

# Metabolisme energètic de l'economia catalana<sup>1</sup>

**J. Ramos-Martin<sup>#</sup>**

# Departament d'Economia i Història Econòmica, i  
Institut de Ciència i Tecnologia Ambientals,  
Universitat Autònoma de Barcelona,  
Edifici B, 08193 Bellaterra (Cerdanyola), Spain  
Email: Jesus.Ramos@uab.es

## 1. Introducció

La ponència que presentaré és el resum d'una part d'un estudi realitzat per al Consell Assessor per al Desenvolupament Sostenible de la Generalitat de Catalunya. L'estudi *Anàlisi del Metabolisme Energètic de l'Economia Catalana* (AMEEC)<sup>2</sup> sorgeix de la preocupació davant la situació energètica actual, caracteritzada per una alta dependència de l'economia catalana respecte els combustibles fòssils, i alhora, una situació internacional marcada per la volatilitat i la pujada dels preus del petroli i de les altres fonts d'energia.

A més, aquesta situació es preveu que s'agreuja a mig i llarg termini, ja que d'una banda la demanda mundial de petroli continuarà creixent, i de l'altra, sembla que el ritme d'extracció del petroli a nivell mundial està arribant a un màxim (que es coneix com a cim del petroli o *peak oil*). Així doncs, les futures pujades del preu de l'energia provocaran tensions en el sistema econòmic mundial, i afectaran de manera especial als països més dependents del petroli, com és el cas de Catalunya.

Catalunya té una forta dependència dels combustibles fòssils; el petroli significa gairebé el 50% del consum total d'energia primària, i el gas natural, el 25%, que s'han d'importar pràcticament en la seva totalitat. Per tant, a mig termini Catalunya haurà de fer front a un conjunt de reptes, que resumim a continuació:

- i) La competitivitat de l'economia catalana es pot veure compromesa per perturbacions relatives al mercat de combustibles fòssils;
- ii) L'economia catalana haurà d'afrontar l'estrès associat a un canvi estructural en el sector energètic, amb l'envelliment i l'acabament de la vida útil de les centrals nuclears;
- iii) L'economia ha d'afrontar una reestructuració més general per a fer front als nous desafiaments que comporten tant la globalització, com l'ampliació de la Unió Europea als estats de l'est d'Europa (competir amb economies que poden disposar d'un cost de la mà d'obra molt més baix);
- iv) La dinàmica demogràfica de la societat catalana està canviant, amb l'envelliment de la població i l'arribada de nova població. La millora del nivell de vida fa que augmenti el consum d'energia al sector domèstic; i
- v) Alhora, els compromisos internacionals de lluita contra el canvi climàtic penalitzaran aquelles economies més dependents dels combustibles fòssils, per les obligacions de reducció de les emissions de CO<sub>2</sub>.

---

<sup>1</sup> Ponència presentada al XXIII Curs d'Estiu "Conflictes pel control de l'energia", de la Universitat Internacional de la Pau, el 22 de juliol de 2008 a Sant Cugat.

<sup>2</sup> Podeu trobar el resum executiu de l'informe d'aquest projecte a [http://www.gencat.cat/cads/pdf/AMEEC\\_Resum\\_executiu.pdf](http://www.gencat.cat/cads/pdf/AMEEC_Resum_executiu.pdf)

El propi Pla de l'Energia de Catalunya (PEC) (Generalitat de Catalunya, 2006: 53, 54) remarca el fet que no hem de considerar l'actual pujada de preus dels combustibles fòssils (i podem afegir també que els de l'urani) com un fenomen temporal, sinó més aviat com un canvi de tendència. Això és així perquè la demanda d'energia continuarà creixent al llarg del temps, i les possibilitats d'augmentar l'extracció són limitades no només per les fortes inversions que s'han de fer, sinó també pel fet que els recursos són exhauribles en un futur cada cop més proper. A més, les reserves mundials estan concentrades en un petit nombre de països, la majoria dels quals es caracteritzen per una elevada inestabilitat política, fet que atorga encara més fragilitat al funcionament de les nostres economies. Aquests fets fan que el coneixement de com s'utilitza el petroli i altres formes d'energia a Catalunya sigui crucial, per poder impulsar les mesures adequades.

Aquesta situació no és nova a la història de la humanitat, però és especialment preocupant en primer lloc perquè hi haurem de fer front a mig termini, i en segon lloc per l'escala del problema, mai vista amb anterioritat no solament pel nombre de societats afectades, sinó també per les repercussions que pot tenir. Com a precedents històrics podem recordar que, tal i com Tainter (1988) va indicar, moltes civilitzacions antigues capdavanteres a la seva època van col·lapsar, a causa de la seva inhabilitat de mantenir els recursos energètics que precisaven i la seva complexitat social. Alguns exemples són les civilitzacions Maya i Rapa Nui. Actualment, la forta dependència de les nostres economies vers els combustibles fòssils ens indica que estem davant d'una possible crisi d'escala mundial. En efecte, el manteniment de les societats actuals tal i com les coneixem requereix d'un flux d'energia de molt alta qualitat (mesurada en unitats d'energia per unitat de volum), que en l'actualitat exemplifica el petroli. Qualsevol alternativa que vulgui mantenir el nivell d'activitat ha de garantir una elevada qualitat de l'energia, si no és així les opcions seran o reduir els nivells d'activitat o acceptar que les alternatives tindran també un impacte sobre el medi ambient.

Si de fet estem davant d'una escassetat del petroli barat que alguns pronostiquen, els actuals preus no reflecteixen encara aquesta situació, malgrat els seus nivells alts i de tendència creixent, i es fan poques inversions per a resoldre el problema. La causa pot trobar-se, d'una banda, en la incertesa lligada a tota la informació respecte els combustibles fòssils (reserves disponibles, capacitat d'extracció i costos econòmics associats), i de l'altra, en les fortes inèrcies que el sistema econòmic pateix i que fan que qualsevol canvi de model econòmic i/o energètic requereixi de fortes inversions i canvis de mentalitat de la societat en general. És a dir, no existeixen solucions que només siguin tecnològiques, sinó que els valors i les actituds dels ciutadans són igualment importants per tal d'adreçar el problema.

Les solucions possibles són diverses, des de la reducció de les activitats més dependents dels combustibles fòssils (com ara el transport per carretera), al canvi en les fonts energètiques, potenciant les de caràcter renovable i que no emetin gasos amb efecte d'hivernacle. Avui dia, però, les energies renovables encara tenen uns rendiments energètics (energia produïda per unitat d'energia invertida) molt baixos, el que implica que necessiten grans extensions de territori, amb la qual cosa el seu impacte ambiental depèn del grau d'extensió. El que volem dir amb això és que totes les fonts d'energia, i el consum energètic que se'n deriva per al manteniment i creixement de la nostra activitat, comporten un impacte ambiental associat, i ha de ser la societat la que decideixi quin grau d'impacte està disposada a acceptar per al manteniment del nivell de vida actual.

En aquest context, l'estudi AMEEC utilitza una metodologia innovadora, coneguda originalment com a *Multi-Scale Integrated Analysis of Societal Metabolism*<sup>3</sup> (MSIASM) (Giampietro, 2003),

---

<sup>3</sup> Que traduïm per *Anàlisi Integrat Multiescalar del Metabolisme Social*.

per tal de fer una caracterització de l'economia catalana en termes d'energia que ens permeti entendre millor els lligams entre les variables econòmiques, biofísiques (en aquest cas, el consum d'energia) i demogràfiques.

L'aplicació de MSIASM permet estudiar, entre d'altres, les relacions que hi ha entre els canvis estructurals als diferents sectors econòmics, els seus consums d'energia, l'evolució de l'eficiència energètica, l'evolució de l'ocupació als diferents sectors, i la productivitat del treball.

## 2. Metodologia, fonts de dades i àrea d'estudi

### 2.1. Metodologia, i descripció de les variables

A l'anàlisi integrada MSIASM que s'ha aplicat dividim l'economia catalana en dos grans sectors: el sector de treball remunerat (PW, paid work sector)<sup>4</sup>, responsable de la generació de valor afegit, o PIB; i el sector de les activitats no productives (HH, households<sup>5</sup>), responsable del consum d'aquest valor afegit (que inclou la població dependent, el treball no remunerat i el temps que la població activa no dedica a treball). Tots dos sectors, però, consumeixen energia per al seu manteniment i desenvolupament. A la vegada, el sector del treball remunerat es pot dividir en tres subsectors principals: el sector productiu (PS, productive sector)<sup>6</sup>, serveis i administració (SG, services and government), i agricultura (AG). L'esquema que es presenta a continuació mostra aquesta divisió per subsectors de l'economia catalana. La divisió en tres nivells respon a una estructura jeràrquica, en el sentit que cada nivell superior és igual a la suma del nivell inferior. Com veurem més endavant, en la terminologia que s'utilitza el conjunt de l'economia catalana equival al *nivell n*, que es compon de dos sectors (*nivell n-1*). Cadascun d'aquests es pot compondre d'altres subsectors, que s'anomena *nivell n-2*.

