-hi.

**Figura 1. Evolució mundial del nombre de reactors operatius (1956-2007)**



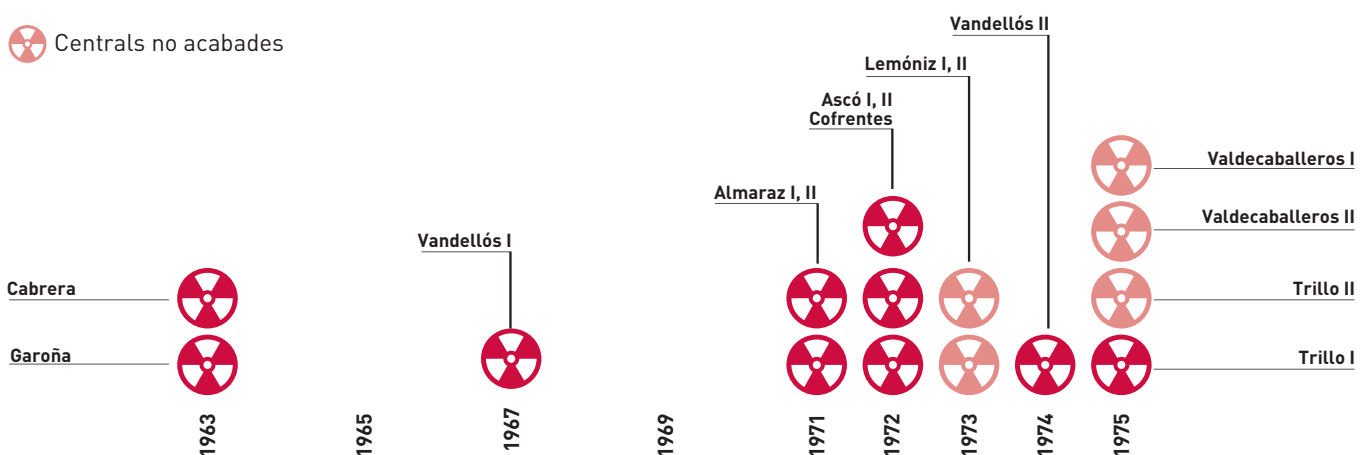
Font: The World Nuclear Industry Status Report 2007

**Figura 2. Evolució de les comandes de centrals nuclears als Estats Units (1953-2001)**



Font: Bodansky, 2004.

**Figura 3. Evolució de les comandes de centrals nuclears a Espanya**



Font: Coderch i Almirón, 2008.

Des d'aleshores han transcorregut molts anys i sembla que això s'ha oblidat, però, zens trobem davant d'un entorn econòmic que permeti pensar que es donen les condicions per a un renaixement nuclear com el que s'està anunciant ja fa dos o tres anys, o bé és probable que es produeixi una repetició, potser accelerada, del que va ocórrer en la dècada de 1970?

### El panorama nord-americà

L'Administració de George W. Bush va llançar el 2002 el programa Nuclear Power 2010 per tal de reactivar les construccions nuclears als Estats Units, i va continuar amb l'Energy Policy Act (EPA) el 2005, que inclou un conjunt de mesures destinades a incentivar la construcció dels sis primers reactors d'una nova generació, mitjançant una combinació d'incentius fiscals, subvencions i avals estatals. Malgrat això, i transcorreguts ja tres anys des de l'entrada en vigor de l'EPA 2005, cap empresa ha pres encara la decisió de construir una nova central nuclear. Per què continua sense existir un sol projecte ferm de construcció d'una central nuclear als Estats Units? Les raons són, de nou, econòmiques i la sensació és d'un *déjà vu*: ningú no sap quant costaran les noves centrals i cada nova estimació supera amb escreix l'anterior en una espiral que sembla no tenir fi. Així ho confirma el *Wall Street Journal* quan afirma que “els elevats costos poden incrementar notablement la factura elèctrica i inevitablement encendran el debat sobre la capacitat de la indústria nuclear per satisfer les creixents necessitats energètiques” (Smith, 2008).

John Rowe, president d'Exelon Corporation i del Nuclear Energy Institute (NEI)<sup>3</sup>, explica l'estat d'ànim en què es troba la indústria nuclear nord-americana: “No podem deixar-nos portar per l'entusiasme de les notes de premsa (...) hem de crear expectatives realistes (...) el renaixement nuclear es desenvoluparà lentament (...) potser entre quatre i vuit centrals a partir del 2016. Si aquests primers projectes compleixen amb els seus calendaris i pressupostos, i si no tenen problemes de llicències i gaudeixen del suport del públic, podríem iniciar una segona onada de construccions, una vegada la primera onada entri en explotació comercial”. Però, “és difícil confiar en les estimacions de costos de les noves construccions (...) cap venedor està oferint preus certs i fins i tot les estimacions preliminars s'incrementen sense parar”. I pel que fa als terminis, “res refredaria més el renaixement nuclear que trobar-nos, després de 18 mesos d'haver iniciat una construcció amb 18 mesos de retard”, en una al·lusió clara a allò que ha passat a Finlàndia<sup>4</sup>. “Els costos espanten (...) especialment quan els comparem amb la capitalització i el valor de mercat de les empreses que han de construir (...) cap empresa es jugarà el seu futur en un sol projecte (...) necessitem formes de compartir el risc”. A més, “Yucca Mountain<sup>5</sup> està encallat i no hi ha hagut cap progrés en les alternatives (...) i el suport públic per a unes inversions multimilionàries continua suposant un risc que no podem ni controlar ni predir” (NEI, 2008).

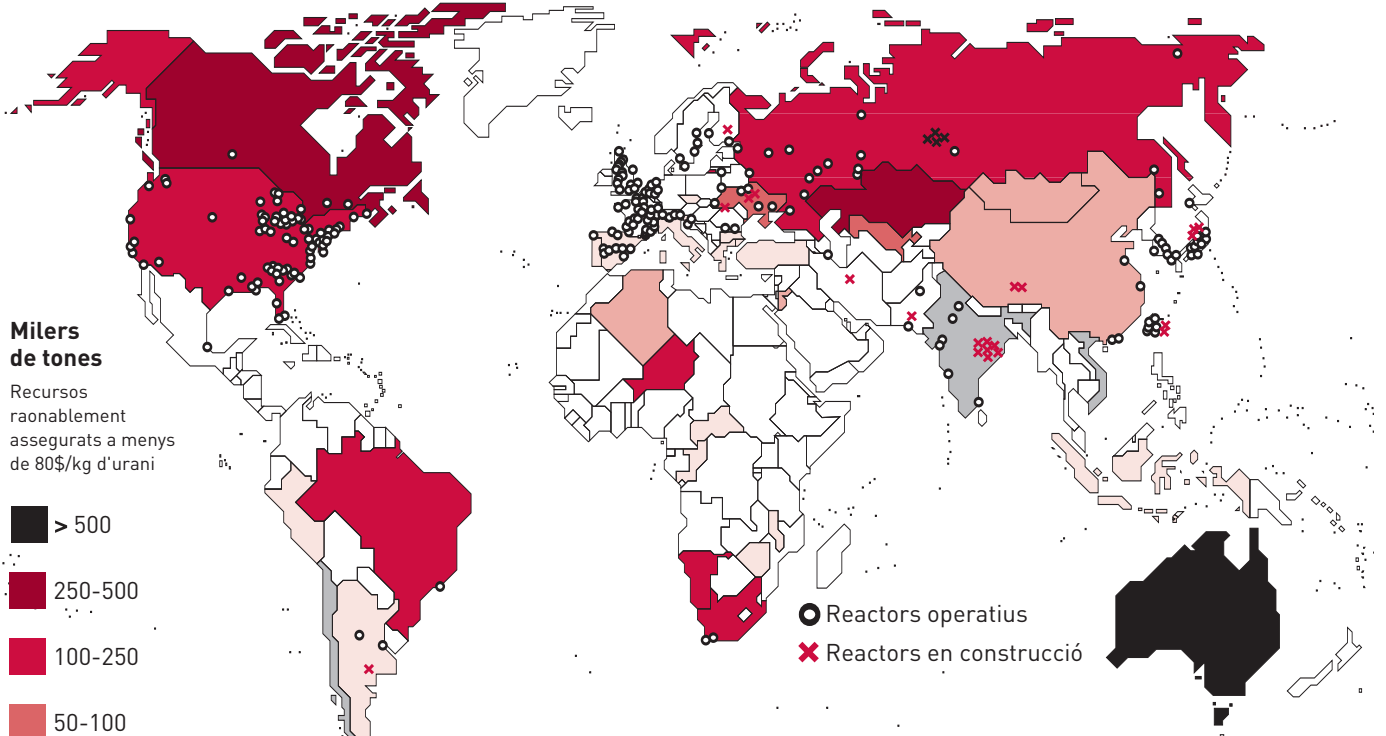
Resulta difícil sintetitzar millor els dubtes que existeixen sobre el programa nuclear nord-americà. Uns dubtes que es



Monument als bombers morts a l'accident de Txernòbil de 1986

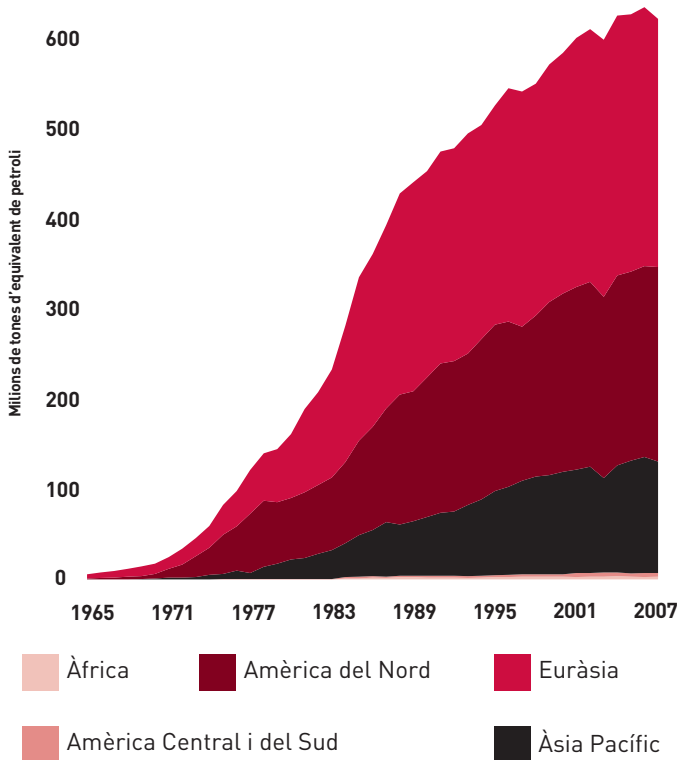


**Reserves provades d'urani (final de 2004)**

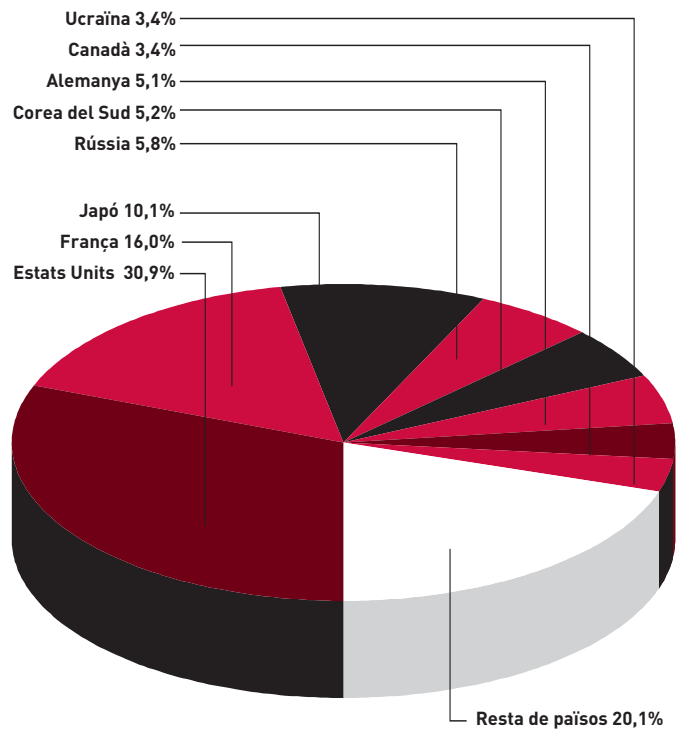


L'any 2004 el 63% de les demandes d'urani es va satisfer amb nova producció, el 37% restant procedia dels estocs acumulats abans de 1980. En els propers deu anys aquests estocs s'exauriran i la capacitat de producció s'haurà d'incrementar un 50% com a mínim per tal de satisfer les demandes. Tanmateix, però, les reserves assegurades per sota dels 40\$/kg en costos d'extracció s'esgotaran en els propers 30 anys si segueix el ritme de demanda actual, mentre que les que ho estan per sota dels 130\$/kg ho faran en 70 anys

**Evolució del consum mundial d'energia nuclear (1965-2007)**



**Distribució del consum mundial d'energia nuclear (2007)**



Elaboració Fundació CIDOB. Fonts: Energy Watch Group. *Uranium Resources and Nuclear Energy* a partir de l'AIEA/OCDE, EWG-Series No 1/2006, desembre 2006; *BP Statistical Review of World Energy*, juny 2008; IMMAN, Mason i BUCKHEIT, Kelly. "Nuclear Power's Expanding Territory". *Science*. Vol.309 No.5738. Washington D.C.: American Association for the Advancement of Science, 2005. P.1170-1171.

refereixen ja no a la possibilitat d'un gran programa de construccions per mitigar el canvi climàtic i el declivi dels combustibles fòssils, ni tan sols a quelcom menys ambiciós com la substitució dels 104 reactors actualment en funcionament, sinó a la simple possibilitat de construir els 25 o 30 reactors que John Rowe creu que són necessaris abans de l'any 2030 per no entrar en un declivi irreversible. Si això és així, és a dir, si ni tan sols sembla realista substituir el parc actual quan deixi de ser operatiu, quin sentit i quin objectiu té plantejar l'opció nuclear com a element decisiu en la resposta al canvi climàtic i al declivi dels combustibles fòssils?

