



# Recursos energètics i crisi. La seva incidència a Andorra

13 de maig del 2011 de 10.00 h a 14.00 h  
Sala d'actes del comú d'Escaldes-Engordany  
En el marc de la 7a edició del Recercat

**Carles Riba i Romeva**

*Doctor enginyer i president del Centre d'Estudis del Baix Llobregat*



## ▲ Currículum

És enginyer industrial per l'ETSEI de Barcelona i Doctor enginyer per la UPC. Va néixer a Palma de Mallorca l'1 de juliol de 1947, fou el primer fill d'una família de nou germans, tot i que als quatre anys es va traslladar a viure a Catalunya. Fill d'una família amb arrels culturals i polítics -els avis paterns eren reconeguts poetes, Carles Riba i Clementina Arderiu, i l'avi matern havia estat diputat al Parlament de Catalunya per Unió Democràtica de Catalunya- que el va influir vers un compromís cívic i cultural. Va assistir a l'escola Isabel de Villena, una escola catalanista i avançada pedagògicament que li va deixar una gran empremta. L'any 1964 entra a l'Escola d'Enginyers de la Universitat de Barcelona i allí connecta amb el moviment estudiantil participant en la creació del Sindicat Democràtic d'Estudiants de Barcelona -SDEUB. L'any següent participa a La Caputxinada de març de 1966. En 1971, acabat el servei militar, comença a treballar de professor a l'Escola d'Enginyers on va participar en el moviment del professorat no numerari (PNN) i funda la Fundació Joaquim Torrents Ibern amb el propòsit de treballar per la normalització del català en el camp científic i tècnic. En 1972, compaginant les classes a l'Escola d'Enginyers de la Universitat de Barcelona, entrà a treballar a la SEAT com a enginyer en el taller de xapisteria. Va fer una estada curta de sis mesos. En 1974 es va traslladar a viure a Sant Joan Despí. Va ser alcalde del primer ajuntament democràtic de Sant Joan Despí, com a independent, en la candidatura del PSUC (1979-1983). Poc després de ser escollit alcalde, Carles Riba va ser nomenat vicepresident de la Corporació Metropolitana de Barcelona (1979-1983), assumint la responsabilitat de l'àrea del Transport Metropolità i Serveis Metropolitans des d'on es van iniciar projectes que van marcar un llarg període de la vida de la comarca. Va participar en debats escrits i taules rodones sobre organització territorial previs a l'aprovació de les comarques de Catalunya. En acabar el mandat va passar a l'oposició, reingressant poc després a les seves ocupacions habituals a la Universitat. Fruit del seu compromís actiu amb el món local, a finals de 1995 va acceptar la Presidència del Centre d'Estudis Comarcals i, des del 2003, la vicepresidència de la Coordinadora dels Centres d'Estudis Comarcals, responsabilitats en les que continua a l'actualitat.

Carles Riba i Romeva és doctor en enginyeria mecànica (1976) amb la tesi: Estudi de la influència de la configuració geomètrica dels dentats sobre la capacitat de càrrega dels engranatges rectes.

És professor de la UPC des de 1971 i des de 1999 dirigeix el Centre de Disseny d'equips industrials (CDEI-UPC),

que és un centre d'innovació tecnològica de la Universitat Politècnica de Catalunya. El seu objectiu és donar suport a les necessitats d'innovació tecnològica i de formació de les empreses fabricants de béns d'equip, especialment a les PIMES, per dotar-les d'avantatges competitiu i ajudar-les en el disseny i desenvolupament de béns d'equip i productes.

Carles Riba ha publicat diversos articles en revistes científiques, llibres i capítols de llibre, i publicacions de divulgació científica.

La seva capacitat per a la transmissió del coneixement científico-tècnic ve avalada per la seva tasca docent, però també per la tasca de recerca i divulgació.

Recentment ha publicat el llibre *Recursos energètics i crisi. La fi de 200 anys irrepetibles*, en el que es pregunta si serà possible mantenir l'actual model de desenvolupament industrial iniciat ara fa 200 anys amb l'explotació del carbó, més tard del petroli, del gas natural i de l'urani. Aquesta anàlisi es fa amb dades de l'EIA (Energy Information Administration) dels EUA, de l'AIE-EIA (Agència Internacional de l'Energia) de l'OCDE i també d'altres fonts estadístiques internacionals.

Riba és un dels impulsors, des del Col·lectiu per a un nou model Energètic i Social Sostenible, d'un projecte de recerca orientada a la transició energètica, que pretén impulsar el pas de l'actual model de desenvolupament basat en recursos fòssils a un altre basat en recursos renovables, que caldria impulsar des de la universitat i les institucions de recerca catalanes. Per aquesta tasca va rebre el juny del 2013, a l'Escola Politècnica Superior de la UdG, el Premi Manel Xifra Boada 2013 a la transmissió del coneixement, lliurat pel Col·legi d'Enginyers Tècnics Industrials de Girona (CETIG) i Comexi Group.

## 1. Introducció

Com molts altres ciutadans dels països desenvolupats, fa uns anys percebia el tema del medi ambient i de l'energia com una qüestió important però que estava encarrilada i per la qual disposàvem de temps suficient per resoldre-la.