**Taula 1: Divisió en compartiments de l'economia catalana**

Nivell n	ECONOMIA CATALANA			
Nivell n-1	<b>SECTOR DE TREBALL REMUNERAT (PW)</b> Part de l'economia que genera valor afegit. Es divideix en subsectors:		<b>SECTOR DE LES ACTIVITATS NO PRODUCTIVES (HH)</b> Part de l'economia dedicada al consum	
Nivell n-2	AG	PS	SG	Tipologies de famílies
	Agricultura, ramaderia i sector forestal	Indústria, mineria, energia i construcció	Serveis i administració	(educació, llar, oci, viatges)

Per tal d'entendre l'anàlisi que es farà a continuació cal conèixer quines són les variables que s'utilitzen i els indicadors que es calculen per a cadascun d'aquests compartiments.

<sup>4</sup> La nomenclatura del model es troba en llengua anglesa. Per tal de garantir més endavant la comparació amb altres estudis internacionals hem decidit mantenir-la en anglès, i és per això que entre parèntesi s'explica el seu significat (vegeu Giampietro, 2003).

<sup>5</sup> A la metodologia MSIASM original (Giampietro 2003) es parla de sector de les llars (households en anglès). Tot i així, tenint en compte que s'inclou tot el temps que no es dedica a generació de valor afegit, preferim anomenar-lo "sector de les activitats no productives", ja que inclou el temps dels nens, dels jubilats, desocupats, i el temps no actiu dels ocupats. Mantenim, però, el subíndex HH.

<sup>6</sup> En aquesta divisió arbitrària s'anomena sector productiu, PS, al conjunt que formen el sector de l'energia, la mineria, i la indústria. Això no vol dir, evidentment, que l'agricultura o els serveis no siguin productius. Es tracta més aviat d'una interpretació en termes d'hipercicle, com s'ha explicat al Bloc 1, i de mantenir la nomenclatura original.

A MSIASM s'utilitzen principalment **tres variables**: el consum d'energia primària, el temps que el conjunt de la societat dedica a cada activitat, i el producte interior brut (Taula 2). Aquestes variables es poden aplicar tant al conjunt de l'economia (nivell n) com a cada sector (nivell n-1) o subsector (nivell n-2). Per exemple, s'utilitza el consum total d'energia primària a Catalunya (TET), el consum d'energia primària al sector del treball remunerat (ET<sub>PW</sub>), i al sector de les activitats no productives (ET<sub>HH</sub>), o als diferents subsectors (ET<sub>AG</sub>, ET<sub>PS</sub> i ET<sub>SG</sub>, respectivament).

**Taula 2: Variables utilitzades a MSIASM**

Acrònim	Nom de la variable	Descripció	Com es calcula?
TET <sup>7</sup>	Flux total d'energia	Total d'energia primària usada per una economia en un any [J].	Fons estadístiques.
THA	Temps total d'activitat	Total de temps de què disposa una societat en un any per a les diverses activitats [h].	Multiplicant el total de població per 8.760 hores.
GDP	Producte interior brut	Valor afegit generat per una economia en un any. En [€] (ó \$).	Fons estadístiques.

A partir d'aquestes variables, que s'obtenen de fonts estadístiques, es calculen els indicadors que serveixen per a l'anàlisi MSIASM. Aquests són la intensitat energètica, la taxa de metabolisme exosomàtic, la productivitat del treball i l'eficiència energètica de la producció. La Taula 3 resumeix el seu significat.

**Taula 3: Indicadors que s'utilitzen a MSIASM**

Indicador	Definició [unitat]	Fórmula	Què mesura?
EI <sub>i</sub>	Intensitat energètica [MJ/€]	= TET/GDP	Indica l'energia consumida per unitat de PIB.
EMR <sub>SA</sub>	Taxa de metabolisme exosomàtic mitjana de la societat [MJ/h].	= TET/THA	Indica la quantitat d'energia consumida en un any per una societat per cada hora viscuda.
EMR <sub>i</sub>	Taxa de metabolisme exosomàtic [MJ/h].	= ET <sub>i</sub> / HA <sub>i</sub>	Indica l'energia consumida per hora de l'activitat del sector i.
ELP <sub>i</sub>	Productivitat del treball [€/h]	= GDP <sub>i</sub> / HA <sub>i</sub>	Indica la generació de valor afegit per hora d'activitat.
ELP/EMR <sub>i</sub>	Eficiència energètica de la producció [€/GJ]	= GDP <sub>i</sub> / ET <sub>i</sub>	Mesura la productivitat econòmica de l'energia.

A continuació s'explica més detalladament el significat de cadascun d'aquests indicadors:

La **intensitat energètica** (EI, energy intensity) és l'energia total consumida per unitat de PIB. Es calcula dividint el consum total d'energia, anomenat també transflux total d'energia (TET, total energy throughput) pel PIB (GDP, gross domestic product), i en aquest estudi el mesurarem en MJ/euro en termes constants.

$$EI = TET / GDP$$

La **taxa de metabolisme exosomàtic mitjana de la societat** (EMR<sub>AS</sub>, exosomatic metabolic rate, average of the society) és el consum d'energia total d'un any en una societat, dividit per les hores de les quals disposa la societat en un any. És a dir, el temps total dedicat a les diverses activitats (THA, total human activity). Aquesta última variable no és més que la multiplicació de la població total del territori pel nombre d'hores d'un any, 8.760, ja que ens interessa la dotació total de temps de la societat. Aquesta relació, la EMR<sub>AS</sub>, dona com a resultat la taxa d'ús

<sup>7</sup> Quan s'aplica per a un sector o subsector *i*, s'anomenen, respectivament: ET<sub>i</sub>, HA<sub>i</sub> i GDP<sub>i</sub>.

d'energia de la societat, usualment expressada en mega Joules (MJ) per hora. La interpretació d'aquesta taxa és que es tracta d'una variable que reflecteix el ritme al qual la societat dissipa energia per al seu manteniment i desenvolupament per unitat de temps.

$$EMR_{AS} = TET / THA$$

Per analogia, podem obtenir el mateix tipus de taxa per a cadascun dels dos grans sectors en què hem dividit la societat: el sector de les activitats no productives i del treball remunerat. És a dir, per les activitats no productives:

$$EMR_{HH} = ET_{HH} / HA_{HH}$$

On  $ET_{HH}$  és el consum d'energia al sector de les activitats no productives, i  $HA_{HH}$  és el temps humà disponible que no es dedica a treball remunerat. Un augment de  $EMR_{HH}$  reflecteix un increment del nivell de vida material (veure Pastore et al., 2000), i una major capitalització (ús d'eines i instruments) i consum al sector no remunerat (HH).

I pel treball remunerat:

$$EMR_{PW} = ET_{PW} / HA_{PW}$$

On  $ET_{PW}$  és el consum d'energia dels sectors que generen valor afegit, i  $HA_{PW}$  és el temps que es dedica al treball remunerat. Aquest valor és el resultat de variables demogràfiques, com ara el total i l'estructura de la població, però també socials com són l'edat mínima legal per treballar, l'edat de jubilació, i la jornada de treball mitjana. La taxa de metabolisme del sector de treball remunerat ( $EMR_{PW}$ ) pot utilitzar-se com a variable *proxy*<sup>8</sup> per a la inversió en capitalització (maquinària i eines) del sector de treball remunerat (PW). El mateix passa a la resta de subsectors, on es pot calcular la taxa mitjana del metabolisme del sector productiu (la taxa  $EMR_{PS}$ ), el sector de serveis i govern ( $EMR_{SG}$ ), i a l'agricultura ( $EMR_{AG}$ ).

Una altra taxa que utilitzem és la **productivitat econòmica del treball** (ELP, economic labour productivity) que es defineix com el PIB (o GDP, en les sigles anglès) dividit pel total d'hores dedicades a treball remunerat ( $HA_{PW}$ ). Les unitats en què s'expressa ELP són euros per hora. De nou, podem calcular també la productivitat econòmica per a cadascun dels subsectors que considerem ( $ELP_{AG}$ ,  $ELP_{PS}$ , i  $ELP_{SG}$ ), dividint el GDP sectorial (p.e.  $GDP_{AG}$ ) per la seva quantitat relativa d'hores de treball (p.e.  $HA_{AG}$ ).

Finalment, utilitzarem també la **productivitat econòmica de l'ús de l'energia** (Economic Energy Efficiency paid-work sector), que es calcula utilitzant les relacions anteriors (ELP/EMR). Aquesta és una variable intensiva que mesura l'eficiència econòmica amb què utilitzem l'energia, és a dir, quant valor afegit generem amb una unitat d'energia. Es mesura en euros per Giga Joule (€GJ).