I si a aquests dubtes i dificultats afegim que pel que fa al petroli, que ha quadruplicat el seu preu els últims quatre anys, —estem entrant en un període que pot ser similar al que va seguir al de la crisi de 1973 (amb una possible repetició de la *stagflation*<sup>6</sup> que va enfonsar la primera era nuclear, i amb un sistema financer instal·lat en una crisi de liquiditat) qualsevol intent seriós de renaixement nuclear sembla condemnat a avortar prematurament.

### L'energia nuclear no pot contribuir a mitigar el canvi climàtic

Però tot i que aquestes dificultats siguin transitòries i arribessin a solucionar-se, l'energia nuclear ni tan sols pot aspirar a ser una de les set “falques estabilitzadores” que Stephen Pacala i Robert Socolow de la Universitat de Princeton han identificat per reduir, amb cada falca, en 1 GtC/any les emissions d'aquí a 50 anys (Pacala i Socolow, 2004), i estabilitzar així la concentració atmosfèrica de CO<sub>2</sub> per sota de les 450 ppm (parts per milió). El Keystone Center, en un estudi finançat per la mateixa indústria nuclear, ha calculat què és el que caldria per aportar una d'aquestes falques estabilitzadores amb l'energia nuclear<sup>7</sup>:

- Construir una mitjana de 14 centrals noves l'any durant els pròxims 50 anys i aproximadament 7,4 centrals més, també cada any, per substituir el parc actual. En total, gairebé dues centrals al mes.
- Multiplicar per cinc la producció minera d'urani.
- Construir entre 11 i 22 plantes addicionals d'enriquiment d'urani per complementar les 17 plantes existents actualment al món.
- Construir 18 instal·lacions addicionals de fabricació de combustible nuclear, a més de mantenir les 17 existents.
- Construir 10 magatzems geològics profunds de la dimensió de Yucca Mountain per emmagatzemar el combustible gastat.

Qui defensi l'energia nuclear com a estratègia de mitigació del canvi climàtic, té l'obligació de presentar un pla mitjàment creïble per assolir aquests objectius que inclogui una estimació del seu cost total i de la forma com es financaria, ja que si no ho fa només planteja petits increments de capacitat nuclear justificant-los per un estalvi d'emissions que contri-

buïrien poc o gens a resoldre el problema global, mentre que es desviarien uns recursos que sí podrien destinar-se a altres solucions més eficaces. Cap dels defensors de l'opció nuclear ha acceptat, ara per ara, aquest repte i, per tant, mentre no ho facin conviden a pensar que el canvi climàtic i el declivi dels combustibles fòssils no són més que cortines de fum que utilitzen en un intent desesperat per salvar una indústria que està condemnada a desaparèixer. ●

#### Notes

1. N. de l'Ed.: GWe: Gigawatts (=10<sup>9</sup> W) d'electricitat.
2. Segons l'exministre d'Indústria, Juan Manuel Eguigaray: “És conegut que en ple procés de transició democràtica, el sector públic va haver de rescatar financialment les empreses elèctriques del país que s'havien embarcat en un procés d'inversió faraònic, derivat d'una planificació delirant, en absoluta contradicció amb les necessitats constatades de la demanda elèctrica a Espanya. La preferència per l'energia nuclear continguda en aquells plans va posar en marxa la construcció de més grups nuclears dels raonablement necessaris, el que va dur, per raons molt més financeres que de qualsevol altre tipus, a l'anomenada moratòria nuclear a partir de 1982 [sic]. Els costos de la paralització de projectes de construcció en curs, com també el sanejament financer de les empreses, van recaure sobre els consumidors durant llargs anys mitjançant recàrrecs pagats en el rebut de la llum”. “Reflexiones sobre la incertidumbre energética”. *Cuadernos de Energía*. No. 21 (juny 2008). Club Español de la Energía: [www.enerclub.es/frontEnerclubAction.do?action=viewCategory&id=40&publicationID=56271](http://www.enerclub.es/frontEnerclubAction.do?action=viewCategory&id=40&publicationID=56271)
3. N. de l'Ed.: Segons la seva pàgina web [www.exeloncorp.com](http://www.exeloncorp.com) Exelon Corporation és una de les empreses de serveis d'energia elèctrica més grans dels Estats Units. El Nuclear Energy Institute (NEI) és el lobby de la indústria nuclear nord-americana. Segons la seva pàgina web [www.nei.org](http://www.nei.org), el NEI té com a objectiu la formació de polítiques que promoguin les aplicacions beneficioses de l'energia nuclear i de les tecnologies nuclears als Estats Units i arreu del món.
4. El reactor que està en construcció a Olkiluoto (Finlàndia) ha passat de ser considerat el botó de mostra de la reactivació nuclear europea a exemplificar totes les dificultats amb què es poden trobar les construccions futures. Amb més de dos anys de retard i amb un sobrecost que el grup tecnològic-nuclear AREVA no s'atreveix a desvetllar però que s'estima en més d'un 70% dels 3.000 milions d'euros de pressupost tancat, el projecte va camí d'empènyer AREVA a una fusió amb Alstom per absorbir aquestes pèrdues. Es pot consultar a: [www.capital.fr/actualite/Default.asp?source=FI&Numero=68708](http://www.capital.fr/actualite/Default.asp?source=FI&Numero=68708).
5. N. de l'Ed.: Yucca Mountain és una serralada del sud-oest de l'estat de Nevada, a prop del desert de Mojave. És coneguda especialment perquè el Departament d'Energia dels Estats Units ha previst l'emmagatzematge de residus radioactius a les seves profunditats, qüestió que té els seus inicis el 1978, però que ha estat frenada en diverses ocasions.
6. N. de l'Ed.: Terme econòmic que s'ha traduït per “estanflació” i que significa estancament amb inflació.
7. “Nuclear Power Joint Fact-Finding”, The Keystone Center, 2007. Consultable a: [www.keystone.org/spp/documents/FinalReport\\_NJFF6\\_12\\_2007\(1\).pdf](http://www.keystone.org/spp/documents/FinalReport_NJFF6_12_2007(1).pdf)

#### Referències bibliogràfiques

- BODANSKY**, David. *Nuclear Energy: Principles, Practices and Prospects*. Nova York: Ed. Springer-Verlag, 2004.
- CODERCH**, Marcel i **ALMIRÓN**, Núria. *El espejismo nuclear: Por qué la energía nuclear no es la solución sino parte del problema*. Ed. Los Libros del Lince, 2008.
- LEAKE**, Jonathan. “The nuclear charm offensive”. *New Statesman*, 23 de maig de 2005. Consultable a: [www.newstatesman.com/200505230004](http://www.newstatesman.com/200505230004)
- NEI**. “Nuclear Energy 2008: State of the Industry”. Nuclear Energy Institute, 2008. Consultable a: [www.nei.org/newsandevents/speechesandtestimony/2008\\_speeches\\_and\\_testimony/rowespeech\\_050608/](http://www.nei.org/newsandevents/speechesandtestimony/2008_speeches_and_testimony/rowespeech_050608/)
- PACALA**, Stephen i **SOCOLOW**, Robert. “Stabilization Wedges: Solving the climate problem for the next 50 years with current technologies”. *Science*, Vol. 305 No. 55686. P.968-972 [2004]. Consultable a: [www.sciencemag.org/cgi/content/abstract/305/5686/968](http://www.sciencemag.org/cgi/content/abstract/305/5686/968)
- SMITH**, Rebecca. “New Wave of Nuclear Plants Faces High Costs”. *The Wall Street Journal*, 12 de maig de 2008. Consultable a: <http://online.wsj.com/article/SB121055252677483933.html>

## dCIDOB 106.

# Crisi energètica, cap a un final d'era.

100% renovables? Les opcions que ens ofereixen les energies renovables per al segle XXI.

Jaume Margarit i Roset

# 100% renovables?

## Les opcions que ens ofereixen les energies renovables per al segle XXI

**Jaume Margarit i Roset**

Director d'Energies Renovables,  
Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía (IDAE),  
Ministeri d'Indústria, Turisme i Comerç

### L'energia convulsa

Cada vegada és més freqüent fer referència al segle XX com el segle del petroli. I realment penso que és una denominació força adient si es té en compte el paper central que el *petra oleum* ha anat assumint en les societats desenvolupades al llarg del segle passat. Qui s'havia d'imaginar que aquell fluid viscos que brollava del terra o d'algunes pedres, que es va utilitzar inicialment per impregnar torxes o impermeabilitzar embarcacions, acabaria sent un dels recursos naturals més preuats i una font de poder capaç de mobilitzar els exèrcits més poderosos del planeta?

Els combustibles utilitzats per a calefacció, usos industrials o en els nostres vehicles, les matèries primeres a partir de les quals es fabriquen la immensa majoria de les substàncies plàstiques que coneixem, els fertilitzants que han augmentat la productivitat de l'agricultura, gran quantitat de productes farmacèutics, els lubricants, els pneumàtics, i un llarguíssim etcètera de productes que consideràrem bàsics per a la nostra societat, provenen del petroli.

I, de sobte, el preu del petroli ha començat a pujar fins arribar als seus màxims històrics en termes absoluts. Totes les perspectives de preus del petroli que es feien en la dècada dels anys noranta i, fins i tot fins l'any 2005, apuntaven cap a uns preus del petroli entorn dels 25 dòlars/barril. Però avui (juliol de 2008), el petroli es mou entre els 130 i els 150 dòlars/barril.

I el més sorprenent és que, en aquest cas, la crisi no sembla provocada, sinó que respon a una situació de debilitat estructural, de revisions a la baixa de les reserves, de reduccions de la producció dels jaciments més importants, de dificultats en augmentar la capacitat de producció, d'una demanda mundial

amb una tendència molt forta a l'alça, d'un dèficit acumulat d'inversions en refinatge i de manca de vaixells, etc. Algunes d'aquestes debilitats es poden superar amb les inversions i la voluntat necessàries però d'altres tenen una sortida més complicada.

### Bé, d'acord. Però ... que hi ha algú més?

Davant d'aquesta realitat, la primera reacció enfront d'una possible fallada del petroli com a sosteniment energètic de la nostra societat i de la nostra economia, és mirar cap a les alternatives disponibles. Una de les primeres opcions que s'haurien de valorar és la del gas natural. Aquest combustible ha pres una rellevància molt notable els darrers 30 anys, especialment en la generació elèctrica dels països desenvolupats però, també, en els usos industrials i domèstics, com a substitut dels productes petrolífers.

No obstant això, analitzat a escala global i tenint en compte que les reserves de gas natural acceptades són del mateix ordre que les de petroli, aquest vector energètic no aporta una alternativa molt més sòlida que el petroli a llarg termini. La seva aportació a curt i mig termini pot ser, tanmateix, determinant.

El cas del carbó és força diferent, ja que el nivell de reserves d'aquest combustible és molt superior al del petroli i el gas natural. El carbó, realment, podria ser una opció que es podria considerar a mig termini, però caldria trobar una solució tècnica i econòmica acceptable a les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle produïdes per la seva utilització. Tot i els importants avenços tecnològics en aquests camps, hi ha força incerteses respecte de la seva viabilitat.



© Ryan McD

## Hem passat massa temps subratllant les dificultats de l'aplicació massiva de les energies renovables, sense adonar-nos que són les fonts energètiques de què disposem

També cal considerar l'energia nuclear com a alternativa al petroli. Aquest vector podria augmentar la seva participació, però els recursos d'urani amb uns costos d'extracció raonables no són tampoc molt rellevants. Cal tenir en compte que actualment l'energia nuclear és responsable d'un 10% de la producció elèctrica mundial que, al seu torn, representa un 15% del consum energètic mundial. Multiplicant aquestes reserves per 20, només podríem cobrir la demanda energètica actual durant algunes dècades. La disponibilitat comercial de les centrals nuclears de quarta generació podria donar un potencial molt més gran a l'energia nuclear, però això no es preveu abans de 40 anys, com a mínim.

A més cal tenir en compte que les alternatives d'energies convencionals estan experimentant un efecte d'indexació<sup>1</sup> directe o indirecte al preu del petroli, de manera que els efectes dels preus de l'energia sobre l'economia no es veurien alleugerits per una aposta per aquests vectors energètics.

### I les renovables? Per què no?

Davant d'aquestes perspectives tenim les energies renovables, que, pel que fa al seu potencial en brut, es podrien fer càrrec del subministrament energètic de la nostra societat. A tall d'exemple, la radiació solar que incideix sobre la superfície de la Terra en una hora és equivalent a tot el consum mundial d'energia en un any i la calor emmagatzemada en la crosta terrestre és unes 100.000 vegades el consum mundial d'energia en un any.

Espanya, com molts dels països desenvolupats, no té unes reserves gaire importants d'energies convencionals. Però en tenim de renovables. Aleshores, per què no apostem per aquestes energies per moure la nostra societat? Hi ha moltes respostes possibles a aquesta pregunta: són molt cares, no s'integren adequadament en els sistemes de transport d'energia, les tecnologies no funcionen bé, etc.; tanmateix, es poden rebatre, una a una, sobretot si l'anàlisi és a mig o llarg termini.

Hem passat massa temps subratllant les dificultats de l'aplicació massiva d'aquestes tecnologies, sense adonar-nos que són les fonts energètiques de què disposem i que poden representar una opció tecnològica i industrial que situï Espanya en una posició preeminent a escala mundial.

No obstant això, aquestes tecnologies han de millorar a curt termini. Algunes com l'energia hidroelèctrica, que ja és molt madura, o l'eòlica, que ha tingut una evolució molt ràpida els darrers 15 anys i ja és molt a prop de la competitivitat amb els sistemes convencionals de generació elèctrica, han de ser l'exemple a seguir per altres renovables, com la solar fotovoltaica, la termoeelèctrica, la geotèrmica o la força de les onades, que estan en l'inici d'aquest camí vers la competitivitat.

## La política energètica

Però les decisions sobre el sistema energètic no es poden prendre només des de la perspectiva energètica. L'energia, efectivament, és necessària per al funcionament de la nostra societat, però no és un fi en si mateixa. Les nostres necessitats energètiques depenen del nostre consum, dels nostres desplaçaments, del confort que necessitem, etc. Per tant, tots els àmbits de govern tenen implicacions en l'ús de l'energia i, a l'inrevés, les decisions que es prenen en l'àmbit de l'energia poden afectar totes les altres polítiques sectorials.