Va ser l'any 2006, quan preparava una conferència sobre *ecodisseny* per a la Universidad del Norte (Barranquilla, Colòmbia) que, indagant sobre els temes ambientals, vaig adonar-me que el temps per arribar a les 450 ppm (parts per milió) de CO<sub>2</sub> a l'atmosfera era d'uns trenta anys.

Aquest límit, que moltes instàncies (entre elles IPCC, el Panell Internacional per al Canvi Climàtic) marquen com a un punt de no-retorn en el canvi climàtic, podia incidir de ple en la nostra generació i, en tot cas, en les generacions dels nostres fills i néts!

Quan vaig continuar estudiant el tema, la meua percepció encara va experimentar un altre capgirament.

Certament, l'ús massiu de combustibles fòssils és la causa principal del canvi climàtic actual a la Terra, de conseqüències imprevisibles. Però darrere d'aquesta preocupació dominant hi ha el declivi i l'exhauriment dels combustibles fòssils i d'altres recursos no renovables, realitats d'efectes molt més immediats que són silenciades pels principals responsables polítics i empresarials mundials.

El fil argumental dels primers apartats d'aquest article és, doncs, avaluar les tendències dels consums mundials d'energies no renovables, analitzar-ne les reserves disponibles i, finalment, calcular el temps fins al seu exhauriment. Com veurem, si no canvien les tendències, aquest exhauriment arribarà vers l'any 2060.

En els darrers apartats d'aquest article s'analitza l'evolució de les factures energètiques externes, allò que els països i les regions paguen (o cobren) per la compra (o la venda) de combustibles fòssils als preus internacionals i es fa una breu referència a les propostes de sortida a la crisi energètica que

està elaborant l'associació CMES recentment creada, de les quals el treball de Ramon Sans Rovira, *Transició energètica del segle XXI (TE21)* [Sans-2013] és un element essencial.

Andorra, com altres països d'Europa del sud, necessita importar una part molt substancial de l'energia que consumeix, dependència que constitueix una de les causes subjacents del desigual repartiment de les pitjors conseqüències de la crisi econòmica actual. En aquest context, la transició vers les energies renovables es fa del tot imprescindible.

Malgrat que el discurs mediàtic dominant vol fer entendre que les energies renovables tan sols poden resoldre una part molt petita del problema, una consideració de la qüestió amb més profunditat obre una altra perspectiva que dóna noves esperances de solució.

## 2. La crisi dels recursos energètics

La inquietud del 2006 va anar madurant fins que el 2011 es va transformar en el llibre *Recursos energètics i crisi. La fi de 200 anys irrepitibles* [Riba-2012] inicialment publicat per Iniciativa Digital (edicions de la Universitat Politècnica de Catalunya) i, més tard (febrer de 2012), per Editorial Octaedro. També es pot trobar en format digital en diverses webs: [www.cmescollective.org](http://www.cmescollective.org) i [www.cdei.upc.edu](http://www.cdei.upc.edu), entre d'altres.

El 14 de maig del 2011, en el marc de la trobada Recercat celebrada a Andorra (jornades de recerca organitzades anualment per l'institut Ramon Muntaner i la Coordinadora dels Centres d'Estudis de Parla Catalana) vaig tenir l'ocasió de presentar breument aquest treball i fou on també vaig assumir el compromís d'escriure aquest article.

Les principals premisses en què es basa l'estudi són:

1. Es parteix d'informació de fonts reconegudes internacionalment: Energy Information Administration [EIA-govEUA] per a les produccions i consums energètics dels diferents països i regions del món, així com per les emissions de CO<sub>2</sub> i per les seves poblacions, des del 1980 fins a 2008; l'Agència Internacional d'Energia [IEA-OCDE] per a les dades de biomassa; la revista *Oil & Gas Journal* [O&GJ] per a les reserves de petroli i gas natural; World Energy Council [WEC], per a les dades de reserves de carbó; i l'Agència Internacional d'Energia Atòmica [IAEA-NU], per a les reserves de combustible nuclear.
2. Es realitzen les anàlisis per al conjunt del món, relacionant diferents magnituds en períodes de temps suficientment significatius. Molts dels països desenvolupats consumeixen recursos produïts en altres indrets, però quan es fa el balanç per al conjunt del món, ja no es pot recórrer a recursos externs. D'altra banda, s'ha intentat respondre qüestions com ara: Tenim prou cultius perquè els biocombustibles puguin ser el substitut del petroli? Quin nivell de CO<sub>2</sub> és previsible a l'atmosfera quan s'hagin cremat totes les reserves de combustibles fòssils?
3. L'estudi està presidit per les avaluacions numèriques. Sovint es fan grans afirmacions no avalades per càlculs que poden donar lloc a percepcions incorrectes o a errors estratègics. Per exemple, es magnifiquen notícies de descobriments de noves reserves de petroli o de gas natural que, en el context mundial, corresponen al consum de setmanes o de dies. També s'ha donat prioritat a les mesures físiques per damunt de les monetàries ja que aquestes darreres sovint incorporen greus distorsions de les realitats energètiques a través dels impostos, les subvencions o els canvis monetaris desiguals.
4. Es fa l'èmfasi en l'exhauriment dels recursos d'energia més que en els impactes ambientals, premissa poc habitual. El discurs mediàtic dominant obvia la qüestió energètica i se centra en

els impactes ambientals (que, per cert, no tenen solució sense una reducció del consum de combustibles fòssils), de manera que molts ciutadans, fins i tot ben informats, tenen la percepció que el futur de l'energia ja està encarrilat.