## 2.2. Dades utilitzades a l'anàlisi

En primer lloc, pel que respecta a les dades d'*energia*, s'han utilitzat les dades de consum d'energia primària dels balanços energètics de Catalunya per al període 1990-2005 proporcionats per ICAEN. Val a dir que aquestes dades són de caràcter provisional per als anys 2004 i 2005, per la qual cosa no podem extreure conclusions definitives del seu anàlisi, i és més que probable que els resultats canviïn per aquests dos anys un cop disposem de les dades definitives. En particular cal remarcar que s'observa un estancament del consum d'energia primària el 2004 i el

---

<sup>8</sup> Una variable proxy substitueix una variable d'interès que no podem mesurar.

2005, que no segueix la tendència observada fins aquell moment, i que no pensem que sigui creïble.

Les dades de consum d'energia primària presenten els diferents vectors energètics de forma agregada i per als sectors econòmics descrits abans. Per tal de poder utilitzar-les en aquesta anàlisi, hem convertit les dades expressades en tones equivalents de petroli (tep) a megajoule o gigajoule segons correspongui, aplicant el factor de conversió 1 tep = 41.868 MJ. En la presentació de les dades sumem totes les fonts d'energia i presentem la figura corresponent al total del consum d'aquell sector. Ara bé, per a la interpretació dels resultats es farà ús de la desagregació d'aquest consum per a un sector concret entre les diferents formes d'energia primària. Per exemple, reduir el consum d'energia en una unitat d'energia primària al transport implica reduir una unitat de combustibles fòssils, ja que gairebé tot el combustible que s'utilitza al transport ho és, però a la indústria correspon només a una part. Per tant, si el problema que volem combatre és la dependència dels combustibles fòssils i el possible impacte sobre el canvi climàtic serà millor reduir unitats d'energia al transport que no pas a la indústria.

En el cas de les dades *demogràfiques*, presentem la població total segons les estadístiques de l'Institut Nacional d'Estadística (INE) (concretament del Padró continu de població) i les dades de població activa i de població ocupada per sectors provenen de l'Enquesta de Població Activa (EPA) de l'INE. Amb aquesta informació, i per tal de fer una estimació del total d'hores treballades a cada sector d'activitat, s'assumeix un calendari anual de treball de 46 setmanes de treball efectiu. En aquest punt la situació més desitjable seria poder comptar amb estimacions d'hores treballades setmanalment o mensualment per a cada tipus d'activitat, però aquesta informació no està disponible per a Catalunya, de manera que hem hagut d'obtenir les dades de l'INE del Cens de Població de 2001, on apareixen les hores treballades a la setmana per sector econòmic i per franja d'edat. Fent una mitjana ponderada de les diferents franges d'edat s'ha calculat que la mitjana d'hores de treball setmanals al sector primari és de 40,4; a la indústria (incloent-hi construcció) és de 38,1 hores; i als serveis és de 36,6 hores. Aplicant aquests valors a la població ocupada per sectors s'ha obtingut el número d'hores assignades a cada activitat per l'economia catalana. Aquest sistema és molt poc elaborat, però és l'únic que podem emprar amb les dades existents. El principal inconvenient és que estem assumint que el nombre d'hores treballades setmanals es manté constant al llarg del temps, tot i que segurament això no és així, ja que recentment s'observa un increment de la jornada de treball efectiva als països industrialitzats, tot i que nominalment alguns l'estiguin reduint. En qualsevol cas, s'ha de dir que les dades obtingudes per a Catalunya són molt similars a les que ofereix l'Organització Mundial del Treball per al conjunt de l'Estat espanyol<sup>9</sup>.

Pel que fa a l'estimació de la generació de *valor afegit*, s'han utilitzat les dades que publica l'Institut Nacional de Estadística (INE). No s'han pogut utilitzar dades pròpiament generades a Catalunya perquè no estan disponibles, fet que es considera particularment greu. Ni el Departament d'Economia i Finances de la Generalitat ni l'Institut Català d'Estadística (IDESCAT) disposen d'una sèrie històrica de PIB a preus constants amb la mateixa base, de manera que per obtenir una sèrie històrica homogènia del PIB s'ha hagut de recórrer a les *Cuentas Regionales* de l'INE. Partint de dades del PIB català amb diferents bases s'ha construït una sèrie homogènia en base 2000, on hem comptat amb l'ajut d'economistes del Departament d'Economia Aplicada de la UAB.

### **2.3. Àrea d'estudi i horitzó temporal**

El període analitzat al llarg de tot l'estudi va des de 1990 fins al 2005.

---

<sup>9</sup> Veure, per exemple, <http://laborsta.ilo.org/>

Com hem dit abans, el nivell superior o  $n$  seria el de Catalunya com a unitat d'anàlisi. Això ens permet veure quines són les característiques principals de Catalunya tant a nivell econòmic, com demogràfic o quant a consum d'energia. A més, el treball en aquest nivell és el que permet la comparació amb altres realitats nacionals i/o polítiques, i és el que permet fer servir aquesta informació per a la presa de decisions a nivell del govern.

No obstant això, el comportament del país depèn del comportament dels compartiments dels quals està compost. És per això que aquí anem cap avall de la jerarquia. En el procés de pujar o baixar a través dels nivells jeràrquics fem servir com a variable fons, que ens serveix per lligar els diferents nivells, el temps que els humans dediquen a diferents activitats. Així, el total de temps que l'economia catalana té a disposició per a les diferents activitats en un any és el resultat de multiplicar la població per les 8.760 hores que té un any. Aquesta variable l'anomenem  $THA$  (Total Human Activity).

Un primer nivell inferior,  $n-1$ , és el que ens diu com Catalunya distribueix el temps que tenen a la seva disposició els habitants del país, entre activitats productives generadores de valor afegit, i activitats purament consumidores d'aquest valor afegit, o activitats no productives (que inclouen el descans, l'educació, l'oci, etc.). A la quantitat de temps d'una determinada activitat  $i$  l'anomenem  $HA_i$ . Així, el primer grup del que parlem és el responsable de generar el valor afegit i l'anomenem  $HA_{PW}$  (on el subíndex, paid-work en anglès, ens indica que són les hores que es dediquen a activitats que estan remunerades. La resta de temps que es destina a activitats consumidores l'anomenem  $HA_{HH}$  (on el subíndex vol dir household sector). Com ja s'ha dit, aquesta categoria inclou la població dependent (vells i nens), la població en edat de treballar però que no treballa (aturats, estudiants), així com la població ocupada en les seves hores de no treball, o d'oci.

Partint d'aquesta primera divisió, podem anar més avall en la jerarquia i veure com aquests dos compartiments que hem presentat es divideixen en subsectors, que formaran el *nivell n-2*. El sector domèstic (HH) es podria desagregar per tipus de famílies per tal d'analitzar les diferències de comportament, tant pel que fa a la distribució del temps com del consum d'energia i de renda. Malauradament, però, no estem encara en situació de fer una desagregació dels sectors domèstics per tipologies de famílies amb el seu corresponent metabolisme, tot i que aquesta investigació es considera crucial per entendre com els canvis socials i demogràfics afecten el consum d'energia del conjunt de la societat. Per exemple, l'augment de les famílies monoparentals, així com la reducció de la natalitat, són factors que han fet que la mida mitjana de les unitats familiars hagi disminuït al llarg del temps, de manera que molts dels consums energètics fixes d'una llar ara s'han de doblar (cotxe privat, equipament de la llar, i construcció d'habitatges), fet que afecta negativament al nostre metabolisme.

Tot i que no ho podem fer en el cas del sector domèstic, sí que podem desagregar el compartiment que es dedica a generar valor afegit, el treball remunerat (PW). Idealment s'hauria de descompondre l'activitat productiva entre tots aquells sectors econòmics que es consideressin crucials, per exemple arribant a descripcions de fins a 15 o 20 sectors econòmics.

Fetes totes aquestes consideracions, en aquest bloc només podem oferir una desagregació entre el sector primari (que aquí anomenem AG), sector secundari (PS), i serveis (SG). El sector primari comprèn les activitats agrícoles, de ramaderia i silvo-forestals. Per la seva banda el sector de la indústria inclou les activitats industrials, la construcció i el sector de l'energia. Per últim els serveis inclouen les activitats pròpies del sector terciari, les administracions públiques i una part corresponent al transport. El transport, en termes de consum d'energia, es divideix a parts iguals entre transport de persones i mercaderies. Entre el transport de persones la meitat

correspon a mobilitat obligada, per la qual cosa s'ha decidit incloure el 75% de l'energia consumida al transport dins del sector serveis, i l'altre 25% del consum energètic al transport s'assigna al sector de les famílies o domèstic (HH). Ara bé, en termes de població activa tot el sector transport s'inclou als serveis.