És per això que la política energètica es desenvolupa entorn de tres eixos. El primer és la seguretat de subministrament. És evident que assegurar la disponibilitat de l'energia, en la quantitat i amb la qualitat que la nostra societat necessita per desenvolupar-se, ha de ser l'objectiu fonamental de tota política energètica.

El segon eix és el de la competitivitat. L'energia ha de contribuir a la competitivitat de la nostra economia des d'una doble perspectiva. En primer lloc, s'ha d'assegurar que el seu preu, un factor de cost de totes les activitats econòmiques, no afecti negativament la competitivitat i, si pot ser, que la millori. I en segon lloc, s'ha de fomentar que el sector energètic mateix sigui un motor de la nostra economia.

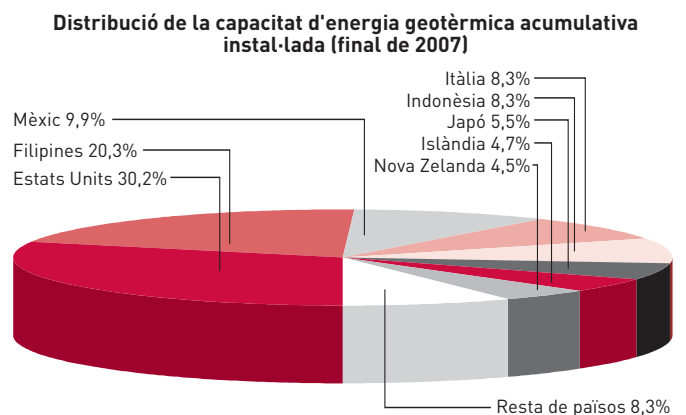
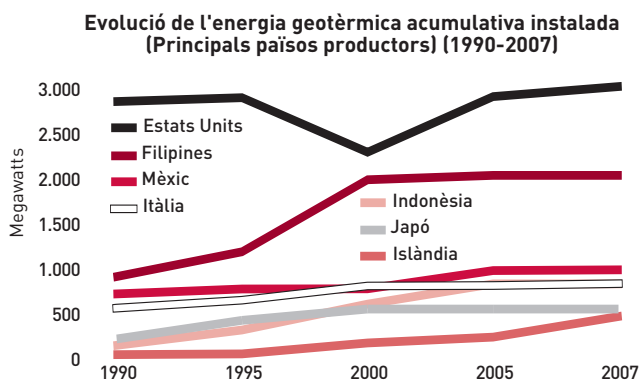
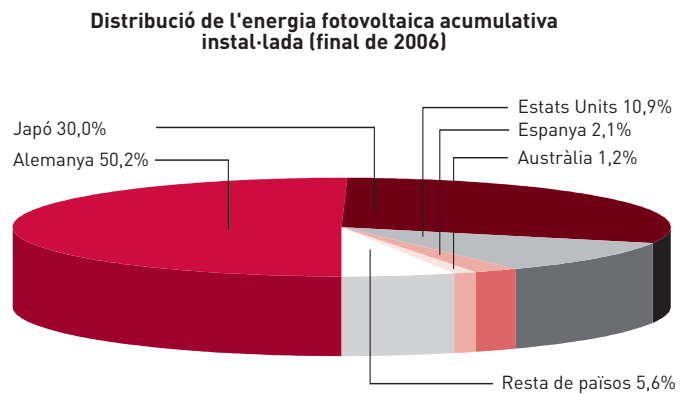
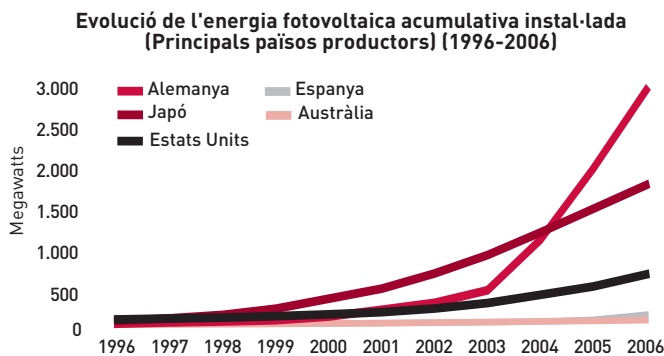
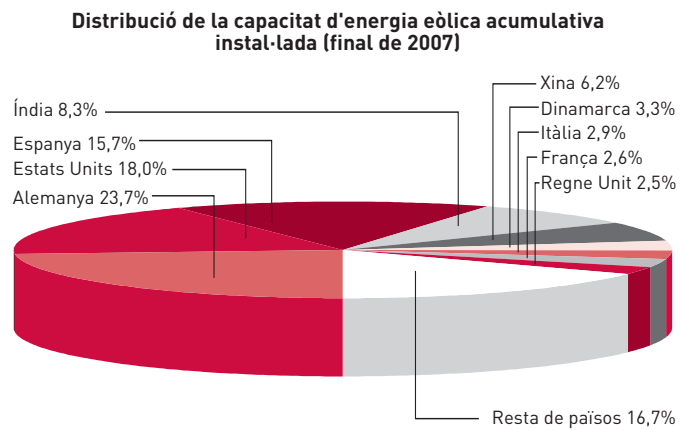
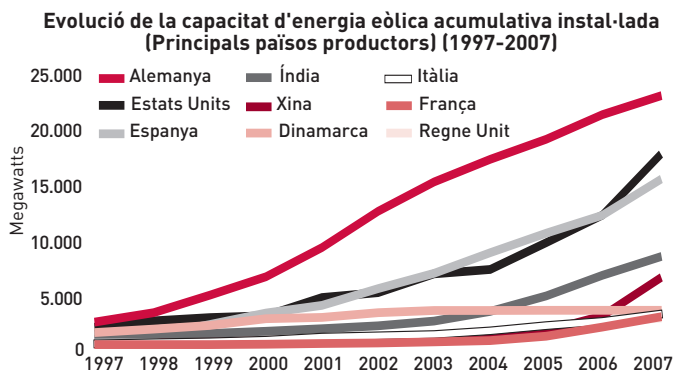
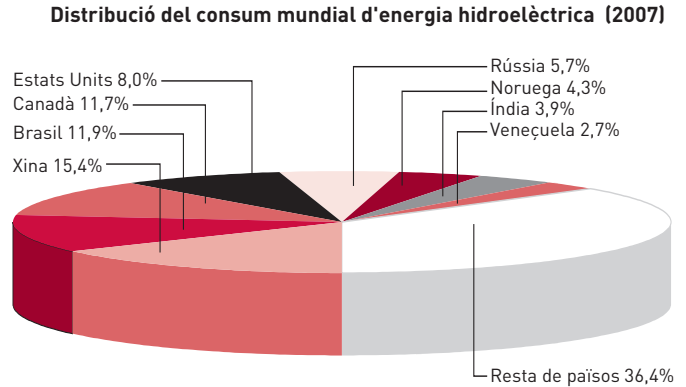
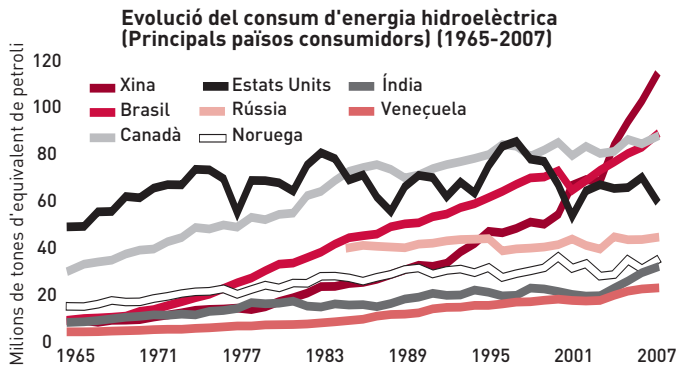
El tercer eix és el de la compatibilitat ambiental. El cicle energètic és responsable d'un bon nombre d'afectacions ambientals. Cal que la política energètica assegni la màxima compatibilitat de la producció, transformació, transport i ús de l'energia amb la preservació del medi ambient. Pel que fa al canvi climàtic, l'energia és responsable d'unes tres quartes parts dels gasos amb efecte d'hivernacle que s'emeten a l'atmosfera.

## L'aposta per les renovables

En aquest context, l'aposta per les energies renovables és del tot adient. D'una banda, és evident que contribueixen a la seguretat de subministrament. La major part són energies autòctones, llevat de la possible importació de matèries primeres per a la producció de biocarburants o d'altres biomasses. Per tant, redueixen la nostra dependència energètica exterior i, fins i tot en el cas de compres a l'exterior, milloren la nostra posició internacional en diversificar els països d'origen de les importacions d'energia primària.



**Principals energies renovables: producció i consum**



Elaboració Fundació CIDOB. Font: BP Statistical Review of World Energy, juny 2008

Pel que fa a la competitivitat, les energies renovables també poden tenir una contribució decisiva, malgrat que actualment encara necessitin suport econòmic per ser competitives. Si van evolucionant tecnològicament i optimitzant els seus costos, com han fet l'energia hidroelèctrica o l'èolica, per exemple, la seva contribució a la competitivitat de la nostra economia, en un futur de preus energètics elevats, pot ser decisiva. I si, tal com s'està fent a Espanya, aquesta evolució va acompanyada del desenvolupament d'un sector industrial i econòmic competitiu a escala mundial, l'aportació de les renovables a la competitivitat de la nostra economia encara serà molt superior.

Pel que fa a la compatibilitat ambiental de les energies renovables, la seva contribució és molt evident, malgrat el missatge interessat que s'ha estat enviant darrerament respecte de la debilitat dels biocarburants en aquest aspecte. Evidentment, els aprofitaments d'energies renovables han de ser sostenibles ambientalment, però també socialment i econòmicament, i s'han comès errors. Però cal acceptar que malgrat que la seva afectació ambiental no sigui nul·la, en tots els casos representen un estalvi respecte de les fonts energètiques convencionals i poden contribuir d'una manera molt important a la sostenibilitat del nostre sistema energètic i, en general, de la nostra societat.

No obstant això, per aconseguir que les energies renovables tinguin un paper protagonista en el sistema energètic del futur, caldrà encaixar-les adequadament en el marc tècnic, social i legal en què s'han de desenvolupar. Així, caldrà reflexionar sobre si l'ordenament jurídic i l'esquema conceptual del sector energètic és el més adequat per aconseguir aquest objectiu. Properament, amb la redacció de la Llei d'estalvi i eficiència energètica i energies renovables que vol tirar endavant el Govern de l'Estat, s'hauran de començar a abordar aquestes qüestions tot i que cal ser conscients que les modificacions substancials d'aquest ordenament no són senzilles i requeriran molta reflexió i molt temps per portar-se a terme.

## Perspectives de les tecnologies renovables

A continuació farem un brevíssim repàs a les principals línies d'evolució de les diferents energies renovables, tot començant per la biomassa, la primera energia que va utilitzar l'home i l'eterna promesa que no acaba de prendre embranzida, almenys a casa nostra.

És conegut i acceptat que la *biomassa*, sigui d'origen forestal o agrícola, té un potencial energètic important i que el seu aprofitament pot tenir efectes positius pel que fa a la gestió forestal, al manteniment de la població en les zones rurals i a l'activitat econòmica. Les línies de futur de les tecnologies associades al seu aprofitament són nombroses, i van des de la millora de les calderes i el desenvolupament de maquinària d'explotació forestal adaptada a la realitat dels nostres boscos, passant pel desenvolupament comercial de les tecnologies de gasificació de la biomassa, fins a la producció d'etanol a partir de residus lignocel·lulòsics o al con-

cepte més genèric de biorefineria, que permetria obtenir productes energètics, farmacèutics, lubricants, matèries plàstiques, etc., a partir de la biomassa.

En el sector *hidroelèctric*, les possibilitats de futur són més limitades, tenint en compte el gran desenvolupament que ha tingut aquesta tecnologia des del final del segle XIX, que ha fet que la major part del potencial disponible ja s'estigui aprofitant. No obstant això, cal avançar en la millora dels aprofitaments per fer-los compatibles amb la millora dels rius i amb la realitat de la tendència a la baixa dels recursos hídrics, especialment greu en algunes conques com les catalanes, per assegurar-ne el manteniment. Un camp interessant de futur en aquest àmbit serà el desenvolupament d'una major capacitat de centrals reversibles, que poden aportar al sistema elèctric una major capacitat per augmentar l'aportació de les tecnologies elèctriques no gestionables com poden ser l'èolica o la solar fotovoltaica.

Pel que fa a l'*energia solar*, les línies de futur són nombroses, i això és molt bo. L'àmbit de les tecnologies solars que està evolucionant més lentament és el de la solar tèrmica de baixa temperatura, ideal per a la producció d'aigua calenta sanitària i calefacció. Tot i això, l'obligació d'instal·lar aquests equips en les noves edificacions i la millora de les perspectives de la refrigeració solar, ens permeten ser optimistes respecte de la seva evolució. Pel que fa a les tecnologies fotovoltaïques, tot i que les tecnologies actuals basades en el silici han anat millorant —lentament— els darrers 20 anys, són moltes les possibilitats que ofereixen els sistemes de concentració fotovoltaica o la capa fina. Les expectatives són de grans reduccions en els costos d'aquesta tecnologia durant els propers anys. Finalment, en el camp de l'anomenada solar termoeleèctrica és on, potser, hi ha més esperances dipositades. Aquestes tecnologies, en les seves tres variants (torre, cilíndric-parabòliques i discs Stirling), tot i ser tecnologies amb una implantació comercial gairebé nul·la, porten molts anys de recerca i d'evolució en centres especialitzats com la Plataforma Solar d'Almeria, una referència a nivell mundial. Actualment, la tecnologia cilíndric-parabòlica sembla tenir una aplicació comercial més immediata, tot i que la tecnologia de torre també ha evolucionat molt (Espanya té en funcionament la primera central de torre comercial del món) i els discs Stirling tenen un gran camp de millora que els pot fer molt competitiu i amb moltes possibilitats d'aplicació gràcies a la seva modularitat. Tot això, acompanyat de les possibilitats que ofereix l'emmagatzematge de calor en sals foses i que pot fer gestionables elèctricament les centrals de torre i cilíndric-parabòliques —que tindrà la seva primera aplicació comercial a l'Estat espanyol— fan que les expectatives de les tecnologies solars siguin immillorables.