A més de les anteriors premisses, ha calgut establir criteris de comptabilitat energètica, així com també unes unitats comunes per poder agregar tots els consums i les reserves de les diferents fonts primàries. Entre aquests hi ha:

- a) La comptabilització de les diferents energies com a recursos primaris (aquells que es troben a la naturalesa).
- b) La gran majoria de les energies primàries (petroli, gas natural, carbó, urani, biomassa, geotèrmica, solar tèrmica; el 93% a escala mundial) passen per una etapa d'energia tèrmica i es comptabilitzen com a energia tèrmica.
- c) Hi ha algunes energies primàries minoritàries (escassament el 7% a escala mundial), que no es manifesten com a energia tèrmica: són la hidroelèctrica, la solar fotovoltaica, l'energia del vent i la del mar. En la major part dels casos, aquesta energia es comptabilitza com a elèctrica però, aleshores, no és una energia primària, sinó transformada.

### **3. La transformació d'energies primàries tèrmiques en electricitat**

La transformació de fonts primàries d'energia tèrmica (petroli, gas natural, carbó, urani, geotèrmica, combustibles renovables) en energia elèctrica s'efectua amb una gran pèrdua d'energia (en gran part a causa de les lleis de la termodinàmica) amb un rendiment que, a escala mundial, era del 34,1% el 2008 a la sortida de les centrals elèctriques i d'un 31,2% a l'endoll de l'usuari, després de les pèrdues de distribució. Així, doncs, els valors d'energies primàries tèrmiques abans o després de la seva transformació en energia elèctrica dona valors relacionats per un factor de tres:  $3 W_t$  (watt tèrmic) =  $1 W_e$  (watt elèctric).

L'IEA-OCDE suma energies de fonts tèrmiques primàries amb energies elèctriques secundàries (hidroelèctrica, eòlica, fotovoltaica, totes elles no tèrmiques i renovables), de manera que aquestes darreres apareixen disminuïdes numèricament. Un cas espectacular és entre l'energia nuclear i la hidroelèctrica. Segons l'IEA-OCDE, la producció mundial d'energia nuclear en el balanç global per al 2009 era de 703,31 Mtoe/a (milions de tones de petroli equivalent per any) i, la d'energia hidroelèctrica, de 279,64 Mtoe/a. Però, quan la mateixa IEA-OCDE l'avalua en termes d'electricitat produïda, les centrals hidroelèctriques generen 3.329 TWh/a (terawatts elèctrics hora per any) mentre que les nuclears tan sols 2.698 TWh/a.

En canvi, l'EIA-govEUA comptabilitza les fonts primàries hidroelèctrica, eòlica, fotovoltaica i marítima com l'energia tèrmica equivalent que, en mitjana, hauria generat aquesta energia elèctrica, criteri adoptat en l'obra que serveix de base a aquest estudi [Riba-2012].

Les produccions, els consums, les importacions i les exportacions es mesuren en energia per unitat de temps; per tant, s'han adoptat unitats de potència (de fet, potència mitjana en el temps considerat) com ara el watt (W) i els seus múltiples: kW (mil watts), MW (megawatt, un milió de watts), GW (gigawatt, mil milions de watts) o TW (terawatt, un milió de milions de watts). Per mesurar les reserves (de fet, quantitat d'energia) s'utilitzen unitats anàlogues al kWh (kilowatt hora), com ara el MWh (megawatt hora, un milió de watts treballant durant una hora) o el GWh (gigawatt hora), o unitats ja molt més grans el GWh (gigawatt any, mil milions de watts treballant durant un any) o el TWh (terawatt any).

#### 4. Consums de recursos energètics primaris en el món

A partir dels anteriors criteris de comptabilitat i de les dades de les fonts d'energia primària proporcionades per l'EIA-govEUA, excepte les dades dels combustibles renovables (que inclouen la biomassa tradicional) proporcionades per l'IEA-OCDE, es confegeix la taula 1 per al consum energètic de les darreres dècades.

Les dades dels anys 1980, 1990, 2000 i 2008 coincideixen amb les del text citat [Riba-2012], però s'ha afegit una nova columna corresponent a l'any 2012 amb dades estimades per l'autor a partir de projeccions segons tendències basades en les dades fins l'any 2010 d'EIA-govEUA (les darreres disponibles en el moment d'escriure l'article).

Taula 1. Consums mundials d'energia segons tipus (GWt)								
	1980 <sup>1</sup>	%	1990 <sup>1</sup>	2000 <sup>1</sup>	2008 <sup>1</sup>	%	2012 <sup>1</sup>	%
Petroli	4.383	42,23	4.570	5.203	5.720	32,02	5.860	30,47
Gas natural	1.802	17,36	2.521	3.043	3.809	21,23	4.036	20,99
Carbó	2.338	22,53	2.981	3.090	4.572	25,59	5.365	27,90
Energia nuclear	253	2,44	512	585	908	5,08	918	4,77
No renovables	8.777	84,56	10.753	12.194	15.009	84,01	16.179	84,14
Índex 1980=100	100,0		122,5	138,9	171,0		181,4	
Hidroelèctrica	599	5,77	746	894	1.028	5,76	1.109	5,77
Noves elèct. renov.	16	0,15	56	100	195	1,09	292	1,52
Combustibl. renov.	988	9,52	1.211	1.393	1.634	9,14	1.650	8,58
Renovables	1.602	15,44	2.014	2.387	2.858	15,99	3.050	15,86
Índex 1980=100	100,0		125,7	149,0	178,4		190,4	
Total	10.379	100,00	12.767	14.581	17.867	100,00	19.229	100,0
Índex 1980=100	100,0		123,0	140,6	172,2		185,3	