### 3. Presentació de resultats

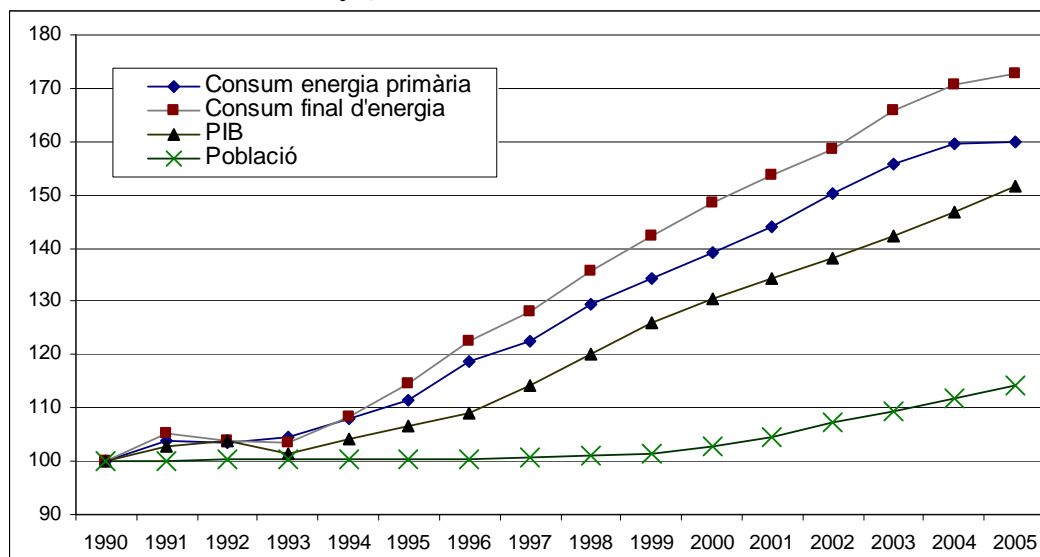
#### 3.1. Augment de la demanda d'energia

*El consum total d'energia ha augmentat molt en els darrers 15 anys, i es preveu que continuï creixent. Per poder canviar la tendència, calen polítiques de contenció de la demanda.*

La primera conclusió que podem treure de l'anàlisi del sistema energètic català és que el consum d'energia primària ha tingut una forta tendència a l'augment en els darrers anys, que sembla que continuarà en un futur immediat, i que afecta a tots els vectors energètics (excepte el carbó). El consum d'energia primària a Catalunya ha crescut un 60% entre 1990 i 2005, a un ritme del 3% interanual (igual que ho ha fet al conjunt de l'Estat espanyol). Aquest augment del consum es produeix per a tots els vectors energètics (només exceptuant el carbó, on s'ha reduït), però sobretot ha augmentat en el cas del gas natural (que creix un 287%, multiplicant per 4 el consum de 1990) i els productes petrolífers (que creixen un 57%). Durant aquests 15 anys el PIB ha crescut menys (Figura 1), i l'augment de la població ha estat encara menor. En dades de consum d'energia primària *per capita* s'ha passat de 2,75 ktep/hab el 1990 a 3,84 ktep/hab el 2005, igualant la mitjana europea (de la UE-25), i alhora superant el consum per habitant del conjunt de l'Estat espanyol (que l'any 2004 va ser de 3,3 ktep).

Ara bé, com mostra la Figura 1, els consums finals d'energia, han crescut encara més que l'energia primària, un 72,8% en tot el període, i per tant podem dir que hi ha hagut una millora en l'eficiència.

**Figura 2: Creixement del consum d'energia primària, energia final, PIB i població a Catalunya, entre 1990 i 2005 (nivell 1990=100)**



Font: Elaboració pròpia

El consum final d'energia és l'energia ja transformada que consumeixen els diferents sectors d'activitat i a les llars; en dades de 2005 correspon en un 52% a derivats del petroli (principalment, gasoil), un 24% a electricitat, i finalment un 23% a gas natural per a consum final. Al llarg d'aquests quinze anys estudiats l'estructura de consum final d'energia ha canviat



força: els derivats del petroli que es destinen a consum final han augmentat molt però per sota de la mitjana (58%), però el gas natural ha tingut un creixement espectacular (152% entre 1900 i 2005). El consum d'electricitat ha crescut un 79%, i alhora és important remarcar que ha canviat també considerablement l'estructura de generació, com veurem més endavant.

Si ens fixem en les causes de l'augment del consum d'energia, aquestes són el creixement econòmic, l'augment de la població i, sobretot, l'augment en el nivell material de vida. Cal dir, però, que un dels sectors on augmenta més el consum és el transport.

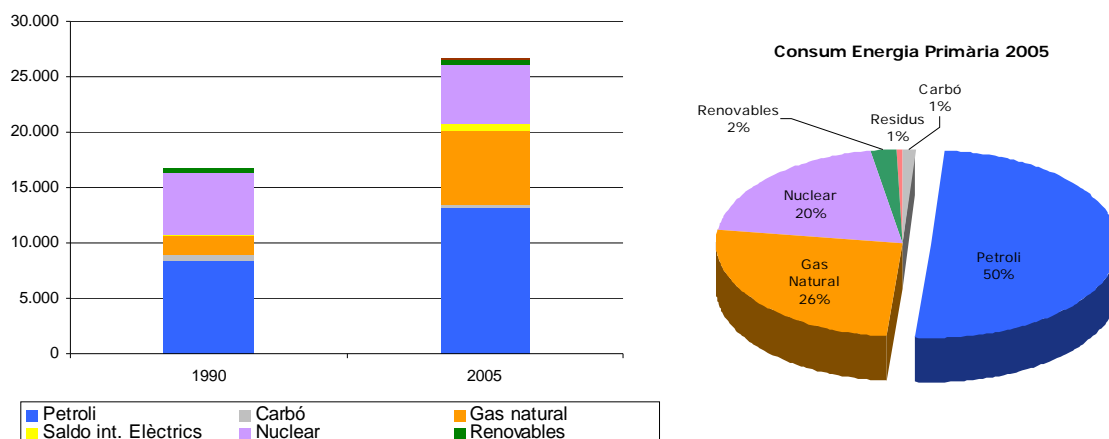
El ràpid augment de la demanda d'energia fa que s'aprofundeixi en el mateix model energètic actual, ja que cada any s'han d'importar més combustibles fòssils i generar més electricitat, sense donar opcions a la contribució de les energies renovables, que creixen a un ritme molt lent. Això dificulta el canvi cap a un sistema menys dependent de les importacions exteriors, que no es basi en recursos exhauribles, i que tingui menors impactes ambientals (en termes d'emissions de gasos amb efecte d'hivernacle i generació de residus, entre d'altres factors).

El creixement superior del consum final d'energia respecte el consum d'energia primària s'explica per una certa millora en l'eficiència del sistema energètic. Ara bé, aquesta millora es deu en part a que el sector elèctric ha guanyat en eficiència en la transformació energètica d'energia primària a energia final (electricitat) per la substitució de fuel-oil i carbó per gas natural, però també en part a què en els darrers anys del període s'estan important més derivats del petroli elaborats, de manera que no comptabilitzem dins de Catalunya el consum d'energia primària que significa la seva elaboració. També hi juga un paper important el fet que en la comptabilitat energètica en termes d'energia primària la reducció del pes percentual de l'energia nuclear fa que s'observi una millora en eficiència del sector elèctric, quan la producció nuclear és la mateixa i la seva eficiència, també.

### 3.2. Dependència dels combustibles fòssils

*Catalunya té una alta dependència dels combustibles fòssils. D'una banda s'utilitzen principalment derivats del petroli per al transport i la indústria petroquímica; i de l'altra, gas natural per a la generació d'electricitat.*

**Figura 3: Increment del consum d'energia primària entre 1990 i 2005, i contribució de cada vector**



Consum energia primària 1990	Consum energia primària 2005	Increment	Mitjana creixement interanual
16.702,1 ktep	26.898,9 ktep	60%	3%

**Font:** Elaboració pròpia a partir dels balanços energètics d'ICAEN

El sistema energètic català depèn en gran mesura dels combustibles fòssils (petroli i gas natural), que signifiquen més del 75% de tota l'energia primària consumida a Catalunya els darrers anys (Figura 2). D'aquests el principal combustible és el petroli i els seus derivats, amb un consum que creix a poc a poc en termes absoluts, tot i que disminueix lleugerament en termes relatius. El consum de gas natural és el que ha augmentat més en els darrers anys, passant a ser la segona font d'energia primària, per davant de l'energia nuclear (que representa el 20% de l'energia primària i aporta més de la meitat de l'energia elèctrica produïda a Catalunya).