L'*energia èolica* és un exemple a seguir per la seva ràpida evolució que l'ha portada a les portes de la competitivitat amb les tecnologies convencionals de generació elèctrica. Tot i això, els reptes tecnològics que poden acabar de definir la seva evolució futura és l'adaptació de les turbines a projectes en el mar, un entorn més complicat per tirar endavant els parcs èolics, però amb un bon potencial per explotar i, també, la capacitat



d'integrar-se en un sistema elèctric. Camps que s'estan explorant relacionats amb l'emmagatzematge d'electricitat com poden ser els electrolitzadors i les piles de combustible poden ampliar l'horitzó d'aquesta tecnologia, almenys en països com el nostre, que tenen l'objectiu d'augmentar la participació de les energies renovables fins a percentatges molt elevats.

El *biogàs*, obtingut per digestió anaeròbia de matèria orgànica, pot tenir un paper interessant en el futur, tant pel potencial energètic que presenta, inferior al dels vectors anteriors, com per la contribució que pot fer a la gestió dels residus. Aconseguir una gestió coordinada de residus adequats per a la codigestió, millorar l'aprofitament tèrmic dels sistemes orientats a la generació elèctrica i avançar en els sistemes de neteja que permetin la introducció del biogàs en la xarxa de distribució de gas natural o la seva utilització en vehicles, són els reptes més significatius per a aquest vector energètic.

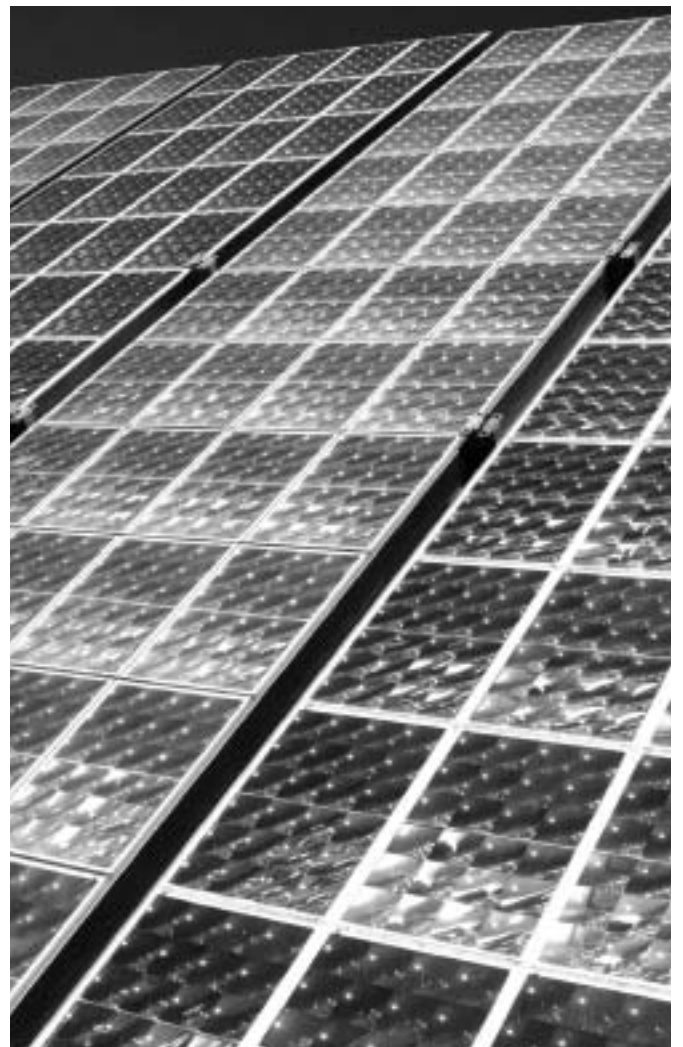
La utilització a gran escala dels *biocarburants* contribuirà a la reducció de les importacions de petroli, a la reducció d'emissions i a la diversificació en el sector dels transports, el de major consum i que creix més ràpidament a casa nostra. No obstant això, els biocarburants han d'encarar alguns reptes per tenir aquesta rellevància. Cal produir-los a partir de matèries primeres no alimentàries i, per tant, cal impulsar els anomenats biocarburants de segona generació com l'etanol, produït a partir de residus de biomassa, o el biodièsel, obtingut a partir d'olis vegetals no alimentaris com la jatrofa (*Jatropha curcas*) o el ricí (*Ricinus communis*). El desenvolupament del concepte BTL (*Biomass To Liquids*, en anglès) també pot obrir moltes portes a la producció de nous carburants a partir de matèria orgànica. Cal destacar també en aquest apartat, com de la mateixa manera es podria fer en altres, la importància que poden tenir en el futur les algues com a matèria primera per a la producció de biocarburants, com a biomassa susceptible de ser aprofitada energèticament o com a matèria d'entrada de futures biorefineries.

La *geotèrmia* és un vector energètic renovable que va ser força estudiat durant els anys setanta i vuitanta, arran de les anomenades crisis energètiques, però que es va anar abandonant per les dificultats inherents al seu aprofitament i pel contra-xoc petroler. No obstant això, actualment, s'obren bones perspectives per a aquesta energia renovable que, cal recordar, és la segona font energètica més abundant de què disposa la humanitat. Actualment, les línies més prometedores són els sistemes de roca seca i dura o HDR (*Hot Dry Rock*), i els sistemes estimulats o EGS (*Enhanced Geothermal Systems*), adequats per a aprofitaments a grans profunditats i elevades temperatures. La utilització de la geotèrmia de molt baixa temperatura per a la calefacció d'edificis mitjançant bombes de calor geotèrmiques també ofereix moltes possibilitats en el sector dels edificis.

Un altre vector energètic, que es va considerar arran de les crisis del petroli i que posteriorment es va anar abandonant i que ara torna a ser força interessant, és l'*energia del mar*, en qualsevol de les seves múltiples formes, de les quals l'energia de les mareas i de les onades són les més rellevants. En el cas

d'Espanya, l'energia de les onades sembla la més interessant, especialment en el mar Cantàbric. En aquest camp, s'ha de dir que les empreses espanyoles també s'estan situant en primera línia a escala mundial, amb moltes iniciatives en marxa i amb un grapat de tecnologies en fase de desenvolupament que presenten molt bones expectatives.

Finalment, cal comentar el paper que poden tenir els *residus* en el balanç energètic del futur, ja sigui la Fracció Orgànica dels Residus Sòlids Urbans (FORSU), o altres residus que no tenen per què ser d'origen biològic, però que presenten un potencial energètic que no s'ha de menystenir gens. Malbaratar-los enviant-los a l'abocador serà un luxe que no ens podrem permetre en el futur.



**Entrem en una fase transitòria de convivència necessària entre les energies renovables i les convencionals**

## 100% renovables?

Per valorar aquesta pregunta, falta una dada molt important: el temps. En quin horitzó pensem tenir el 100% d'energies renovables? Com més llarg sigui el termini, més probabilitats hi ha que la resposta a la pregunta sigui afirmativa. Però per apropar-nos a aquesta qüestió, podem analitzar el camí que hem seguit i els objectius que tenim a curt termini.

Els darrers 10 anys, el percentatge de les renovables a Espanya en termes d'energia primària ha estat molt constant, entorn del 7%, amb una forta dependència de la hidraulicitat. Això no vol dir que les renovables no hagin progressat, però ha resultat que la demanda d'energia també ha augmentat molt, d'acord amb la progressió de la nostra economia i del nostre nivell de vida.

El Pla d'Energies Renovables 2005-2010 preveu que el percentatge d'energies renovables sigui del 12% l'any 2010, passant d'un consum de 9,7 Mtep (megatonnes d'equivalent en petroli) l'any 2004 a 20,2 Mtep l'any 2010. Per tant, per passar del 7% actual al 12% previst, cal augmentar en un 108% el consum de renovables. I tot això considerant una millora de l'eficiència energètica molt superior a la que es registrava els anys anteriors. I en l'horitzó de l'any 2020, tot apunta que l'objectiu per a Espanya serà de l'ordre del 20%. No cal dir la dificultat d'aconseguir aquest objectiu tenint en compte la trajectòria seguida, però els canvis tecnològics i la confiança que està demostrant la societat espanyola envers les energies renovables fan que aquest objectiu sigui realitzable.

En el cas de l'electricitat, aconseguir un objectiu elevat sembla més fàcil. Actualment, les renovables representen un 20% de la producció elèctrica, el Pla d'Energies Renovables preveu un 30% l'any 2010 i, possiblement, per aconseguir un 20% d'energia primària l'any 2020, faci falta una contribució de les renovables entorn del 40% de la generació elèctrica.

Aquests horitzons temporals, evidentment, es poden reduir sempre que les condicions de contorn, com ara l'evolució de l'economia, els preus de l'energia o la lluita internacional contra el canvi climàtic, per exemple, així ho aconsellin. Amb la perspectiva actual, doncs, aconseguir l'objectiu del 100% de renovables necessitaria d'uns quants decennis, en el millor dels casos.

Per tant, entrem en una fase de *convivència* necessària entre les energies renovables i les convencionals. Aquesta situació transitòria ha de suposar una convivència harmònica entre totes les fonts energètiques. Entre altres coses, perquè les renovables també necessiten de temps per poder anar assumint un major protagonisme.

Fins d'aquí a molts anys no ens podem plantejar l'objectiu del 100% de renovables, però, té sentit plantejar-s'ho? El pes de les renovables ha de ser el més convenient per a la societat, tenint en compte el conjunt dels tres eixos de la política energètica comentats. L'excés de preu de l'energia que podria suposar una aposta excessiva per a unes energies o unes altres i l'afectació sobre les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle o sobre la seguretat de subministrament, seran els arguments que ens faran decidir per la participació idònia de les energies renovables.

## Conclusió

Més enllà de posicions de caire ideològic, les energies renovables han de ser les fonts energètiques del segle XXI, del segle XXII, etc., i, en general, el futur energètic de la nostra societat. I aquest és un futur que hem de tenir molt present. Com deia Sèneca, "no hi ha vents favorables per aquell que no sap a on va". No obstant això, el camí que hem de seguir per arribar-hi i el temps que hi haurem d'esmerçar, dependrà dels condicionants de la política energètica comentats.

Les energies renovables estan disposades a agafar el protagonisme. Les empreses productores d'aquestes tecnologies, els centres de recerca, els promotors, els tecnòlegs, etc., estan convençuts del gran futur de les energies renovables i ja han fet la seva aposta. Però farà la mateixa aposta el conjunt de la societat?

Aconseguir la major participació possible de les energies renovables en la cobertura de la nostra demanda energètica depèn de nosaltres mateixos. Si som capaços de desenvolupar-les perquè ens puguin oferir un major potencial tècnic i econòmic; si valorem els avantatges que ens ofereixen, tot sent conscients dels seus problemes, de manera que tinguin un alt grau d'acceptació social; si som capaços de canviar la nostra visió del progrés i del desenvolupament per adaptar el nostre desenvolupament als recursos de què podem disposar, etc., les energies renovables tenen un futur esplèndid a casa nostra. Arribaran al 100%? No ho sé. En tot cas, el pes de les renovables el decidirem entre tots. ●

### Nota

1. Efecte d'arrossegament que les pujades o baixades del preu del petroli tenen en altres fonts energètiques com el gas natural o el carbó, tot i que no hi hagi cap mecanisme directe que els relacioni.

### Referències bibliogràfiques

**IDAE.** Plan de Energías Renovables 2005-2010. [www.idae.es](http://www.idae.es)  
**TESTER,** Jefferson W. et al. *Sustainable Energy. Choosing among options.* Cambridge: The MIT Press, 2005.

## dCIDOB 106.

# Crisi energètica, cap a un final d'era.

Biocombustibles i crisi alimentària. Paradoxes de les polítiques energètiques.

Lluís Batet i Enric Velo

# Biocombustibles i crisi alimentària

## Paradoxes de les polítiques energètiques

**Lluís Batet i Enric Velo** Grup de Recerca en Cooperació i Desenvolupament Humà, Universitat Politècnica de Catalunya

Durant els últims mesos els mitjans de comunicació s'han fet ressò de les alertes d'una crisi alimentària imminent que s'han llençat des de diversos organismes (principalment des de Nacions Unides, governs de països en desenvolupament i ONG). Però, la gana no és un fenomen nou. En el passat, els desplaçaments massius a causa de conflictes armats, les males collites (per la sequera o altres causes), les catàstrofes naturals i la pobresa extrema han causat la mort de milions de persones cada any per motius relacionats amb la desnutrició. Segons dades de l'Organització de les Nacions Unides per a l'Agricultura i l'Alimentació (FAO), a principi de l'actual dècada la desnutrició afectava 854 milions de persones (820 milions en països en desenvolupament) (FAO, 2006).

La importància d'aquest problema queda palesa quan, l'any 2000, l'Assemblea General de Nacions Unides situa "l'eradicació de la pobresa extrema i la fam" com el primer dels vuit Objectius de Desenvolupament del Mil·lenni. Una de les fites proposades de cara a l'any 2015 és reduir a la meitat la proporció de persones que pateixen fam respecte de 1990. No obstant això, des de 1990-1992 aquesta xifra només ha disminuït en tres milions (FAO, 2006). Malgrat que la proporció de persones que pateixen fam al món s'ha reduït d'un 20% a un 17% —a causa del creixement de la població global—, el camí seguit fins ara no és encoratjador.

Un dels factors importants que cal analitzar és la producció d'aliments a escala global. A la fi del segle XX, la superfície cultivada no arribava a doblar la de l'any 1900, mentre que la població del planeta s'havia multiplicat gairebé per quatre durant el mateix període. Malgrat aquesta desproporció, la producció agrícola global va passar d'unes 2.500 quilocalories per persona i dia

(kcal/hab/dia) (poc més del necessari per a la subsistència) a unes 5.000. Aquest augment s'ha aconseguit gràcies al fet que el rendiment d'una hectàrea de terra cultivada s'ha multiplicat per quatre (Smil, 2003). Disposar de més producció agrícola per persona té el benefici addicional de permetre l'engreix de bestiar (alimentar-se amb carn requereix més superfície cultivada que fer-ho directament amb vegetals); fins a un 40% de les collites a nivell mundial es destinen actualment a aquesta finalitat (Smil, 2003). Vist, doncs, des d'una perspectiva global, a començament del mil·lenni no semblava que la producció d'aliments hagués de ser un factor limitant en la lluita contra la desnutrició.