<sup>1</sup> Valors extrets de la taula 2.1 de *Recursos energètics i crisi. La fi de 200 anys irrepetibles* [Riba-2012]

<sup>2</sup> Valors extrapolats a partir de dades fins el 2010, segons tendències.

Fonts: EIA-govEUA, IEA-OCDE. Elaboració: Carles Riba Romeva

La taula 1 mereix diversos comentaris:

1. Entre 1980 i 2012 el consum mundial d'energia passa de 10.379 a 19.229 GWt, un increment absolut de 8.850 GWt (85,3%) en 32 anys. D'aquest valor, 7.401 GWt corresponen a energies no renovables i 1.480 GWt a energies renovables.

2. En els quatre darrers anys, el creixement del consum mundial d'energia s'intensifica (1.362 GWt, 340 per any) mentre que en els 28 anys anteriors la mitjana dels increments anuals havien estat de 267 GWt.

3. El principal augment de consum en els darrers quatre anys és de carbó, el més contaminant dels combustibles fòssils: 783 GWt (el 58% de tot l'augment, 196 per any), xifra que pràcticament coincideix amb l'augment del consum de carbó a la Xina. Els altres recursos energètics tenen augments de consums més moderats: 140 GWt el petroli; 227 GWt el gas natural; 10 GWt l'urani; i 192 GWt, el conjunt de les energies renovables.

No són tendències positives. La crisi està impulsant un increment important del consum dels recursos energètics més contaminants mentre que la producció de les noves energies renovables no acaba d'arrencar.

## 5. Reserves de recursos no renovables

*Reserva* és un recurs tècnicament i econòmicament recuperable, concepte que, en energia, només té sentit aplicar als recursos no renovables (petroli, gas natural, carbó i urani). Cada un d'ells se sol mesurar amb unitats diferents: barrils (b), per al petroli; peus cúbics (cf), per al gas natural; tones (Tg), per al carbó; milers de tones (ktU<sub>nat</sub>), per a l'urani natural. Totes aquestes mesures s'han traduït a una unitat comuna d'energia: GW<sub>a</sub> (gigawatt tèrmic any, equivalent a 8.760 milions de kWh).

En l'avaluació de les reserves s'han utilitzat les fonts d'informació següents [Riba-2012]: *Oil & Gas Journal* [O&GJ], per al petroli i el gas natural; World Energy Council [WEC], per al carbó; *Red Book 2007 de Nuclear Energy Agency* [NEA-OCDE] i l'Agència Internacional de l'Energia Atòmica [IAEA-NU], per a l'urani. Totes elles són del 2007 però, des d'aleshores, no han variat substancialment. A partir d'aquestes bases s'ha establert la taula 2 de reserves de recursos energètics no renovables.

		Petroli	Gas nat.	Carbó	Urani	Total		Població
	Fonts d'informació	Oil&Gas J. 2007	Oil&Gas J. 2007	WEC 2007	NEA-IAEA 2007	Diverses 2007		EIA (est.) 2012
Món	Unitats físiques	Gb <sup>1</sup>	Tcf <sup>1</sup>	Tg <sup>1</sup>	ktU <sup>1</sup>			
	Mesures físiques	1.316,7	6.189,4	826.002	5.468,8			
	Unitat energètica	GW <sub>a</sub>	GW <sub>a</sub>	GW <sub>a</sub>	GW <sub>a</sub>	GW <sub>a</sub>	% món	Mhab
	<b>Món</b>	<b>258.577</b>	<b>215.383</b>	<b>577.032</b>	<b>75.200</b>	<b>1.126.191</b>	100,00	<b>7.005,2</b>
	% sobre recursos	22,96	19,12	51,24	6,68	100,00		
2	Amèrica del Nord	<b>41.385</b>	9.743	<b>186.043</b>	10.506	<b>247.676</b>	21,99	466,1
6	Amèrica del Sud i c.	20.946	9.125	10.252	4.054	44.376	3,94	491,0
7	Europa	3.030	5.964	16.065	1.566	26.626	2,36	609,8
1	Euràsia	19.452	<b>68.352</b>	<b>152.503</b>	<b>23.010</b>	<b>263.316</b>	23,38	282,2
3	Orient Mitjà	<b>145.268</b>	<b>90.164</b>	1.188	1.559	<b>238.180</b>	21,15	220,1
5	Àfrica	22.014	17.375	25.108	14.365	78.863	7,00	1.061,3
4	Àsia i Oceania	6.483	14.661	<b>185.873</b>	<b>20.139</b>	<b>227.155</b>	20,17	3.874,7

<sup>1</sup> Gb = milers de milions de barrils de petroli; Tcf = bilions de peus cúbics de gas natural; Tg = milions de tones de carbó; ktU = milers de tones d'urani natural.