En comparació amb el conjunt de l'Estat espanyol, a Catalunya s'usa una proporció més elevada de gas natural i d'energia nuclear (l'any 2005, el consum de gas a Catalunya va significar el 26% del consum d'energia primària, mentre que a l'Estat espanyol van ser d'un 20%; en el cas de l'energia nuclear, va significar el 20% de l'energia primària a Catalunya i un 10,3% a l'Estat). El consum de carbó és encara molt més important a l'Estat (14,5%, davant de l'1% a Catalunya). La participació de les energies renovables al conjunt de l'Estat espanyol és també força més gran que a Catalunya (6,1%), i la de petroli, la mateixa (49,2%).

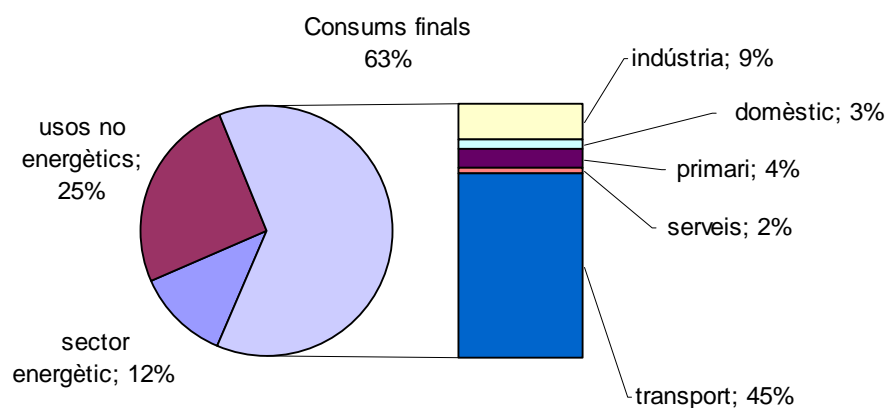
La forta dependència respecte a poques fonts d'energia situa l'economia catalana en una situació de fragilitat respecte el que pugui passar a nivell global, en termes de preus i de problemes de proveïment. Cal promoure, per tant, una major diversificació de fonts, i un increment de l'ús de les energies renovables.

Ara bé, a l'hora de valorar la possibilitat de canvis en els vectors energètics o quin podrien ser els impactes d'una crisi d'abastament, cal fixar-se en com s'utilitza cadascuna de les fonts d'energia, informació que es presenta a continuació.

### 3.2.1. On s'utilitza el petroli, el gas natural i el carbó?

En primer lloc és important remarcar que els principals consums de petroli i els seus derivats es destinen a necessitats estructurals<sup>10</sup> del sistema econòmic i territorial català que no canvien fàcilment, i que a més a més estan augmentant en els darrers anys. D'una banda, els usos no energètics a la indústria petroquímica signifiquen un 25% de tot el petroli consumit, percentatge que ha crescut lleugerament en els darrers anys. Aquest el podríem qualificar com un bon ús del petroli, ja que va a un sector econòmic molt important a Catalunya, es dedica a generar valor afegit, i no existeixen substituïts.

**Figura 4: Consums de productes petrolífers per sectors, any 2005**



<sup>10</sup> Anomenar-los usos estructurals no vol dir que no es puguin canviar, sinó que la seva modificació requereixen mesures també estructurals.

**Font:** Elaboració pròpia a partir dels balanços energètics d'ICAEN

D'altra banda, és molt important remarcar que el 45% del petroli es consumeix en forma de carburants per al transport (veure Figura 3). Al contrari que l'anterior aquest es pot qualificar com un mal aprofitament dels productes petrolífers, ja que la combustió en els vehicles és molt poc eficient, i en gran part no es dedica a generar valor afegit sinó a activitats merament de consum. Aquest important consum de productes petrolífers al transport és difícil de canviar, en primer lloc perquè els productes petrolífers usats en el transport són de difícil substitució, al menys a curt termini. En segon lloc perquè respon a les necessitats actuals de mobilitat i al model actual de transport, que està dominat pel transport per carretera tant per al transport de mercaderies com per al de passatgers. Cal assenyalar que les tendències a l'augment de la mobilitat agreugen cada cop més el problema, i la construcció de noves infraestructures de transport per carretera contribueix a perpetuar el model de transport actual.

Per tant, per tal de reduir la dependència envers el petroli cal dur a terme polítiques que d'una banda redueixin la necessitat de transport, i de l'altra, facin canviar la modalitat de transport, prioritzant el transport públic en general i el transport per ferrocarril, en particular. Una mesura clau és la promoció del transport de mercaderies per ferrocarril, ja que actualment només correspon el 3% del transport de mercaderies, que gairebé tot, el 76%, es fa per carretera. Això contrasta amb la mitjana de la UE-15, que l'any 2002 va ser del 12,9% (tot i que s'està estabilitzant en termes absoluts, fet que implica que el creixement del transport de mercaderies es fa per carretera), i dels Estats Units, que l'any 2001 va significar el 43,1% (Comissió Europea, 2004).

Pel que fa al gas natural, cal remarcar que està prenent molta rellevància en el sistema energètic català. Actualment significa el 25% del consum d'energia primària, multiplicant per 5 la quantitat consumida l'any 1990. També ha canviat l'ús que se'n fa: si l'any 1990 la majoria del gas natural s'utilitzava com a combustible de consum final (per a calor industrial i calefacció), ara gairebé la meitat es destina a la generació d'electricitat (centrals de cicle combinat i cogeneració). L'altra meitat es consumeix sobretot a les indústries (60%), però també a les llars i els serveis.

Finalment, el carbó cada cop s'utilitza menys (ara significa només un 1% del consum d'energia primària total a Catalunya) i s'importa més, de manera que en el context actual no significa una opció de futur.

### **3.3. Dependència de l'exterior**

*Catalunya té un dels graus de dependència de l'exterior més elevats d'Europa, ja que només el 4% del consum d'energia primària prové de fonts autòctones*

La dependència dels combustibles fòssils que s'ha comentat en el punt anterior és encara més greu perquè pràcticament el 100% d'aquests combustibles s'han d'importar. La fracció de petroli que s'extrau dels jaciments de Tarragona és molt petita (menys del 2% del consum de petroli a Catalunya el 2005), i la de gas, insignificant (0,03%). El carbó, que fa anys s'extreia en part de les mines catalanes, ja no s'utilitza gaire. D'aquesta manera, el 2005 Catalunya va importar el 77% de l'energia primària que va consumir (el 96% si hi incloem l'energia nuclear, que tot i produir-se a les centrals catalanes utilitza com a combustible urani importat). L'autoabastament energètic és doncs del voltant del 4% i correspon principalment a la producció d'energies renovables.

Aquest és un dels nivells de dependència més alts d'Europa (la mitjana de UE-25 l'any 2004 era del 50%, amb grans diferències entre estats). L'Estat espanyol produeix una tercera part del carbó que consumeix, de manera que el seu grau d'autoabastament, incloent la nuclear, és del 21,1% (MITYC, 2006), i de l'11% si tenim en compte que tot el combustible nuclear que s'utilitza actualment a l'Estat s'importa d'altres països.

Per tant, per a Catalunya és molt important tot el que passi a nivell global que pugui afectar al petroli i al gas natural: augment dels preus, increments de la demanda, estimació de les reserves, inestabilitat dels països productors, etc. Els riscos que suposen aquesta dependència exterior els podem resumir en la volatilitat dels preus, i en el risc de proveïment.

En el cas del petroli, els preus del mercat internacional són molt volàtils, i a més tenen una tendència a l'alça per l'augment de la demanda i per la inestabilitat política de les regions productores. L'elevada dependència de les importacions energètiques pot suposar un problema en l'abastament energètic a mig i llarg termini en moments d'escassetat de cru de petroli, que pot provocar riscos inflacionistes i reduir la competitivitat de les empreses. Aquesta dependència és més preocupant si tenim en compte quin és l'origen dels recursos. Tot i que el proveïment a Catalunya i l'Estat espanyol està força diversificat, per països i regions mundials, més d'un 75% de les importacions de petroli provenen de països no democràtics, o poc estables (la meitat provenen de països de l'OPEP i el 15%, de Rússia). A llarg termini, les principals reserves es localitzen a l'Orient Mitjà i les economies ex-soviètiques. A més a més, en l'horitzó de futur es troben la inevitable arribada, tard o d'hora, al cim mundial de producció de petroli (el conegut "peak oil"), i l'evidència de que el consum de petroli a nivell mundial no pot continuar creixent de forma indefinida a mig termini. Hi pot haver episodis de desabastament relatiu i importants pujades de preu.