### Un món, moltes realitats

La disponibilitat d'aliments a escala global, però, no garanteix per si mateixa la disponibilitat per al seu consum en totes les regions del planeta. Efectivament, existeix un repartiment desigual dels aliments disponibles entre diferents regions i països. Per mesurar la magnitud d'aquesta desigualtat es quantifica el menjar que arriba al mercat minorista en termes d'energia per persona i dia (és el que s'anomena *Dietary Energy Supply*, DES). En els països industrialitzats, el DES<sup>1</sup> acostuma a estar molt per damunt de les 3.000 kcal/hab/dia. Per exemple, a principi del segle XXI, a Espanya, el DES era de 3.410 kcal/hab/dia, valor molt semblant a la mitjana dels països de l'Organització per a la Cooperació i el Desenvolupament Econòmic (OCDE) i lleugerament inferior al valor dels Estats Units. Aquestes xifres contrasten amb les 2.700 kcal/hab/dia com a mitjana als països en desenvolupament, que es redueix

a 2.200 a l'Àfrica Subsahariana i 1.520 a Eritrea, un dels països que pateix fam crònica (FAO, 2006).

La superfície que els països dediquen a conreus no justifica aquest desequilibri. La major disponibilitat d'aliments en els països més rics s'explica, d'una part, per la major intensitat energètica de l'agricultura i, de altra, per la capacitat que tenen les economies més fortes d'adquirir productes en el mercat internacional.

Efectivament, els països amb més recursos dediquen una gran quantitat d'energia a l'agricultura, no només en maquinària i bombeig d'aigua, sinó també en fertilitzants, que representen la meitat de l'energia dedicada als cultius. L'ús de l'energia en l'agricultura explica per què s'ha pogut multiplicar per vuit la producció d'aliments al món durant el segle XX: el consum energètic del sector va augmentar en un factor 150 en el mateix període (Smil, 2003). L'any 2000, el consum d'energia en el sector agrícola a escala mundial va ser de 360 milions de tones equivalents de petroli, poc menys d'un 4% del consum mundial d'energia (Smil, 2003).

En un món globalitzat els països amb més recursos tenen més capacitat d'adquirir productes alimentaris en el mercat internacional. Aquest fet, però, presenta inconvenients. En països exportadors amb elevada incidència de la pobresa, l'explotació agrària pot tendir a produir el que demanen els mercats internacionals i no els aliments que necessiten els seus habitants; fins i tot a derivar als mercats internacionals els aliments que els seus habitants afectats per desnutrició no poden pagar.

## Pobresa i fam

Amartya Sen (Premi Nobel d'Economia l'any 1998) sosté que les epidèmies de fam no es produeixen per falta de menjar sinó per la pobresa. Sovint, fins i tot a la regió on es declara la crisi alimentària hi ha excedents de menjar que els locals no poden pagar i els propietaris de les explotacions agrícoles venen a altres llocs<sup>2</sup>. Els 854 milions de persones que a principi del segle XXI estaven afectades per desnutrició crònica no són una excepció: per exemple, una mala collita per a un agricultor de subsistència li representa no només produir poc aliment sinó que la seva pobresa l'impossibilita de comprar-ne en el mercat.

Sí, que hi hagi milions de persones que passin fam no és nou. Per què, doncs, el rebombori dels mitjans de comunicació? Doncs, perquè la situació apunta cap a pitjor: hi ha senyals que indiquen que el nombre de persones afectades per la fam augmentarà i que les ja afectades patiran més (Afganistan, Iraq, Haití, Mauritània, Bangladesh, Etiòpia i altres països de la banya d'Àfrica, etc.).

Si fins ara es podia pensar que el menjar produït al món era abundant, però mal repartit, ara sembla que els temps de l'abundància s'han acabat. Els preus dels principals aliments en els mercats internacionals han augmentat marcadament des de 2006 i estan en els nivells més alts dels últims trenta

anys (FAO, 2008). El llindar de pobresa, per sota del qual les famílies són incapaces de fer front a les despeses d'alimentació, ha pujat.

## L'augment del preu dels aliments

Les causes de l'augment de preus són diverses i, pel que fa a l'oferta, inclouen: l'augment del preu del petroli, que influeix tant en el preu de l'energia utilitzada en tota la cadena agrícola com en el cost dels fertilitzants; la disminució en la producció dels conreus per causes climàtiques: segons un document informatiu de la FAO per a la Conferència de Roma del propassat mes de juny (FAO, 2008), la producció de cereals dels principals països exportadors va disminuir els anys 2005 i 2006 en un 4% i un 7% respectivament; i la disminució de les reserves mundials de gra i de llavors oleaginoses (FAO, 2008).

Pel que fa a la demanda, les causes són: l'augment de la població mundial (cada any la població mundial augmenta aproximadament en 70 milions de persones, majoritàriament en països en desenvolupament i països empobrits); el canvi en els hàbits alimentaris dels habitants de països emergents; i la competència amb altres usos, com ara la producció de biocombustibles.

De cara al futur, la incertesa més gran pel que fa a l'oferta està en el preu de l'energia. Com s'ha esmentat anteriorment, cal energia per operar la maquinària i també per obtenir fertilitzants. El preu del gas natural, lligat al del petroli, representa entre un 75% i un 90% del cost de producció dels adobs. Un augment del preu dels fertilitzants podria tenir un efecte considerable en el preu del menjar en països en desenvolupament, a causa d'una disminució de l'ús dels adobs i, per tant, del rendiment del sòl (Banc Mundial, 2007).

Respecte a la demanda, la derivació de cultius cap a la fabricació de biocombustibles és el factor que més pot determinar el preu dels aliments. Segons l'International Food Policy Research Institute (IFPRI), els biocombustibles són responsables d'un 30% de l'encariment del menjar. Les projeccions indiquen que el creixement de la demanda de biocombustibles pot fer pujar el preu del blat de moro en un 40% (ja corregida la inflació) d'ara fins al 2020, afectant de retruc el preu d'altres productes substitutius (Banc Mundial, 2007).

## Biocombustibles

S'anomena biocombustibles als combustibles que provenen d'una font biològica (sigui natural o cultivada). La denominació inclou combustibles sòlids (com ara la llenya o el carbó vegetal), gasosos (com ara el biogàs), i líquids (olis vegetals, bioetanol i biodièsel). Ara per ara, són els biocombustibles líquids o biocarburants els únics utilitzats de manera sensible en el transport terrestre<sup>3</sup>.



## La producció de biocombustible afecta negativament la disponibilitat d'aliments, ja que competeix per la terra, l'aigua i altres recursos productius

Pel seu origen vegetal o animal, els biocombustibles estan classificats dins de les anomenades energies renovables. Els vegetals obtenen el seu contingut energètic a partir de l'energia dels rajos solars; en créixer, les plantes van acumulant energia mentre capturen el carboni de l'atmosfera. L'etanol es produeix principalment a partir de cultius amb un alt contingut de sucre o de midó (canya de sucre, cereals i tuberculs) per fermentació, mentre que el biodièsel es produeix per transesterificació, majoritàriament a partir d'olis extrets de plantes oleaginoses (colza, gira-sol, palma), encara que també es pot produir a partir de greixos animals. El procés de transesterificació produeix glicerina com a co-producte.

L'etanol es comercialitza bé com a etanol absolut, apte per a ser barrejat amb gasolina i emprat en motors convencionals de gasolina, bé com a etanol hidratat (5% d'aigua), que pot ser utilitzat sense barreja en motors de gasolina especialment dissenyats per al seu ús. Els esforços per introduir l'etanol en el mercat dels combustibles per al transport terrestre s'han centrat en barreges de baix percentatge, com ara l'E10, 10% etanol, 90% gasolina. Aquesta barreja no requereix cap modificació del motor i pot ser distribuïda de la mateixa manera que la gasolina a través de la xarxa d'estacions de servei.

El biodièsel es pot utilitzar pur (B100) o en barreges biodièsel/gasoil amb un contingut relativament alt fent modificacions en els motors. La barreja més comuna és la B5.

S'anomena segona generació de biocombustibles a la pro-

ducció de combustibles líquids a partir de materials lignocel·lulòsics. La tecnologia de producció de bioetanol a partir d'aquests tipus de matèria vegetal està encara en fase de desenvolupament i pretén pal·liar alguns dels impactes dels actuals mètodes de producció de biocombustibles i augmentar l'eficiència de la conversió energètica.

### L'aposta pels biocarburants

En un escenari de creixent demanda energètica, adobat per les perspectives d'esgotament del petroli i per la necessitat de reduir les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle (GEH) per lluitar contra el canvi climàtic, són molts els països que han apostat per augmentar el consum de combustibles derivats de la biomassa. La Unió Europea s'ha proposat que el 2010 un 5,75% del carburant usat en transport sigui d'origen renovable (Directiva de biocombustibles 2003/30/EC). El març de 2007, els caps d'Estat van aprovar un paquet de mesures sobre energia i canvi climàtic que inclou el 10% com a objectiu mínim vinculant per als biocarburants el 2020. El Plan de Energías Renovables 2005-2010 preveu a Espanya un consum de biocarburants del 5,83% sobre el consum de gasolina i gasoil per al transport. Als Estats Units es calcula que el programa Renewable Fuels Standard (RFS) requerirà 28.400 milions de litres de biocar-

burants l'any 2012. Al Brasil, el Govern espera incrementar l'èxit del programa Proálcool expandint la producció de biodièsel; l'any 2013 tots els gasoils hauran de contenir un mínim de biodièsel del 5%. Altres exemples significatius poden trobar-se al Canadà, el Japó, la Xina i l'Índia.

La substitució d'una fracció, encara que petita, dels combustibles d'origen fòssil usats en el transport per carburants d'origen renovable hauria d'afavorir la sostenibilitat del sistema energètic. La diversificació de fonts energètiques redueix la vulnerabilitat a la interrupció del subministrament. Amb l'ús de biocombustibles es disminueix l'ús de derivats del petroli, de manera que en l'àmbit local es redueixen les importacions d'energia. A escala global, es contribueix a la preservació dels recursos fòssils.

Un altre argument que té a veure amb l'anterior és el de la reducció d'emissions de GEH. En efecte, en tractar-se de carburants derivats de cultius, el diòxid de carboni que s'allibera a l'atmosfera en cremar-los és el mateix que el vegetal va capturar durant el seu creixement. Així, doncs, les úniques emissions de carboni cap a l'atmosfera serien les derivades dels combustibles fòssils que es van utilitzar en el procés d'obtenció del biocombustible.

També s'ha argumentat, a favor dels cultius energètics, que poden afavorir el desenvolupament rural i ajudar a reduir la pobresa en els països en desenvolupament. Tres de cada quatre pobres en aquests països viuen en àrees rurals i molts depenen de l'agricultura per viure. Per aquesta raó, el Banc Mundial veu l'agricultura com un instrument fonamental per al desenvolupament sostenible i la reducció de la pobresa (Banc Mundial, 2007). Però el mateix Banc Mundial reconeix que difícilment els biocombustibles podran ser factor de canvi positiu en aquest sentit.

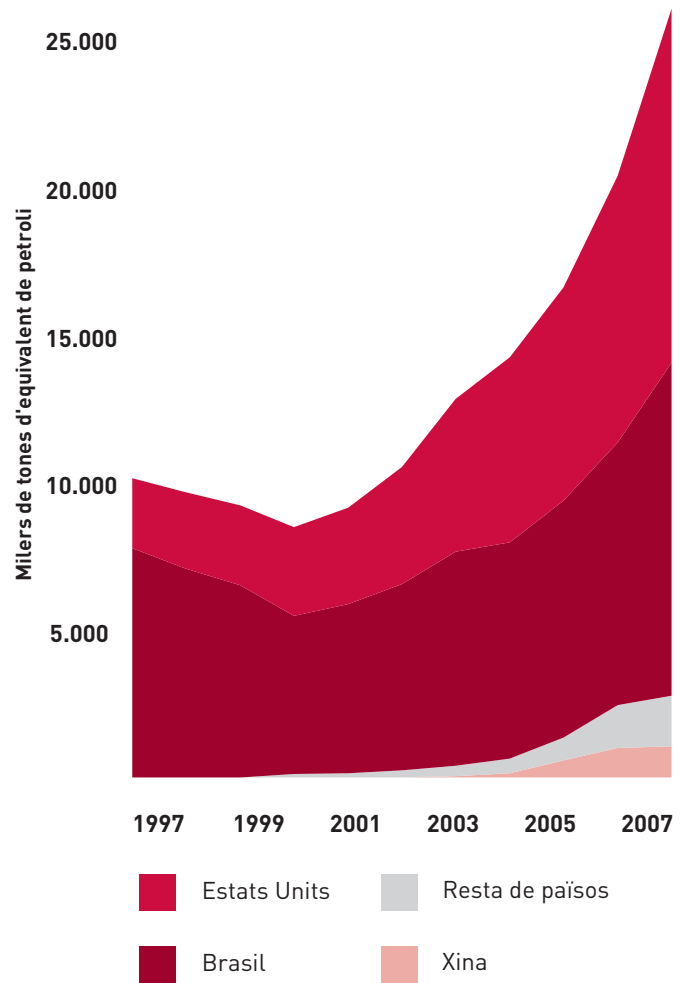
## Biocombustibles i seguretat alimentària

UN-Energy, un mecanisme interagències de l'ONU, ha analitzat la complexitat de la qüestió i les seves contradiccions (UN-Energy, 2007). És interessant la reflexió que aporta sobre els quatre aspectes de la seguretat alimentària (disponibilitat, accés, estabilitat i utilització) i la seva relació amb altres aspectes necessaris per al desenvolupament, com ara l'accés a serveis energètics moderns per als 2.400 milions de persones que utilitzen com a únic combustible domèstic la biomassa tradicional (llenya, palla i excrements animals).