**Fonts:** petroli i de gas natural: *Oil & Gas Journal* [O&GJ] carbó: [WEC]; urani: *Red Book 2007* [NEA-OCDE] i [IAEA-NU].

**Elaboració:** Carles Riba Romeva

La taula 2 invita a fer els comentaris següents:

1) Les reserves de combustibles no renovables en el món (petroli, gas natural, carbó i urani) pugen a 1.126.191 GW<sub>a</sub> i estan molt mal repartides geogràficament. En cada una d'elles, quatre països sumen més del 50% de les reserves (60% en el gas natural i el carbó) i deu països sumen més del 80% (excepte el gas natural, que hi està a tocar).

2) Al ritme actual de consum d'aquests combustibles (16.179 GWt, taula 1), hi ha tan sols recursos per a 69,6 anys (es produiria l'exhauriment l'any 2081). Més endavant se simularà l'exhauriment amb consums creixents segons el ritme actual (any 2060).

3) Les reserves de carbó (el combustible de més impacte ambiental), són les més importants del món (51,24%) i estan altament concentrades. Vuit països (EUA, Rússia, Xina, Austràlia, Índia, Ucraïna, Àfrica del Sud i Kazakhstan; molts no compromesos amb el protocol de Kyoto) sumen 533.043 GWia (el 92,1%). A més, el carbó és estratègic per a alguns grans països amb pocs recursos alternatius, com ara la Xina, els EUA i l'Índia.

5) Les reserves de petroli (properes al declivi) són les segones en importància, el 22,96%, també concentrades. Vuit països (Aràbia Saudita, Canadà, Iran, Iraq, Kuwait, Emirats Àrabs Units, Veneçuela i Rússia) sumen 203.192 GWia (el 78,6%). Fora del Canadà i Rússia, la resta pertanyen a l'OPEP.

6) Les reserves de gas natural (el menys contaminant dels combustibles fòssils) són una mica inferiors a les de petroli (19,12%) i es concentren en tres països, Rússia, Iran i Qatar, que sumen 123.008 GWGWia (el 57,1%). Amb sis països més (Aràbia Saudita, Emirats Àrabs Units, EUA, Nigèria, Algèria i Veneçuela) acumulen el 76,5% de les reserves.

7) Finalment, les reserves més petites (i de molt) són les d'urani (6,68%), també concentrades en pocs països. Els tres primers (Austràlia, Kazakhstan i Rússia) sumen 35.832 GWGWia (el 47,7%) i amb els sis països següents (Àfrica del Sud, Canadà, EUA, Brasil, Namíbia i Níger) acumulen el 84,7% de les reserves. L'urani, per tant, difícilment pot esdevenir l'alternativa de futur.

8) Quatre regions (Euràsia, Amèrica del Nord, Orient Mitjà i Àsia i Oceania) tenen entre el 20,0 i el 23,4% de les reserves mundials d'energia. A Amèrica del Nord i a Àsia i Oceania, les reserves principals són de carbó, a l'Orient Mitjà són de petroli i gas natural mentre que, a Euràsia, són més repartides. Orient Mitjà, Euràsia i Amèrica del Nord són les tres regions amb menys població del planeta mentre que Àsia i Oceania, acull el 55,3% de la població mundial amb tan sols el 20,2% de les reserves.

9) Les restants regions són més escasses en reserves: Àfrica amb el 7,0% de les reserves (equilibrades) acull el 15,2% de la població, Amèrica del Sud i Central amb el 3,9% de reserves (també equilibrades) acull el 7,0% de la població mentre que, Europa, a la rigorosa cua, amb un escàs 2,36% de les reserves mundials (preponderantment carbó de baixa qualitat) acull el 8,7% de la població mundial.

10) Hi ha països desenvolupats, amb elevats consums d'energia per càpita, que no disposen pràcticament de reserves, com ara França (63,7 Mhab i 197 GWia), Espanya (40,5 i 393), Itàlia (58,2 i 415) o el Japó (127,4 i 509) i, en unes condicions lleugerament millors, el Regne Unit (60,8 i 1.477) i Alemanya (82,4 i 2.829). Europa (i especialment l'Europa del sud) es troben globalment en una situació crítica en reserves de fòssils.

Encara que es descobreixen noves reserves i això fa pensar que s'està molt lluny dels límits de l'exhauriment dels combustibles fòssils, hi ha dos aspectes que no donen gaire marge a l'optimismo.

D'una banda, el sobredimensionament d'algunes reserves oficials (taula 2). Per exemple les *reserves polítiques* de petroli resultat de les revisions a l'alça dels països de l'OPEP en el moment de repartir-se la producció durant els anys 1987-1990 (305 Gb equivalents a uns 50.000 GWia); o la

disminució contínua de les reserves de carbó en les darreres estimacions de la WEC, que sobrepassen el consum d'aquest combustible; o el balanç final de l'urani obtingut en països amb les reserves ja exhaurides, o quasi exhaurides (França i EUA) en relació amb les reserves estimades en anys anteriors d'eufòria extractiva [Riba-2012].