Pel que fa al gas natural, els problemes que porta associats són similars als del petroli, ja que pràcticament tot s'ha d'importar, els preus tenen una tendència a l'alça, i estan lligats a l'evolució dels preus del petroli, i també és un recurs exhaurible. Actualment s'utilitza molt al sector industrial i en la generació elèctrica, de manera que la seguretat del subministrament elèctric ve condicionada per la disponibilitat de gas natural i de les infraestructures adequades. Els preus del gas natural són més estables que els del petroli perquè no es negocien al mercat internacional sinó que responen a acords bilaterals, però l'origen de les importacions està més concentrat en pocs països (sobretot d'Algèria). És important també la diversificació en les formes de gas importades (cada cop s'està important més gas natural liquat), i el manteniment d'una infraestructura adequada, que en el cas de l'Estat espanyol es troba força al límit (Comissió Nacional de l'Energia, 2006).

Els riscos d'abastament relacionats amb l'energia nuclear són importants perquè Catalunya té una forta dependència envers aquesta tecnologia per la generació d'electricitat (representa el 56% de la generació d'electricitat), i perquè el 100% de l'urani utilitzat és actualment importat de diferents països. Després d'un període de preus baixos, deguts en part al reaprofitament d'urani destinat a fins militars, el futur increment del parc de centrals nuclears al món ha portat a l'augment dels preus del combustible. L'urani és un recurs exhaurible, i les reserves de l'Estat espanyol són escasses i ja no s'utilitzen. Tot i que no s'observa un risc important d'abastament d'urani a mig termini, cal recordar que l'energia nuclear porta associats altres riscos, com el d'accidents i la gestió dels residus nuclears, que no s'han desenvolupat en aquest estudi però que són molt importants.

Així doncs, Catalunya té una dependència energètica de l'exterior molt elevada, que pot provocar problemes davant situacions d'inestabilitat política o econòmica a Catalunya o a nivell global.

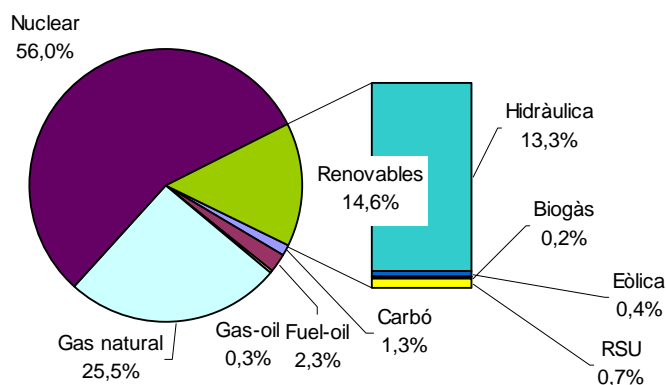
El problema de la dependència exterior serà cada cop més important per les repercussions econòmiques que pot tenir sobre els diversos sectors d'activitat. Per exemple, en un context on hi pot haver escassetat relativa de petroli, a causa de problemes d'abastament o pels alts preus, és possible que es prioritzi l'ús de petroli en aquelles activitats on aporta un major valor afegit, i on és insubstituïble a hores d'ara, com són la indústria química i subsectors. Això farà que calgui buscar alternatives per a la resta d'usos.

### 3.4. Contribució de les energies renovables

*La contribució actual de les energies renovables és molt petita, per tant s'ha d'analitzar les barreres que existeixen i portar a terme polítiques de foment de les renovables adequades a les necessitats de Catalunya*

Les fonts d'energia renovable signifiquen actualment menys del 3% del consum total d'energia primària a Catalunya, amb fluctuacions anuals causades per la disponibilitat d'aigua als embassaments, ja que més de la meitat de l'energia primària renovable és hidroelèctrica. Aquest percentatge de contribució tant baix està molt per sota de la mitjana espanyola (6,5% renovables sobre el conjunt d'energia primària el 2004, segons el PER) i de la UE (que era d'un 6,35% l'any 2005, segons la Comissió Europea<sup>11</sup>). En la generació d'electricitat la contribució de les energies renovables és també petita: l'any 2003 era d'un 14,6%, mentre que al conjunt de l'Estat espanyol era d'un 19,2%.

**Figura 5: Distribució de la generació d'electricitat a Catalunya segons la font per l'any 2003**



**Font:** Elaboració pròpia a partir del Pla de l'Energia

Com s'observa a la Figura 4, el model de generació d'electricitat és encara totalment dependent de fonts d'energia exhauribles. Un veritable canvi de model que reduís la dependència i els impactes ambientals del sistema energètic hauria d'implicar canvis profunds, que permetessin un increment molt espectacular de la generació a partir de fonts renovables. Un cop més remarquem que això ha d'anar lligat a estratègies d'estalvi i eficiència energètica que permetin frenar i fins i tot revertir el creixement del consum d'electricitat.

La planificació energètica a tots nivells (catalana, espanyola i també europea) plantegen un conjunt de mesures per tal d'incentivar les energies renovables, però sembla que no estan sent suficients.

<sup>11</sup> State of Renewable Energies in Europe – 2006. EurObserv'ER. [http://ec.europa.eu/energy/res/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/energy/res/index_en.htm)

L'èolica només representa el 0,4% de la generació d'electricitat l'any 2003. La seva expansió està molt per sota de les previsions i dels nivells assolits en altres zones de l'Estat espanyol, com Galícia o Castella-i-Lleó, les comunitats amb més potència instal·lada, i el conjunt de l'Estat (on l'èolica va participar l'any 2005 amb un 7,2% de la generació d'electricitat, segons dades de MITYC, 2006).

L'escenari IER del PEC preveu que l'any 2015 les energies renovables arribaran a un 9,5% del consum d'energia primària total; un 23,5% d'electricitat renovable. Les dues fonts on es preveu un major augment a Catalunya és en els biocombustibles (multiplicant per 20 el consum de l'any 2005) i l'energia eòlica (multiplicant per 36 la producció en 10 anys, arribant a 3500 MW instal·lats el 2015, quan el 2005 n'hi havia 161 MW instal·lats).

Tot i que s'està molt lluny de poder assolir-les, i ser molt optimistes, les previsions del PEC encara estan per sota dels objectius plantejats a nivell europeu (12% de l'energia primària de fonts renovables l'any 2010; 20% el 2020), que sí que es preveu que s'assoleixin a l'Estat espanyol. Els objectius d'electricitat renovable del PEC (23,5% el 2015) estan per sota dels de la UE per a Espanya (29,4% el 2010), però els objectius de biocombustibles estan per sobre: 16,1% del consum energètic dels carburants per automoció el 2015 del PEC, davant del 10% de biocarburants per al transport el 2020 de la UE.

L'expansió i contribució al *mix* energètic de les energies renovables depèn de la caiguda dels costos econòmics de generació relatius a la resta de fonts, i de les polítiques d'incentius que es duguin a terme.

### **3.4.1. Limitacions de l'ús de biocombustibles per al transport**

Una de les fonts d'energia renovables sobre la qual es parla força actualment són els biocombustibles. Aquests es proposen com a opció per a "substituir" part dels combustibles fòssils en el transport, ja que és un combustible líquid que es pot utilitzar sense canvis o amb canvis molt petits en els vehicles actuals, i per tant no caldria canviar el model de transport. Tot i això, té problemàtiques importants.

Catalunya consumeix molt més dièsel que benzina (de fet, exporta benzina i importa gasoil), i per aquest motiu els objectius del PEC es centren en el biodièsel. L'objectiu és que el 18% del consum energètic de gasoils vingui del biodièsel, de manera que aquest representi el 12% del consum energètic del transport l'any 2015, molt per sobre dels objectius de la UE. Tot i això l'anàlisi ha demostrat que per cobrir aquesta demanda es necessitarien cultius d'oleaginoses equivalents al 38% del territori català. Tot i que una part petita de la demanda de biodièsel es pot cobrir amb el reciclatge d'olis usats, que ja està en marxa a Catalunya des de fa anys, el gran augment haurà de venir de nous cultius d'oleaginoses o d'importacions. L'anàlisi mostra un seguit de problemàtiques associades, mentre que els estalvis en emissions de CO<sub>2</sub> no són gaire grans (3% del total). Si les importacions vinguessin de fora de la península ibèrica, les despeses energètiques en transport podrien fer que el balanç energètic de tot el cicle de vida del biodièsel no fos favorable al seu ús. A més a més, en termes purament energètics, la transformació de la biomassa a combustible líquid per a ser consumida en el transport és molt més ineficient que si es crema directament biomassa per a la generació d'electricitat.

La conclusió és que els biocombustibles no són una solució adequada a gran escala a la necessitat de combustible per al transport. És important recolzar la producció de biodièsel a partir d'olis de cuina usats i de l'aprofitament de residus, o en terrenys agrícoles improductius, però cal evitar les plantacions a gran escala a Catalunya, que faria que calgués importar productes alimentaris (i a més no hi ha prou terres disponibles). Tampoc s'hauria de recolzar les

importacions de grans distàncies i de països on es creen grans extensions de monocultiu de conreus per a l'exportació, ja que els impactes ambientals associats poden ser importants i el balanç energètic, negatiu. Novament la conclusió és que cal centrar els esforços en reduir la demanda de carburants per al transport.