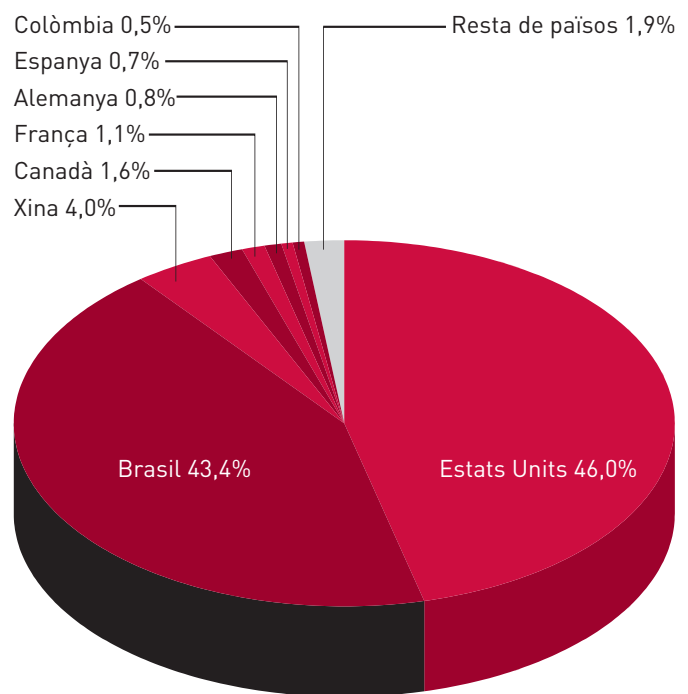
La producció de biocombustible afecta negativament la disponibilitat d'aliments, ja que competeix per la terra, l'aigua i altres recursos productius. L'accés al menjar dels sectors més pobres de la societat es veu amenaçat per l'augment de preus. Com més gran sigui la penetració dels biocombustibles en el sector agrari, més perillarà l'estabilitat de la seguretat alimentària, perquè l'alta volatilitat dels preus del petroli es transmetrà de forma més directa al sector agrari (l'augment del preu del cru afavoriria la derivació de terres cap a la producció de biocarburants). La utilització dels aliments fa referència a la capacitat de

## Producció d'etanol

Evolució de la producció (1997-2007)



Distribució de la producció (2007)



Elaboració Fundació CIDOB. Font: BP Statistical Review of World Energy, juny 2008

les persones per absorbir els nutrients del seu menjar i està molt lligada a la salut i l'accés a aigua neta i a serveis mèdics. Si la producció de biocombustibles competeix per l'ús de l'aigua amb el sector domèstic, la salut i, per tant, la seguretat alimentària es veurà afectada.

D'altra banda, el mercat per a la matèria primera dels biocombustibles ofereix una oportunitat per augmentar els ingressos dels agricultors. A més, l'ús dels biocarburants podria fer accessible a una àmplia proporció dels habitants del món rural un ventall de serveis energètics que ajudarien al creixement de la productivitat, no solament del sector agrícola, i contribuiria a millorar la disponibilitat i l'accés al menjar. La substitució de la biomassa tradicional per combustibles més nets tindria repercussions positives en la salut de les persones i, per tant, en la utilització del menjar.

### Desmantant els arguments

Malgrat l'aparent atractiu dels biocombustibles com a font d'energia renovable i com a motor per al desenvolupament rural, actualment pocs dels programes de promoció dels biocombustibles són viables econòmicament. Fins ara, la producció en països industrialitzats ha estat protegida pels diferents governs. El ajuts inclouen incentius al consum (reducció d'impostos), incentius a la producció (subsidis, per exemple) i requeriments de consum obligatori. Els productors locals de la UE i dels Estats Units reben un ajut addicional a través de tarifes a la importació d'etanol (Banc Mundial, 2007).

Aquesta situació de dependència dels ajuts governamentals no és exclusiva dels països més rics. Sense anar més lluny, al Brasil, país líder en aquest àmbit, tot i les condicions favorables per a la producció d'etanol a partir de la canya de sucre, va ser necessari el suport sostingut del Govern a través de subsidis directes per poder desenvolupar una indústria competitiva. Pocs països en desenvolupament poden repetir l'èxit brasiler amb les tecnologies actuals (Banc Mundial, 2007). Tot i la situació teòricament favorable d'alguns països, la *modernització* de la seva indústria sucrera per assolir quotes de competitivitat econòmica en la producció de bioetanol requereix un esforç econòmic fora del seu abast.

Una altra qüestió que cal tenir en compte en l'anàlisi de l'ús dels biocarburants, és l'energia necessària per produir-los. Per al blat de moro, l'informe *Biofuels for Transportation: Global Potential and Implications for Sustainable Agriculture and Energy in the 21st Century* del Worldwatch Institute situa l'energia retornada entre 1 i 1,5 vegades l'energia invertida. Per altres tipus de cultiu, l'informe situa la taxa de retorn en valors més favorables. La producció d'etanol a partir de la canya de sucre, el cultiu més rendible energèticament, pot assolir quotes de retorn de l'energia invertida similars a les d'altres fonts renovables d'energia.

Un altre tema de gran importància és l'ús de terres cultivables. Un estudi de la DG d'Agricultura de la Comissió Europea, mostra que, per assolir els objectius marcats per la

## Segons l'International Food Policy Research Institute (IFPRI), els biocombustibles són responsables d'un 30% de l'encariment del menjar



directiva 2003/30/EC, si tots els cultius emprats en la fabricació de biocarburants es cultivessin dins la UE, aquesta necessitaria destinar un 20% com a mínim de la seva superfície cultivable per a aquest propòsit. L'informe de l'OCDE, *Agricultural market impacts of future growth in the production of biofuels*, assenjala que els Estats Units, el Canadà i la UE-15 requeririen entre el 30% i el 70% de les seves respectives superfícies actuals de cultiu per reemplaçar per biocombustibles el 10% del seu consum de carburants per al transport, en l'estat actual de l'agricultura i de la tecnologia

L'argument que l'ús de biocarburants contribueix a la reducció d'emissions de GEH també ha estat qüestionat darrerament. Segons el recent informe de l'OCDE,



*Economic Assessment of Biofuel Support Policies*, l'estalvi és limitat i força costós. La producció de bioetanol al Brasil, el cas més favorable, pot representar una reducció del 80% d'emissions respecte als combustibles fòssils. Però, per a les matèries primeres emprades a Europa i Amèrica del Nord, les reduccions són molt inferiors. Per al cas del blat de moro, la reducció se situa en valors inferiors al 30%. En el seu conjunt, l'informe de l'OCDE estima que la continuació de les polítiques actuals de suport als biocarburants per reduir les emissions significarà una reducció no superior al 0,8% el 2015 i que els ajuts costaran entre 960 i 1.700 dòlars per tona de CO<sub>2</sub> equivalent estalviada, entre 20 i 100 vegades el seu cost en el mercat d'emissions. Aspectes importants a tenir en compte en la reducció real d'emissions són el canvi d'ús de la terra, la desforestació de grans superfícies de boscos nadius o l'ús de fertilitzants, en aquest darrer cas a causa de l'emissió d'òxids de nitrogen dels productes emprats per augmentar la productivitat agrícola.

## De la seguretat a la sobirania alimentària

L'experiència passada (denunciada per organitzacions camperoles) mostra que les grans explotacions agrícoles, lligades al model de l'agronogoci i a l'agricultura industrial (ús de monocultius i biotecnologia amb capital financer estranger i amb orientació a l'exportació) no són causa de desenvolupament rural en els països pobres sinó al contrari. La industrialització agrària posa en perill la biodiversitat i els ecosistemes i ha comportat massa cops l'expulsió de camperols i indígenes (amb l'ús de la violència i la militarització), la desposseïció de les comunitats i la privatització de la terra i de l'aigua, afectant així no solament el món rural sinó tota la societat.

Un cas paradigmàtic és el d'Indonèsia, on les plantacions de les companyies que exploten l'oli de palma ja ocupen més de set milions d'hectàrees i se n'han desforestat 18 milions més, aparentment amb llicència per cultivar palma, encara que de moment només se n'ha explotat la fusta. Segons dades de la FAO i del Programa de les Nacions Unides per al Desenvolupament (PNUD), Indonèsia ha perdut més de 20 milions d'hectàrees de bosc entre 1990 i 2005 (PNUD, 2008). La desforestació destrueix l'hàbitat de fauna protegida i contribueix a les emissions de diòxid de carboni i a l'escalfament global. L'expansió de la indústria de l'oli de palma està privant moltes comunitats indígenes de terra i aigua. La presència de treballadors immigrants ha agreujat la situació en alguns punts, creant tensions ètniques i religioses. Segons els grups de defensa dels drets humans, les comunitats tenen poques opcions legals davant l'actuació d'una policia i un exèrcit amb reputació de corruptes i que actuen al costat de les companyies explotadores (Friends of the Earth et al., 2008).

La pràctica de l'agricultura va lligada a la protecció dels recursos naturals, com són la terra i l'aigua. El moviment internacional Vía Campesina<sup>4</sup> defensa el concepte de "sobi-

rania alimentària", que recull el dret dels pobles a decidir i controlar les seves polítiques de producció, distribució i consum d'aliments, i la comercialització o no d'excedents un cop garantida la satisfacció de les necessitats de la població amb recursos propis i respectant la cultura pròpia i el medi. Aquest concepte exigeix la transformació de les economies agroexportadores dels països empobrits i els patrons de consum en els països industrialitzats.

## Conclusions

Els biocombustibles no estan cridats a tenir un paper gaire rellevant en el desplaçament de carburants fòssils i, en canvi, poden tenir un efecte força negatiu en la seguretat alimentària. Augmentar la producció de biocombustibles augmentarà la competència per l'aigua i la terra, encarrirà els aliments i comportarà els riscos socials i ambientals associats a les explotacions agrícoles a gran escala.

De cara a reduir la dependència energètica i les emissions de GEH sembla molt més efectiu actuar sobre la demanda que incentivar aquest tipus d'energia (com ja s'ha reconegut des de l'OCDE).

En un món on cada dia que passa conviuran més persones, és una obligació moral, derivada del concepte de justícia, pensar en els més desfavorits, que no poden satisfer les seves necessitats bàsiques, abans de procurar incrementar el benestar dels més rics. ●

### Notes

1. La FAO mesura aquesta magnitud en kcal/hab/dia (quilocalories per persona i dia).
2. Vegeu, per exemple: SEN, Amartya. *Hunger in the contemporary world*, Discussion Paper DEDPS/8. [en línia]. Londres: The Suntory Centre, 1997. [Consulta: juliol de 2008]. <http://sticerd.ise.ac.uk/dps/de/dedps8.pdf>.
3. D'ara endavant es fa referència a aquest tipus de combustibles sota la denominació de biocombustibles.
4. [www.viacampesina.org](http://www.viacampesina.org)

### Referències bibliogràfiques

- BANC MUNDIAL.** *Informe sobre el desarrollo mundial 2008. Agricultura para el Desarrollo*. Washington DC, 2007. [Disponible a [www.worldbank.org](http://www.worldbank.org)]
- FAO.** *Aumento de los precios de los alimentos: hechos, perspectivas, impacto y acciones requeridas*. HLC/08/INF/1 Document informatiu de cara a la Conferència d'Alt Nivell sobre la Seguretat Alimentària Mundial. Roma: FAO, 2008.
- FAO.** *El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo* [en línia]. Roma: FAO, 2006. [Consulta: juliol de 2008]. [www.fao.org/corp/publications/es](http://www.fao.org/corp/publications/es)
- FRIENDS OF THE EARTH, LIFEMOSAIC i SAWIT WATCH.** *Losing Ground. The human rights impacts of oil palm plantation expansion in Indonesia* [en línia]. 2008. [Consulta: juliol de 2008]. [www.foe.co.uk/resource/reports/losingground-summary.pdf](http://www.foe.co.uk/resource/reports/losingground-summary.pdf).
- PNUD.** *Human Development Report 2007/2008* [en línia]. [Consulta: juliol de 2008]. <http://hdr.undp.org/en/statistics>.
- SMIL,** Vaclav. *Energy at the Crossroads. Global Perspectives and Uncertainties*. Massachusetts Institute of Technology, 2003.
- UN-ENERGY.** *Sustainable Bioenergy: A Framework for Decision Makers*. Nacions Unides, 2007.

**dCIDOB 106.**

## **Crisi energètica, cap a un final d'era.**

Reptes del futur energètic mundial. Transició cap a un nou model energètic.

Joan Esteve i Albert Casanova

# Reptes del futur energètic mundial

## Transició cap a un nou model energètic

**Joan Esteve** Cap de l'Àrea de Planificació Energètica, Institut Català d'Energia (ICAEN)

**Albert Casanova** Cap de Programa de Planificació i de Regulació Energètica, ICAEN

El futur de l'energia és una gran incògnita que no solament afecta Catalunya sinó el futur del conjunt de la humanitat. El motor del desenvolupament que vàrem conèixer el segle XX es corresponia amb un model econòmic basat en el petroli barat i abundant. Aquest model s'està eclipsant, mostrant-se clarament insostenible a hores d'ara, ja que no és extensible ni en l'espai (tota la humanitat) ni en el temps (al llarg del segle XXI).

Davant de l'espectacular creixement de la demanda d'energia per part dels països emergents, com ara la Xina o l'Índia, és fàcil constatar que existeix ja una tensió important en relació amb l'oferta i la demanda de cru. Aquest tensionament entre l'oferta i la demanda energètica es reflecteix en la gran volatilitat que experimenten els preus del petroli i de la seva elevada freqüència, fruit, a més d'altres aspectes, de l'escàs marge de capacitat de cobertura de la demanda.

Percebem també que el model del petroli barat i abundant es troba en una crisi irreversible. Tanmateix, som molt conscients que aquesta percepció és encara lluny de ser assumida pel conjunt de la nostra societat i, en concret, pels nostres dirigents polítics, socials i econòmics. De fet, existeix una opinió socialment generalitzada que les societats desenvolupades com la catalana comptem encara amb bastant marge de maniobra per absorbir més alces de preu sense que l'economia o el benestar social se'n ressentin de forma perillosa.

També es tracta d'una fe o d'una creença cega en la ciència i en la tecnologia o en les potencialitats de noves fonts d'energia, com ara el gas natural o les energies renovables, que vindran a rescatar-nos del desastre quan les coses es

posin molt difícils. Un tema clau que se'ns planteja és saber si les solucions no arribaran tard i malament, en cas que no ens anticipem.