I, d'altra banda, els migrats resultats dels nous jaciments de combustibles fòssils descoberts quan se'ls situa en el context mundial. Per exemple: el gran jaciment de Tupí descobert el 2006 en aigües profundes a 265 km de la costa brasilera conté, segons les millors estimacions, petroli per tan sols tres mesos de consum mundial; el descobriment de gas natural a Veneçuela el 2009 cobreix tan sols uns 25 dies de consum mundial; el jaciment de Vaca Muerta expropiat pel govern argentí a Repsol cobreix el consum mundial d'uns 10 dies d'hidrocarburs; o les estimacions més optimistes d'hidrocarburs a l'Àrtic tan sols allarguen uns 2,5 anys l'era d'aquests combustibles.

## 6. Simulació de l'exhauriment de les reserves

En aquest apartat es contrasten les projeccions de creixement dels consums energètics previstos per les grans agències de l'energia (EIA-govEUA i IEA-OCDE) en l'horitzó 2030, amb les reserves acceptades d'aquests recursos.

La simulació suposa que existirà un creixement continu fins que s'exhaureixen les darreres reserves de combustibles fòssils i es produeixi el col·lapse del sistema actual de desenvolupament tecnològic i econòmic.

A partir de les previsions de creixement dels informes anuals *International Energy Outlook 2010* [IEO-2010] d'EIA-govEUA i *World Energy Outlook 2009* [WEO-2009] d'IEA-OCDE, així com de les reserves estimades el 2007 (taula 2) s'ha projectat el procés d'exhauriment dels recursos fòssils en base als tres pressupòsits següents:

a) El consum anual d'energies no renovables augmentarà un 1,313% anual en progressió geomètrica (extret de les estimacions de les dues agències citades [Riba-2012]).

b) Tots els recursos energètics no renovables (petroli, gas natural, carbó i urani) contribueixen solidàriament al consum, és a dir, quan un recurs s'exhaureix, els altres incrementen el consum per cobrir les projeccions totals d'ús d'energia.

c) Es parteix de les reserves actuals. Si bé aquest supòsit pot no ser cert per al gas natural, és un criteri prudent per als dos recursos més abundants: el carbó i el petroli. Per exemple, els escassos nous descobriments de jaciments de petroli poden quedar àmpliament compensats per les falses reserves polítiques.

La simulació proporciona la gràfica de la figura 1 [Riba-2012].

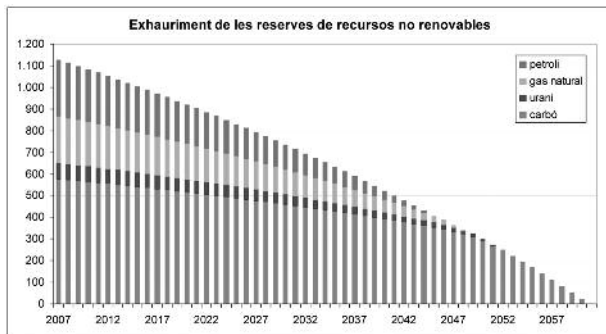


Figura 1. Exhauriment progressiu de les reserves de recursos no renovables (petroli, gas natural, urani i carbó) en el supòsit que actuen solidàriament cobrint les projeccions de consum d'EIA. Font: EIA-govEUA. Elaboració: Carles Riba i Romeva



Les reserves de petroli (258.490 GWi a l'any 2007) són les primeres a exhaurir-se l'any 2046 (d'aquí a 33 anys!). Si es manté el creixement i no s'aposta decididament per les energies renovables, el consum de petroli s'ha de repartir entre les restants fonts no renovables encara amb reserves. I, així successivament.

Aleshores, els exhauriments es precipiten en cadena durant els quinze anys següents: tres anys després (2049), les reserves mundials de gas natural (215.164 GWi a el 2007) s'exhaureixen; tres anys més tard (2052), també ho fan les reserves mundials d'urani (72.564 GWi a el 2007); i, finalment, nou anys més tard (2060) s'acaben les reserves de carbó que encara resten (577.032 GWi a l'any 2007).

Per tant, no queda tan temps: 47 anys!

Això no serà així perquè intervé el fenomen del zenit de producció (o *peak*). La Terra no permet extreure els recursos de les seves entranyes a la velocitat que els humans desitgem. Tal com va preveure Hubber el 1956, la producció en el temps de recursos de tipus petroli en un àmbit geogràfic suficientment ampli pren la forma d'una campana amb una etapa de creixement, un zenit i una etapa de declivi. En el model de Hubber assenyala el zenit quan s'ha extret la meitat de les reserves i, a partir d'aleshores, comença el declivi.

En aquests moments estem transitant (o ja hem transitat) pel zenit de producció del petroli. Les produccions en els darrers anys (2004-2012) estan oscil·lant entre 84 i 87 Mb/d (milions de barrils per dia). Aquesta primera limitació d'un recurs estratègic està marcant un sostre en el creixement dels països amb menys recursos i és una de les causes essencials de la crisi econòmica actual.

## 7. Factures energètiques externes

En un proper treball exposaré amb més extensió el concepte de *factura energètica externa* relacionada amb el pagament o cobrament que realitzen països o regions a causa de la venda o compra de combustibles fòssils a preus internacionals.

A causa dels ràpids augmentos dels preus dels combustibles fòssils en la darrera dècada, aquestes factures (creditors o deutors) han experimentat un increment molt considerable. La figura 2 en mostra l'evolució de 1982 a 2012 per a les regions del món en G€/a (milers de milions d'euros per any).