### **3.5. Impactes ambientals del sistema energètic català**

*El model energètic actual genera un conjunt d'impactes ambientals, que de manera simplificada consisteixen en residus nuclears i emissions de gasos amb efecte d'hivernacle.*

El consum d'energia genera diversos impactes ambientals. A Catalunya els més importants són la gestió dels residus radioactius i les emissions de CO<sub>2</sub>. No s'ha d'oblidar, però, que en l'extracció, transformació, transport i consum dels diferents vectors energètics es produeixen molts altres impactes importants, com l'esgotament de recursos exhauribles, les emissions d'altres compostos contaminants, impactes sobre el territori en la ubicació de grans preses, mines, etc., que no s'han considerat en aquest estudi.

La importància de l'energia nuclear a Catalunya és evident: hi ha tres centrals nuclears en funcionament, i és la principal tecnologia productora d'electricitat, tot i que la seva contribució relativa s'està reduint de manera continuada (l'any 2005 va generar el 56% de l'electricitat consumida a Catalunya). Ara bé, la presència de tres centrals nuclears en el territori català comporta un risc, tot i els alts nivells de seguretat de les centrals. El Pla de l'Energia de Catalunya (PEC) preveu un allargament de la vida útil de les centrals nuclears, cosa que augmenta el risc d'avaries i d'incidents, simplement pel fet de mantenir-les més temps en funcionament.

Però la principal problemàtica de les centrals és la gestió dels residus nuclears, pels quals no hi ha encara una solució a llarg termini. Actualment s'està buscant un emplaçament temporal per un magatzem centralitzat a nivell espanyol de residus d'alta activitat. La gestió de residus nuclears és molt costosa, i a més a més continuarà generant despeses molts anys després del tancament de les centrals. L'energia nuclear no és, per tant, una opció de futur si no es resolen aquests problemes.

A més a més, cal recordar que el combustible nuclear s'ha d'importar i es preveuen preus creixents.

Tot i que la decisió del tancament de les centrals nuclears correspon a l'Estat espanyol, es pot considerar un error estratègic no preveure des de Catalunya les alternatives més sostenibles a mig i llarg termini per tal de fer front al tancament progressiu de les centrals nuclears. S'hauria de contemplar que en l'horitzó del 2015, quan només quedin 6, 9 i 10 anys per al final de la vida útil de cadascuna de les tres centrals (si no s'avança el seu tancament) el país estigui en disposició de proporcionar una alternativa sostenible. Novament la solució passa per incidir sobre la gestió de la demanda i augmentar de manera "contundent" l'aprofitament de les energies renovables.

D'altra banda, la dependència de combustibles fòssils tant per al transport com per a la provisió energètica de Catalunya fa que les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle siguin una problemàtica important. L'any 2004 Catalunya superava en un 60% les emissions de CO<sub>2</sub> respecte l'any base (1990), i la previsió més optimista del Pla de l'Energia (escenari IER) és que l'any 2015 siguin un 84,7% superiors a les de 1990. Cal recordar que el compromís de l'Estat espanyol al Protocol de Kyoto és d'un increment del 15%.

En aquest sentit, és molt important quines fonts energètiques es consumeixen, ja que tenen repercussió diferent en termes d'emissions. La major part de l'increment en les emissions entre 1990 i 2004 es deu a l'augment de la intensitat energètica del PIB (és a dir, a l'augment del consum d'energia primària per unitat de PIB). Ara bé, també s'observa que hi ha fluctuacions importants en l'índex de carbonització (és a dir, les emissions de CO<sub>2</sub> per unitat d'energia primària), que mostren els canvis en la combinació de fonts que s'utilitzen per obtenir energia. La substitució de l'ús de derivats del petroli i carbó per gas natural com a font d'energia primària fa reduir l'índex de carbonització, però l'augment del consum energètic provinent de combustibles fòssils (especialment l'augment de consum en el transport), i la cada cop menor contribució percentual de les centrals nuclears, fa que torni a augmentar.

És evident, doncs, que caldrà fer transformacions més profundes que les previstes en el PEC si es vol mantenir el nivell d'emissions de gasos amb efecte d'hivernacle per sota d'aquestes previsions. En aquest sentit la transició de derivats del petroli a gas natural que ha fet el sector elèctric significa una millora en la intensitat d'emissions de CO<sub>2</sub>, però aquesta millora es contraresta amb el fort augment de la generació d'electricitat, i cada cop més aquesta generació està dominada pel gas natural i es redueix també proporcionalment la nuclear. A més a més, les emissions del transport també segueixen augmentant. Com a conseqüència, la única manera de reduir les emissions és reduir el consum de combustibles fòssils i d'electricitat; acompanyat d'un fort augment de l'ús de fonts energètiques renovables.

### **3.6. Model de generació i distribució**

*El sistema energètic català està molt centralitzat, de manera que hi ha pocs centres de producció i es troben allunyats de l'àrea principal de consum. Les infraestructures existents i previstes dificulten un canvi cap a un model de generació distribuïda.*

Les infraestructures de transport d'electricitat a Catalunya responen a l'estructura de la xarxa de producció i de consum actual, que està molt centralitzat: hi ha un pol principal de generació elèctrica, situat a les comarques de Tarragona (amb les tres centrals nuclears) i un de menor (les centrals hidràuliques del Pirineu lleidatà), mentre que el consum es concentra a l'àrea de Barcelona. La configuració de la xarxa de transport d'electricitat té per tant dos eixos principals, que van des d'aquests pols fins a l'àrea de Barcelona.

Les previsions de futur per a les infraestructures energètiques segueixen mantenint la mateixa estructura. L'augment de la demanda elèctrica (57% el 2015 respecte el 2003, segons l'escenari IER del Pla de l'Energia) es cobrirà amb centrals de cicle combinat de gas natural, que tenen una distribució més dispersa pel territori que l'actual, però continua sent un sistema centralitzat basat en grans centrals, que depenen de la proximitat als ports principals de Tarragona i Barcelona. Això farà que calgui millorar la xarxa de distribució de gas natural, però no canvia l'estructura de la xarxa de producció i generació, sinó que la manté de cara al futur. És a dir, es recorre a tecnologies i fonts energètiques que una vegada implantades romandran operatives durant tot el temps de vida de les instal·lacions per tal que les empreses elèctriques les amortitzin. Això pot fer que aquestes mateixes empreses retardin la introducció de les energies renovables, tot i que aquestes puguin haver arribat a un elevat grau de maduresa.

Una de les tecnologies que possibilita una generació d'electricitat més distribuïda i un major rendiment energètic (no només elèctric) és la cogeneració. Aquesta està inclosa en el règim especial de generació d'electricitat, ja que és una forma eficient d'aprofitament energètic, de manera que gaudeix de primes econòmiques per tal de fomentar la seva expansió. El potencial de creixement previst per a la cogeneració és limitat perquè s'ha plantejat per a consumidors individuals. Caldria impulsar la implantació de cogeneració o trigeneració a totes aquelles àrees



de nova urbanització tant residencial com industrial, que en definitiva són les que en gran part causaran l'increment de la demanda energètica (electricitat i tèrmica) en els propers anys. D'aquesta manera es podria absorbir aquest increment de demanda amb sistemes molt més eficients que els actuals. Aquest nou model de generació també donaria lloc a un nou model de distribució, consistent en microxarxes. La trigeneració permet també respondre a les necessitats de climatització a l'estiu, que és un dels principals responsables dels pics de demanda que fan que calgui més potència en la generació elèctrica.

L'actual xarxa de transport es troba condicionat per un parc de generació centralitzat, i en certa mesura l'existència de xarxes amb aquestes característiques pot condicionar en darrer terme la perpetuació d'aquest model de generació. Davant la necessitat d'incrementar l'aprofitament de les fonts d'energia renovable i l'eficiència del conjunt del sistema, caldria prioritzar configuracions de la xarxa que ho garanteixin, quan sigui necessari. Aquest és el cas de l'energia eòlica, però en un futur pot ser l'energia solar termoelèctrica.

L'alternativa a aquest sistema centralitzat seria una xarxa de generació distribuïda, que apropa les centrals de generació als centres de consum. Aquesta configuració permet reduir les pèrdues degudes al transport de l'electricitat, però d'altra banda fa que la gestió del sistema sigui més complex. Aquesta alternativa, però, només és possible amb un canvi de configuració de les infraestructures, que s'ha de preveure amb temps, i s'han de posar les bases perquè sigui possible.