### L'esgotament progressiu dels recursos energètics fòssils

Fins fa poc temps, la idea d'un zenit màxim de la producció de petroli era prou innovadora com per espantar, almenys, als no especialistes. Avui en dia, podem constatar que la majoria dels experts, independentment de la seva posició inicial sobre el tema, admeten el fet de l'esgotament progressiu del petroli. La principal qüestió que es debat actualment és quan arribarà el zenit, si bé moltes estimacions convergeixen en què es produirà durant el període 2010-2030.

Independentment de quan arribi aquest moment, ens trobem actualment amb el fet inevitable que el petroli, un recurs finit, no podrà extreure's econòmicament de la Terra de manera indefinida. El zenit del petroli que s'apropa és una crida a la reflexió que ens planteja reaccionar com més aviat millor. Què passarà –no quan el petroli s'acabi, que segurament mai no succeirà– quan arribi a ser molt costós? Quan hem de decidir com assignar aquesta matèria cada vegada més valuosa entre els seus molts usos, com ara el transport, l'edificació, la generació i consum d'energia, l'agricultura o els incomptables productes d'ús quotidià sobre els quals es construeix el món industrialitzat?

### Una altra gran amenaça: el canvi climàtic

Tanmateix, no solament està en crisi la producció de petroli i, en conseqüència, el sistema energètic actual. El seu consum també ho està, ja que afecta el clima, l'ús del sòl i les estructures socials humanes.

L'augment de les concentracions de diòxid de carboni (CO<sub>2</sub>) i d'altres gasos amb efecte d'hivernacle (GEH) a l'atmosfera, en gran part com a resultat de la combustió d'energia fòssil, contribueix a l'augment de les temperatures mundials i al canvi climàtic. Per combatre l'escalfament global es persegueix la reducció de les emissions de CO<sub>2</sub>.

El planeta Terra penja d'un delicat equilibri climàtic que permet l'existència de vida tal com la coneixem. En les últimes dècades s'han succeït signes que l'equilibri s'està trencant. El canvi climàtic sembla accelerar-se amb un augment de la temperatura global del planeta i bona part de la causa d'aquest canvi climàtic la podem trobar en la combustió de les fonts d'energia fòssils al nostre abast (petroli, gas natural i carbó).

### La necessitat d'una transició cap a un model energètic sostenible

El que sí que resulta inobjectable és que un segle després que comencés seriosament l'era del petroli, la humanitat s'enfronta a una prova històrica d'enorme magnitud. La transició cap a un model energètic diferent ha començat, i el que hem d'aconseguir és que aquesta transició sigui el més plàcida i curta possible i que ens porti cap a un futur energètic sostenible. Hem de poder preparar el nostre futur a temps, però, desafortunadament, encara no sabem si arribem a temps per afrontar en condicions els greus desafiaments que se'ns presenten.

### La visió de l'Agència Internacional de l'Energia

L'Agència Internacional de l'Energia (AIE) publica anualment el *World Energy Outlook* (WEO) que pot ser molt il·lustratiu de quina és la visió del futur mundial de l'energia per part dels països industrialitzats i de com enfoquen aquests països industrialitzats els reptes energètics de futur.

La darrera edició del WEO mostra un panorama molt preocupant de cara al futur. Així, d'acord amb la prospectiva energètica del WEO 2007, les conseqüències d'un creixement desenfrenat de la demanda mundial d'energia per a tot el món són alarmants (AIE, 2007). Si els governs del món sencer no renuncien a les seves polítiques actuals –hipòtesi de base de l'anomenat “escenari de referència”– les necessitats energètiques del planeta sobrepassaran l'any 2030 el seu nivell actual en molt més del 50%. En aquest escenari, la Xina i l'Índia en conjunt representen el 45% del creixement de la demanda i els combustibles fòssils romanen predominants en el subministrament energètic mundial.

Aquestes tendències impliquen un augment ininterromput de les emissions de CO<sub>2</sub> vinculades a l'energia i una major dependència dels països consumidors respecte a les importacions de petroli i gas natural, la major part provinents d'Orient Mitjà i Rússia. Aquesta evolució augmentarà les actuals preocupacions relatives al canvi climàtic i a la seguretat de subministrament.

En aquest context, endegar polítiques de transició cap a un sistema energètic més segur i menys emissor de CO<sub>2</sub>, sense obstaculitzar el desenvolupament econòmic i social, constitueix un gran desafiament mundial. Cal una actuació urgent de tots els governs que sigui vigorosa, immediata i col·lectiva per moure el món cap a un camí energètic que sigui més sostenible, basada en actuacions reals, ja que, fins ara, en la majoria dels països hi ha hagut més paraules que fets.

En cap altre lloc del món, aquesta tasca serà més difícil i important que a la Xina i l'Índia. L'evolució de la situació energètica en aquests dos països està transformant el sistema energètic global, a causa de l'efecte que causen a escala mundial per les seves grans dimensions i del pes creixent d'aquests països en el comerç internacional de combustibles fòssils. Paral·lelament, tant un país com l'altre, es troben exposats cada vegada més a les fluctuacions dels mercats energètics mundials. Els elevats ritmes que han experimentat els creixements econòmics de la Xina i l'Índia en aquests darrers anys, que han superat el de tots els altres grans països, han portat a un increment abrupte de les seves necessitats energètiques, de les quals un percentatge cada vegada més gran ha de ser importat.

D'altra banda, si a escala mundial s'apliquessin totes les polítiques que els governs del món preveuen avui en dia –com es pressuposa en l'anomenat “escenari de polítiques alternatives”– la demanda mundial d'energia i les emissions de GEH disminuirien de manera substancial. D'entre les mesures previstes, destaquen les destinades a millorar l'eficiència energètica, que es distingeixen de les altres pel fet que constitueixen la manera menys costosa i més ràpida de frenar el creixement de la demanda i les emissions de CO<sub>2</sub> a curt termini.

No obstant això, fins i tot en aquest escenari, l'any 2030 les emissions de CO<sub>2</sub> superarien en un 25% el seu nivell actual. Per tal que la reducció de les emissions sigui sensiblement més important, cal una acció política immediata i una transformació tecnològica en una escala sense precedents fins ara.

### La seguretat dels subministraments energètics

D'acord amb aquesta visió prospectiva, l'augment de la demanda mundial d'energia constitueix una amenaça real i cada vegada més greu per a la seguretat energètica del planeta. La demanda de petroli i gas natural, així com la dependència dels països consumidors respecte a les importacions de petroli i de gas natural, augmenten a tots els escenaris presentats en la darrera edició del WEO. A l'“escenari de referència”, les

importacions de petroli dels països consumidors es disparen i sembla extremadament difícil garantir subministraments fiables a preus assequibles. Els intercanvis interregionals de petroli i gas natural augmenten ràpidament durant el període de previsió, i s'incrementa, per tant, el dèficit entre la producció interior i la demanda en totes les regions consumidores.

En aquest escenari, l'Orient Mitjà, les economies en transició, Àfrica i Amèrica Llatina exporten cada vegada més petroli, mentre que totes les altres regions n'han d'importar cada vegada més. Igualment, a mesura que s'incrementen les capacitats de refinatge per a l'exportació, anirà augmentant la participació en el comerç mundial del petroli en forma de productes refinats, sobretot procedent de refineries establertes a l'Orient Mitjà i a l'Índia.

## La transició cap a un model energètic diferent ha començat, i el que hem d'aconseguir és que aquesta transició sigui el més plàcida i curta possible i que ens porti cap a un futur energètic sostenible

Existeix un risc creixent de la seguretat a curt termini per a tots els països consumidors, a mesura que la diversitat geogràfica dels subministraments es redueixi i creixi la dependència de rutes de subministrament vulnerables.

L'impacte potencial sobre els preus internacionals del petroli d'una interrupció del subministrament també es preveu que augmenti en el futur: la demanda del petroli s'està fent menys sensible a les variacions del seu preu a mesura que el pes de la demanda de petroli per al transport creix a nivell mundial.

Els riscos per a la seguretat de subministrament a llarg termini també es preveu que creixin. Amb una demanda energètica mundial més gran, totes les regions hauran d'afrontar preus energètics elevats a mig-llarg termini en absència d'incrementos equivalents en les inversions pel costat de l'oferta o d'accions polítiques més intenses per contenir la demanda energètica arreu del món.

La concentració creixent de les reserves romanents de petroli mundials en un reduït nombre de països –bàsicament els països de l'Orient Mitjà membres de l'Organització de Països Exportadors de Petroli (OPEP) i Rússia– incrementarà el seu domini dels mercats i pot posar en risc els ritmes necessaris d'inversió en capacitat de producció. Com més grans siguin les necessitats de petroli i gas natural provinents d'aquests països, més possibilitats hi ha que vulguin treure rendes més grans de les seves exportacions i imposar preus

alts a llarg termini, endarrerint inversions i limitant la producció. Els preus elevats poden ser especialment incòmodes per als països en desenvolupament que encara estan protegint els seus consumidors de les variacions dels preus internacionals via subsidis.

A més a més, cal tenir present que moltes polítiques adreçades a millorar la seguretat dels subministraments també contribueixen a minimitzar l'impacte ambiental de la producció i l'ús de l'energia. La diversificació del mix energètic, de les fonts de subministrament de petroli i gas natural i de les rutes de subministrament, conjuntament amb millors plans d'emergència, sobretot mitjançant l'establiment de reserves de seguretat i mecanismes de resposta coordinats, seran necessaris per salvaguardar la seguretat energètica.

### Evolució prevista de les emissions de CO<sub>2</sub>

El consum creixent de combustibles fòssils continuarà fent augmentar les emissions mundials de CO<sub>2</sub> vinculades a l'energia durant el període 2005-2030. En l'"escenari de referència", les emissions progressen de manera molt significativa, i suposen un increment d'un 57% entre el 2005 i el 2030. Els Estats Units, la Xina, Rússia, i l'Índia contribueixen en dos terços a aquest augment.

L'any 2030, la Xina serà, de bon tros, el país que més contribueixi a augmentar les emissions, i des del 2007 ha avançat els Estats Units en el primer lloc dels països emissors de GEH. L'Índia, per la seva part, es convertirà en el tercer país emissor de GEH cap al 2015. En aquest sentit, les previsions mostren que és urgent actuar com més aviat millor si es vol que les concentracions de GEH s'estabilitzin en un nivell que permeti evitar una interferència perillosa en el sistema climàtic. L'"escenari de polítiques alternatives" posa de manifest que les mesures que actualment s'estan considerant per part dels diferents governs del món podrien assolir una estabilització de les emissions mundials de GEH a mitjan anys 2020, i reduir-les en un 19% per al 2030, amb relació a l'"escenari de referència". Amb tot, les emissions mundials continuaran sent superiors en un 27% a les del 2005.

Si la reducció de les emissions continua després del 2030, les projeccions de l'"escenari de polítiques alternatives" són consistents amb una estabilització de la concentració de GEH a l'atmosfera entorn de les 550 parts per milió (ppm), expressat en CO<sub>2</sub> equivalent. Segons les millors estimacions del Grup Intergovernamental d'Experts sobre el Canvi Climàtic (IPCC) en el seu Quart Informe d'Avaluació, aquesta concentració correspondria a un augment de la temperatura mitjana propera a 3°C respecte del nivell que teníem en l'era preindustrial (IPCC, 2007). Per limitar com a màxim a 2,4°C l'augment mitjà de les temperatures mundials (l'increment menor



## La col·laboració internacional és un element clau: tots els països del món poden, potencialment, guanyar molt d'una cooperació reforçada quant a política energètica

de tots els escenaris de l'IPCC), s'hauria d'aconseguir que la concentració de GEH a l'atmosfera s'estabilitzés entorn dels 450 ppm. Per aconseguir-ho, les emissions de CO<sub>2</sub> haurien d'assolir el seu sostre màxim l'any 2015 i reduir-se posteriorment entre el 50% i el 85% per sota dels nivells del 2000 cap a l'any 2050. El WEO 2007 considera que, per assolir-ho, caldria reduir les emissions de CO<sub>2</sub> vinculades a l'energia entorn de les 23 gigatonnes (Gt) l'any 2030 (19 Gt menys que en l'"escenari de referència" i 11 Gt menys que en l'"escenari de polítiques alternatives").

Donats els resultats d'aquest Quart Informe d'Avaluació de l'IPCC i de les conclusions del WEO 2007, el G-8 va encarregar a l'AIE que analitzés més a fons les possibilitats de limitar l'augment mitjà de les temperatures mundials als 2,4°C. L'encàrrec demanava a l'AIE que oferís pautes sobre com actuar per acostar posicions amb relació als reptes actuals i sobre el que cal fer per assolir un futur energètic net, intel·ligent i competitiu. La recent publicació de l'AIE *Energy Technology Perspectives 2008* respon a aquesta sol·licitud del G-8 a l'AIE (AIE, 2008). La publicació complementa el WEO 2007, prenent el mateix escenari base fins a l'any 2030 i ampliant-lo fins a l'any 2050. Es presenten dos grups d'escenaris tecnològics diferenciats. Un primer grup d'escenaris anomenats "ACT" mostra com es podrien reduir les emissions de CO<sub>2</sub> als nivells actuals l'any 2050. Aquests escenaris "ACT" són comparables amb l'"escenari de polítiques alternatives" del WEO 2007, però inclouen incentius econòmics per a la reducció dels nivells de CO<sub>2</sub> i el desenvolupament de tecnologies específiques en aquest àmbit, com ara la captura i segrest de CO<sub>2</sub>. Finalment, un segon conjunt d'escenaris "BLUE" té com a objectiu una reducció del 50% de les emissions de CO<sub>2</sub> l'any 2050 i suposa un veritable "escenari d'estabilització a 450 ppm".

En aquest hipotètic "escenari d'estabilització a 450 ppm", que descriu la trajectòria teòrica necessària per assolir aquest resultat, les emissions mundials haurien d'assolir el seu sostre màxim l'any 2012, amb un valor proper a 30 Gt. Les emissions que s'evitarien serien imputables a una utilització més racional dels combustibles fòssils a la indústria, als edificis i als transports, a l'augment de la participació relati-

va de l'energia nuclear i de les energies renovables, com també a la generalització de l'ús de les tecnologies de captació i emmagatzematge de CO<sub>2</sub> a la generació elèctrica i a la indústria. Per tal que aquest escenari es converteixi en realitat caldrà una actuació excepcionalment ràpida i vigorosa dels governs a tots els països i l'assoliment d'avenços tecnològics sense precedents, el cost dels quals serà molt important.