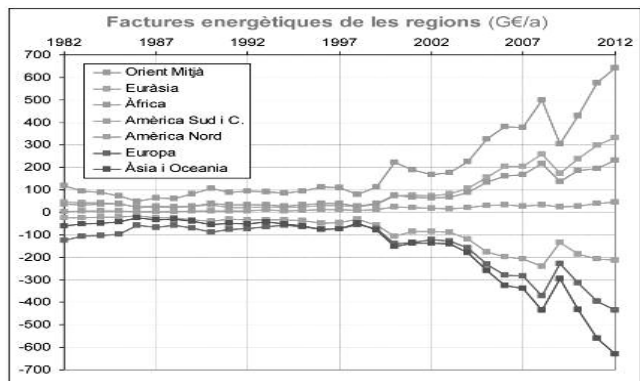


Figura 2. Evolució de les factures energètiques externes de les regions del món entre 1982 i 2102, en G€/a (milers de milions d'euros per any). Fonts: Produccions i consums d'energia: EIA-govEUA; Preus internacionals dels combustibles fòssils: Banc Mundial i Fons monetari Internacional. Elaboració: Carles Riba i Romeva

L'evolució de les factures energètiques externes (tant de les creditors, +, com de les deutores, -), mostren, un creixement molt intens els darrers anys, condicionades per l'evolució dels preus internacionals dels combustibles fòssils, que experimenten una caiguda el 2009 (a l'inici de la crisi) però que es recupera amb escreix en els anys posteriors.

Tot fa pensar que, amb l'escassetat de combustibles fòssils que enuncia el zenit del petroli (o *peakoil*), la tendència a l'augment dels preus no farà sinó augmentar. Com es comprova en la figura 2, Europa és la regió que té la segona factura energètica externa deutora més gran (-436,5 G€/a el 2012), després d'Àsia i Oceania (-631,0), però és la primera en factura energètica externa deutora per càpita [-716 €/hab-a) el 2012] per davant d'Amèrica del Nord (-455) i d'Àsia i Oceania (-193).

Els països del sud (entre ells, Andorra, Espanya i França), amb un nivell de vida alt, produeixen una part nul·la o molt petita dels combustibles fòssils que consumeixen. Això dona lloc a una factura energètica externa deutora (absoluta i per càpita) molt elevades que escanyen el futur de les seves economies.

La taula 3 estableix relacions entre el producte interior brut, l'energia consumida i la factura energètica externa d'Andorra, Catalunya, Espanya i França en el context de les regions del món. S'observa que aquests països es troben entre els que tenen les situacions energètiques més crítiques.

Regions i països	PIBpc <sup>1</sup>	CEpc (fòssils) <sup>2</sup>	PE/CE (fòssils) <sup>3</sup>	Imp-fòs /CE-total <sup>3</sup>	FEE <sup>4</sup>	FEEpc <sup>4</sup>
	€/hab-a)	Wt/hab	%	%	(G€/a)	(€/hab-a)
Món	7.901	2.710	100,0%	0,0%	-	-
Orient Mitjà	8.878	4.684	247,0%	-146,3%	+643,3	+2.922
Euràsia	7.518	4.612	170,5%	-61,5%	+331,1	+1.173
Àfrica	1.487	491	222,8%	-67,8%	+231,9	+219
Amèrica del Sud i C.	7.188	1.339	121,9%	-13,3%	+45,9	+93
Amèrica del Nord	30.755	6.736	87,1%	10,4%	-212,0	-455
Àsia i Oceania	4.422	1.672	76,4%	19,5%	-631,0	-163
Europa	24.092	3.495	38,9%	44,3%	-436,5	-716
Europa del sud <sup>2</sup>	21.280	2.790	6,8%	64,8%	-232,4	-855
Espanya	22.929	3.172	3,0%	67,5%	-52,5	-1.119
França	32.593	3.078	1,0%	50,7%	-67,5	-1.054
Catalunya <sup>3</sup>	27.237	3.494	0,7%	73,4%	-9,8	-1.302
Andorra <sup>4</sup>	33.943	2.826	0,0%	56,6%	-0,096	-1.259

<sup>1</sup> PIBpc: producte interior brut per càpita; CEpc (fòssils): consum de fòssils per càpita; PE/CE (fòssils) (%): percentatge de la producció de fòssils sobre el consum de fòssils; Imp-fòs/CE-tot (%): percentatge de fòssils importats (positiu) o exportats (negatiu) en relació al consum total; FEE: Factura energètica externa; FEEpc: factura energètica externa per càpita.

<sup>2</sup> Europa del Sud: Espanya, França, Itàlia, Portugal, Grècia, Turquia.

<sup>3</sup> Les dades de les 4 darreres columnes de Catalunya corresponen a l'any 2009 (Idescat).

<sup>4</sup> Les dades d'Andorra procedeixen del Departament d'Estadística del Govern d'Andorra. Corresponen al 2012 excepte el PIBpc que és de 2011.

Les factures energètiques empobriran uns països i n'enriquiran d'altres. Alhora, el silenci oficial sobre aquesta realitat ens distreu del veritable problema del declivi i de la fi dels combustibles fòssils en unes societats que cada dia hi confien més.