L'emergència de la Xina i de l'Índia com a principals protagonistes dels mercats energètics mundials fa encara més important que tots els països prenguin iniciatives decisives i urgents per contenir la demanda creixent d'energia. El que més escasseja respecte a la situació que està patint el planeta és el temps, i no els recursos naturals ni el capital. Els problemes energètics de la Xina i l'Índia són també els del món sencer i requereixen solucions col·lectives. Cap país gran consumidor d'energia no podrà confiar plenament en la seguretat del seu propi subministrament si els subministraments dels altres països estan exposats a riscos. I no pot existir tampoc cap solució eficient a llarg termini davant de l'amenaça del canvi climàtic sense la participació de tots els grans països consumidors d'energia. No ens podem permetre el luxe d'excloure cap de les solucions possibles que siguin capaces de portar el sistema energètic mundial en una trajectòria més sostenible.

L'enfocament més eficient ha de tenir en compte els instruments del mercat, incloent-hi els que assignen un valor financer explícit a les emissions de CO<sub>2</sub>. També caldrà desenvolupar mesures reglamentàries, com normes i estàndards, com també ajuts públics a les activitats de R+D, desenvolupament i demostració de noves tecnologies a llarg termini.

La col·laboració internacional és un altre element clau. Tots els països del món poden, potencialment, guanyar molt d'una cooperació reforçada quant a política energètica, que amplii i intensifiqui l'actual ventall d'activitats dutes a terme de manera conjunta entre països desenvolupats, països emergents i països en desenvolupament, en el marc d'acords multilaterals i bilaterals.

Cal tenir present que algunes de les tecnologies necessàries per als escenaris "BLUE" encara no es troben disponibles i que moltes altres requereixen encara de millores tecnològiques i de reduccions importants dels seus costos econòmics. Per tant, per complir amb l'objectiu d'estabilitzar les emissions de GEH a 450 ppm, caldrà un esforç enorme de recerca, desenvolupament i demostració. Caldrà, doncs, una acceleració molt important dels actuals esforços en R+D i innovació tecnològica per tal que apareguin les noves tecnologies necessàries i per abaratir el cost de les ja disponibles. Calen avenços importants i solucions de menor cost per a tecnologies com ara la solar fotovoltaica, les plantes avançades de producció d'electricitat a partir del carbó, la segona i tercera generació de biocombustibles, la captura del CO<sub>2</sub>, les bateries elèctriques o les piles de combustible, per posar només uns exemples significatius.

## La prospectiva energètica catalana. Consideració d'escenaris crítics

Pel que fa a l'àmbit de Catalunya, actualment l'Institut Català d'Energia, dins del marc de la revisió del Pla de l'Energia de Catalunya 2006-2015 (Generalitat de Catalunya, 2006), està duent a terme una tasca d'actualització de la prospectiva energètica catalana. En el marc d'aquest treball prospectiu-estratègic, l'anàlisi estructural per a la determinació dels factors clau del sistema energètic català i el seu corresponent joc d'actors són la base necessària per a l'elaboració del ventall d'escenaris energètics possibles i realitzables per a Catalunya. Aquests escenaris s'elaboren en funció dels factors que intervenen en el sistema energètic de Catalunya i en l'horitzó de l'any 2030. Posteriorment, l'elecció de l'escenari aposta serà la fita final del treball prospectiu en curs de desenvolupament.

En aquesta anàlisi prospectiva cal destacar la tria de sis escenaris de contrast caracteritzats per nivells de preus del combustibles fòssils elevats (com els actuals o superiors) o per l'aplicació (en determinats escenaris) de polítiques energètiques preactives davant els reptes energètics actuals. En qualsevol cas, cal destacar que dins dels escenaris desenvolupats hi ha dos escenaris que inclouen el zenit del petroli entorn de l'any 2015. Aquesta consideració d'escenaris que incorporen el zenit del petroli es pot considerar pionera en exercicis d'aquesta mena desenvolupats per organismes públics similars, però resulten cada vegada més necessaris davant l'evolució actual de la situació energètica mundial. ●

### Referències bibliogràfiques

- AIE.** *Energy Technology Perspectives 2008. Scenarios & Strategies to 2050*. París: OCDE/AIE, 2008.
- AIE.** *World Energy Outlook 2007*. París: OCDE/AIE, 2007.
- GENERALITAT DE CATALUNYA.** *Pla de l'Energia de Catalunya 2006-2015*. Barcelona, 2006.
- IPCC.** *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge i Nova York: Cambridge University Press, 2007

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

Selecció de documents.



# Selección de documentos

**ADAMOV**, Evgeny. "La opción nuclear recobra fuerzas: las centrales nucleares 'rápidas' e innovadoras podrían ser un imperativo estratégico". *Boletín del OIEA*. Vol. 46, no. 1 [junio 2004], p. 39-43.  
• [Sig.: 54020-B-OIEA 1/04]

*Agrocombustibles, ¿parte del problema o parte de la solución?* Madrid: Prosalus, 2008. 95 p.  
• [Sig.: 63569-L]

"Agrofuels: special issue". *Seedling*. July (2007), 54 p.  
• [Sig.: 60383-ICDA-S July /07]

"Agrofuels in India, private unlimited". *Seedling* (April 2008), p. 15-23.  
• [Sig.: 62174-ICDA-S April/08]

"Biocombustibles". *Perspectiva ambiental*. No. 24 (abril 2002), 32 p.  
• [Sig.: 51207-D]

**CASTRO S.**, René; **GUEVARA**, Leo Miguel. "Energías renovables: reto y oportunidad para América Central". *Foreign affairs en español*. Vol. 7, no. 3 [julio-septiembre 2007], p. 91-108.  
• [Sig.: 60430-FAE 3/07]

**CHARMAN**, Karen. "¿Un mundo nuclear feliz?: radiación, fiabilidad, reprocesamiento y redundancia". *World watch*. No. 26 (2007), p. 12-18.  
• [Sig.: 57851-W.W. 26/07]

**CODERCH**, Marcel. "Energía nuclear". *Foreign policy edición española*. No. 10 (agosto-septiembre 2005), p. 12-19.  
• [Sig.: 55592-For.Po.E. 10/05]

**CODERCH**, Marcel. "El espejismo nuclear a la luz de la situación energética mundial". *Análisis del Real Instituto Elcano*. No. 30 (marzo 2006), p. 8-14.  
• [Sig.: 56975-RIE-ARI 30/06]

**CODERCH**, Marcel. "El fin de la era del petróleo". *Foreign policy edición española*. No. 5 (octubre-noviembre 2004), p. 56-63.  
• [Sig.: 55168-For.Po.E. 5/04]

"Energía y desarrollo". *Revista de cooperación*. No. 16 (otoño 2002), p. 3-39.  
• [Sig.: 48157-D]

**FERRÉ**, Josep. "El Programa Azahar de Fomento del Desarrollo Sostenible en la Cuenca del Mediterráneo y sus iniciativas en materia de energías renovables". *Revista española de desarrollo y cooperación*. No. 13 (otoño-invierno 2004), p. 47-61.  
• [Sig.: 50586-R.E.D.C. 13/04]

**FRIEDMAN**, S. Julio; **HOMER-DIXON**, Thomas. "Out of the energy box". *Foreign affairs*. Vol. 83, no. 6 (November-December 2004), p. 72-83.  
• [Sig.: 53176-F.A. 6/04]

"El futuro de quemar el futuro: combustibles agroindustriales". *Biodiversidad*. No. 54 (octubre 2007), 76 p.  
• [Sig.: 61353-Bio. 54/07]

**GIL LÓPEZ**, Eugenio. "La energía nuclear". *Hesperia, culturas del Mediterráneo*. Vol. III, no. 5 (noviembre, 2006), p. 127-148.  
• [Sig.: 59075-Hes. 5/06]

**GOLDWYN**, David L. "Energy security: the new threats in Latin America and Africa". *Current history*. Vol. 105, no. 695 (December 2006), p. 441-446.  
• [Sig.: 61779-Cur.Hi. 695/06]

**GONZÁLEZ**, Àlex (ed.); **CLAUDÍN**, Carmen (ed.). *Asia Central y la seguridad energética global: nuevos actores y dinámicas en Eurasia*. Barcelona: Fundació CIDOB, 2008. 252 p.  
• [Sig.: 61796-L]

**GRIFFIN**, James. "Biofuels: food for thought". *OPEC bulletin*. Vol. XXXVIII, no. 5 (May-June 2007), p. 64-39.  
• [Sig.: 60708-B-OPEP 5/07]

**HELM**, Dieter (ed.). *The new energy paradigm*. Oxford: Oxford University Press, 2007. XIV, 518 p.  
• [Sig.: 64712-L]

**ISELL**, Paul. "Reexaminando la seguridad energética". *Análisis del Real Instituto Elcano*. No. 49 (enero 2008), p.11-15.  
• [Sig.: 64112-RIE-ARI 49/08]

**LAMY**, Jean. "D'un G8 à l'autre: sécurité énergétique et changement climatique". *Politique étrangère*. No. 1 (2006), p. 131-144.  
• [Sig.: 62247-P.E. 1/06]

**LESSER**, Ian O. "Security and strategy in the Eastern Mediterranean". *Eliamep policy paper*. No. 5 (2005), 42 p.  
• [Sig.: 62080-D]

**MABRO**, Robert (ed.). *Oil in the 21<sup>st</sup> century: issues, challenges and opportunities*. Oxford: Oxford University Press, 2006. XV, 351 p.  
• [Sig.: 64711-L]

**MABRO**, Robert (ed.); **WYBREW-BOND**, Ian (ed.). *Gas to Europe: the strategies of four major suppliers*. Oxford: Oxford University Press, 1999. X, 278 p.  
• [Sig.: 64713-L]

**MALLON**, Karl (ed.). *Handbook energy policy and politics: a handbook for decision-making*. London [etc.]: Earthscan, 2006. XX, 268 p.  
• [Sig.: 64710-L]

"The Mediterranean in the new strategic environment". *Cuadernos de estrategia*. No. 125-B (marzo 2004), 291 p.  
• [Sig.: 58961-CESEDEN-CE 125-b/04]

**MERLIN**, Pierre. "Énergie et environnement". *Études de la Documentation française*. No. 5278-5279 (2008), 183 p.  
• [Sig.: 64236-N.E.D. 5278-5279/08]

*New geopolitics of Central and Eastern Europe: between European Union and United States*. Warsaw: Stefan Batory Foundation, 2005. 228 p.  
• [Sig.: 626904-L]

**ORTIZ MARCOS**, Susana "Situación actual de los biocombustibles". *ICADE*. No. 70 (enero-abril 2007), p. 293-321.  
• [Sig.: 58724-ICADE 70/07]

"Repercusión del actual reto energético en la situación de seguridad mundial". *Monografías del CESEDEN*, no. 100 (enero 2008), 147 p.  
• [Sig.: 62073-L]

**RIECHMANN**, Jorge. "Calentamiento climático: ¿cómo se calcula su impacto?". *Papeles de cuestiones internacionales*. No. 98 (verano 2007), p. 63-80.  
• [Sig.: 62360-P. 98/07]

**RITCH**, John. "La energía nuclear en la hora de la verdad: seis razones que sustentan el argumento en pro de la energía nucleoelectrónica". *Boletín del OIEA*. Vol. 44, no. 2 [2002] p. 30-37.  
• [Sig.: 50178-B-OIEA 2/02]

**RUNGE, C. Ford**; **SENAUER**, Benjamin. "Cómo los biocombustibles pueden matar de hambre a los pobres". *Foreign affairs en español*. Vol. 7, no. 3 [julio-septiembre 2007], p. 75-90.  
• [Sig.: 61429-FAE 3/07]

"S'acosta el crack energètic". *Monogràfic* (Col·legi Oficial d'Enginyers Industrials de Catalunya), no. 6 (2006), 82 p.  
• [Sig.: 57816-D]

**SÁNCHEZ CAMPOS**, Teodoro. "La cooperación técnica, las energías renovables y la sostenibilidad de los proyectos de electrificación rural". *Revista española de desarrollo y cooperación*. No. 13 (otoño-invierno 2004), p. 75-90.  
• [Sig.: 50588-R.E.D.C. 13/04]

**SANTAMARTA**, José. "Cambio climático: perspectivas generales y el papel de España". *Revista española de desarrollo y cooperación*. No. 10 (primavera 2002), p. 61-74.  
• [Sig.: 45997-R.E.D.C. 10/02]

**SANTAMARTA**, José. "¿Vuelve la energía nuclear?". *World watch*. No. 25 (2006), p. 34-41.  
• [Sig.: 56425-WW 25/06]

**SMILL**, Vaclav. "The energy question, again". *Current history*. Vol. 99, no. 641, (December 2000), p. 408-412.  
• [Sig.: 49106-Cur.Hi. 641/00]

**WEDEKIND**, Lothar (ed.). "50 años decisivos: el OIEA en el tiempo". *Boletín del OIEA*. Suplemento (marzo 2007), 17 p.  
• [Sig.: 61104-D]

**WEINTHAL**, Erika; **LUONG**, Jones. "Combating the resource curse: alternative solution to managing mineral wealth". *Perspectives on politics*. Vol. 4, no. 1 (March 2006), p. 35-53.  
• [Sig.: 64648-APSA-POP 1/06]

"Why go nuclear?". *Bulletin of the atomic scientists*. Vol. 64, no. 4 (September-October 2008), p. 15-47.  
• [Sig.: 64458-B.A.S. 4/08]

**WIJKMAN**, Anders. "La Unión Europea y la energía sostenible". *Revista española de desarrollo y cooperación*. No. 13 (otoño-invierno 2004), p. 37-45.  
• [Sig.: 50585-R.E.D. 13/04]

**YERGIN**, Daniel. "Para garantizar la seguridad energética". *Foreign affairs en español*. Vol. 6, no. 2 (abril-junio 2006), p. 116-130.  
• [Sig.: 56856-FAE 2/06]