És per aquest motiu que, apostar de forma decidida i clara per les energies renovables és una estratègia de supervivència. Aquesta no és una transició fàcil. Caldrà resoldre aspectes complexos, entre els quals l'estalvi i l'eficiència energètica, el finançament de les inversions, una curiosa planificada del territori, el desenvolupament de recerques en noves tecnologies energètiques i la formació dels ciutadans per a la nova civilització.

## 8. CMES i les propostes de transició energètica

Davant la inquietud sobre el problema energètic, un conjunt qualificat de persones de diferents professions va decidir el juliol de 2012 crear l'associació CMES (Col·lectiu per a un Nou Model Energètic i Social Sostenible, [www.cmescollective.org](http://www.cmescollective.org)). Els objectius són difondre la gravetat de la situació dels recursos no renovables, elaborar alternatives viables a la crisi energètica i establir un marc de referència compartit que serveixi de base per a les accions que caldrà emprendre.

En aquesta línia s'insereix el citat treball *Transició Energètica del Segle XXI* (TE21) [Sans-2013] que, partint de la hipòtesi de la progressiva substitució de les energies no renovables per renovables des d'ara fins al 2050 aporta una nova visió a partir de comparar la factura energètica externa que caldria pagar de no fer, i de fer, la transició vers les energies renovables. També avalua la inversió necessària per bastir el sistema d'energies renovables i la superfície que requereix. En totes les hipòtesis estudiades, els resultats indiquen molt clarament que el principal risc és no fer la transició energètica. Explicar aquests resultats en detall mereix tot un altre article.

Per la seva geografia i elevada població, Andorra difícilment podrà ser totalment autònoma des del punt de vista energètic i haurà de mantenir una intercanvi energètic amb l'entorn. Tanmateix, en base a evitar consums innecessaris, a millorar l'eficiència en la generació i en els processos productius i a explorar totes les possibilitats de les energies renovables, Andorra pot acostar-se molt més a l'autosuficiència. En tot cas, per les seves dimensions i per la capacitat de d'autogovern, Andorra pot ser un magnífic laboratori sobre l'energia.

### Bibliografia

AGÈNCIA INTERNACIONAL DE L'ENERGIA [IEA-OCDE]. Organització intergovernamental autònoma creada el 1974 en el marc de l'Organització per a la Cooperació i el Desenvolupament Econòmic (OCDE) després de la crisi del petroli de 1973.

*Estadístiques sobre energia*; <<http://www.iea.org/stats/index.asp>>.

Publicació anual: *World Energy Outlook*, <<http://www.worldenergyoutlook.org/>>.

AGÈNCIA INTERNACIONAL DE L'ENERGIA ATÒMICA [IAEA-NU]. Organisme de les Nacions Unides creat el 1956 per promoure l'ús pacífic i segur de les tecnologies nuclears.

<<http://www.iaea.org/>>.

Junt amb la NUCLEAR ENERGY AGENCY [NEA-OCDE], creada el 1958 per l'OCDE, publica des de 1965 informes periòdics sobre l'energia nuclear coneguts com a "*Red Book*".

<<http://www.oecdbookshop.org/>>.

COL·LECTIU PER A UN NOU MODEL ENERGÈTIC I SOCIAL SOSTENIBLE [CMES]. Associació creada el 2012 amb seu a Barcelona. Diversos escrits.

<<http://www.cmescollective.org/>>.

ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION [EIA-govEUA]. Departament d'Energia (DOE) del Govern dels Estats Units d'Amèrica. Proporciona estadístiques sobre energia, emissions de CO<sub>2</sub> i població per als diferents països i regions del món.

<<http://www.eia.gov/cfapps/ipdbproject/IEDIndex3.cfm>>.

GOVERN D'ANDORRA [GdAE]. Departament d'Estadística: *població, PIB, consums energètics*  
<<http://www.estadistica.ad/serveiestudis/web/index.asp>>

INSTITUT D'ESTADÍSTICA DE CATALUNYA [Idescat]. *població, PIB, consums energètics*  
<<http://www.idescat.cat/>>

OIL & GAS JOURNAL [O&GJ]. Revista americana líder de la indústria d'hidrocarburs amb una cobertura mundial. L'actualització periòdica que publica de les reserves de petroli i de gas dels diferents països constitueix una referència àmpliament acceptada.

<<http://www.ogj.com/index.html>>

RIBA ROMEVA, C. [Riba-2012], *Recursos energètics i crisi. La fi de 200 anys irrepetibles*, Editorial Octaedro, Barcelona 2012.  
En accés lliure: <[www.cmescollective.org/](http://www.cmescollective.org/)>; <[www.cdei.upc.edu](http://www.cdei.upc.edu)>

SANS ROVIRA, R. [San-2013], *Transició energètica del segle XXI (TE21)*, Conferència-Debat, CMES 21 de febrer de 2013.  
<<http://cmescollective.org/CA/2013/02/transicio-energetica-segle-xxi-conferencia-debat/>>

WORLD ENERGY COUNCIL [WEC], Organisme mundial, creat el 1923 i acreditat per les Nacions Unides, que agrupa la principal xarxa independent d'organitzacions i líders professionals sobre l'energia. La publicació periòdica *Survey Energy Resources* constitueix una referència mundial en relació a les actualitzacions de les reserves de carbó.  
<<http://www.worldenergy.org/>>; <<http://www.worldenergy.org/publications/>>