D'altra banda, pel que fa al gas natural, el PEC preveu estendre la xarxa de transport de gas natural i GLP canalitzat fins a cobrir les necessitats tèrmiques del 98,1% de la població de Catalunya. L'extensió de la xarxa possibilita que la major part de la població pugui utilitzar gas per aplicacions tèrmiques (calefacció i escalfament d'aigua sanitària) enlloc d'electricitat, la qual cosa comporta una reducció en el consum d'energia primària. Aquesta xarxa tan extensa també possibilita el desenvolupament de projectes de cogeneració en els que l'aprofitament principal sigui la biomassa i el gas natural li doni suport.

### **3.7. El futur tancament de les centrals nuclears**

Un dels principals reptes de futur que té el sistema energètic català és el tancament de les tres centrals nuclears que hi ha a Catalunya, que es preveu que acabaran la seva vida útil les properes dècades. El Pla de l'Energia proposa un calendari de tancament progressiu de les tres centrals, l'any 2022, 2024 i 2026 (Generalitat de Catalunya, 2006: 381). Aquestes centrals, que actualment produeixen el 56% de l'electricitat consumida a Catalunya (dades de 2005), es preveu que vagin reduint el seu pes relatiu i que el 2015 signifiquin el 35% de l'electricitat consumida, si es compleixen les previsions de l'escenari IER del PEC. Aquesta disminució relativa, però, s'aconsegueix a causa de l'augment del consum d'electricitat, malgrat que es preveu que es mantinguin els nivells de producció.

Per tant, la substitució de les centrals nuclears requerirà que hi hagi noves centrals de generació disponibles, si és que es volen complir els terminis establerts de vida útil de les centrals. Tot i que la decisió del tancament de les centrals nuclears correspon a l'Estat espanyol, seria un error estratègic no preveure des de Catalunya les alternatives més sostenibles a mig i llarg termini.

Cal començar des d'ara mateix a discutir sobre les alternatives existents, per tal que el país estigui en disposició de proporcionar una alternativa sostenible a aquestes centrals amb prou temps per implementar les mesures necessàries, ja siguin la construcció de noves centrals elèctriques o les infraestructures de transport i distribució adequades, així com la introducció de mesures d'estalvi i control de la demanda.

Una de les possibles opcions per a cobrir el subministrament d'electricitat que deixarem de rebre de les centrals és la importació de França. A mig termini, però, significaria mantenir uns nivells molt elevats de dependència externa (i a més cal recordar que l'electricitat tindria també origen nuclear). Una segona opció, com marca la tendència actual, i que és la que preveu el Pla de l'Energia, és substituir les centrals nuclears per centrals de cycle combinat que utilitzen com a font el gas natural. El Pla de l'Energia preveu que caldrien 10 centrals de cycle combinat noves per a substituir les centrals nuclears.

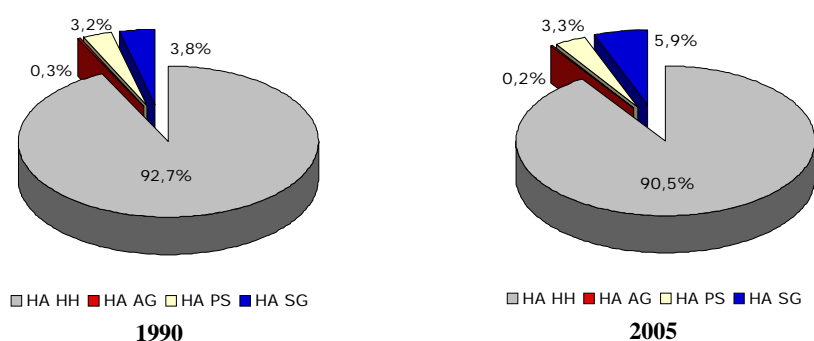
Aquesta darrera solució, a més d'empitjorar les emissions de CO<sub>2</sub> per unitat d'energia final consumida, tampoc no milloraria el problema de la dependència dels combustibles fòssils i de l'exterior. La millor opció seria, per tant, promoure les energies autòctones, que són les renovables, i implementar els canvis en les infraestructures energètiques que permetin l'aprofitament més eficient de l'energia, com és per exemple la generació distribuïda i la cogeneració. En aquest sentit cal també introduir mesures que millorin l'eficiència en la utilització de l'energia, acompanyades d'un canvi l'estructura productiva del país cap a sectors menys intensius en energia o reduir directament el consum d'energia limitant algunes activitats.

#### 4. Discussió i conclusions

##### 4.1 Distribució del temps entre activitats

Quan ens centrem en la distribució del temps entre activitats (Figura 5), ens adonem de la fracció tan petita que destina la societat a generar valor afegit. La fracció del temps dedicat al sector PW<sup>12</sup> va ser de només un 9,5% el 2005, cifra superior al 7,3% de 1990. L'augment pot haver estat donat per dos factors. Per una banda l'augment de població d'un milió de persones ha estat gràcies a l'entrada d'inmigrants, la major part d'ells en edat de treballar, i treballant realment. Per altra banda, hi ha hagut una incorporació masiva de la dona al mercat de treball, que representa un 60% de la nova població activa. Aquesta situació podria canviar en el futur si s'introdueixen polítiques d'inmigració més restrictives, un fenomen que repercutiria amb més gravetat a societats com la catalana, que presenten una població que està envellint i necessita urgentment més població immigrada, més incorporació encara de la dona, o totes dues coses.

**Figura 5: Distribució de l'ús del temps entre producció i consum a Catalunya, 1990 i 2005**



**Font:** elaboració pròpia

Respecte la distribució de la població activa entre els sectors, la situació és similar a altres economies europees, amb els serveis dominant el mercat de treball. El més interessant és que la nova població activa (1,1 milions) es va dirigir bàsicament als serveis (940.000) i a la

<sup>12</sup> La variable Human Activity assignada a les activitats generadores de valor afegit pot canviar depenent d'una sèrie de factors, com ara demogràfics (estructura de la població); socials i ètics (fixar l'edat mínima per a treballar als 16 anys o la jubilació als 65); o socioculturals (com ara la participació de la dona al mercat de treball).

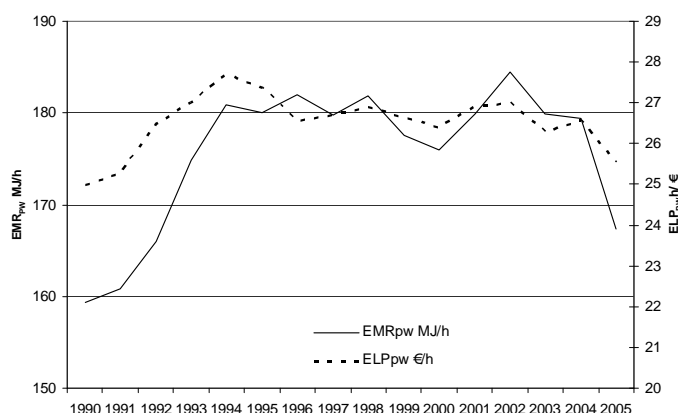
construcció (140.000), mentre que la població activa tant de l'agricultura com de la indústria va romandre estable. Aquest resultat no és particularment bo, donat que aquests dos sectors són no-comercials, i per tant tancats a la competència exterior, un fet que explica la seva baixa productivitat. Per tant, si la població continua envellint i la taxa de dependència augmenta en el futur, l'economia haurà de millorar la productivitat del treball, implicant un major consum d'energia per hora de treball per tal de forçar un canvi tecnològic.

## 4.2 Lligam entre creixement econòmic i consum d'energia

Seguint a Cleveland i altres (1984) podríem dir que hi ha un lligam entre el consum d'energia per hora de treball (EMR) i la resultant productivitat econòmica del treball (ELP). Això s'explica pel fet que un augment a  $EMR_{PW}$  implica tant la utilització de més maquinària i eines (per exemple ordinadors), la producció dels quals ha consumit energia, i també per què aquesta maquinària consumeix energia per al seu funcionament. És cert que aquesta hipòtesi té la limitació que no té en compte els guanyos en eficiència, però en qualsevol cas dades per als EUA (Cleveland i altres, 1984; Hall i altres, 1984), Ecuador (Falconi 2001) i Espanya (Ramos-Martin 2001) entre d'altres mostren que aquest lligam existeix. Això és el mateix que descobrim en el cas de Catalunya (Figura 6).

L'estancament d' $EMR_{PW}$  als voltants de 180 MJ/h per un gran període de temps, i la seva reducció a partir de 2002 reflecteixen que l'increment en el consum d'energia dels sectors productius ( $ET_{PW}$ ) va anar dirigit a absorbir la nova població activa i no pas a augmentar el seu nivell de capitalització, amb el resultat de l'estancament de la productivitat del treball.

**Figura 6: Lligam entre EMR i ELP a Catalunya (1990-2005)**



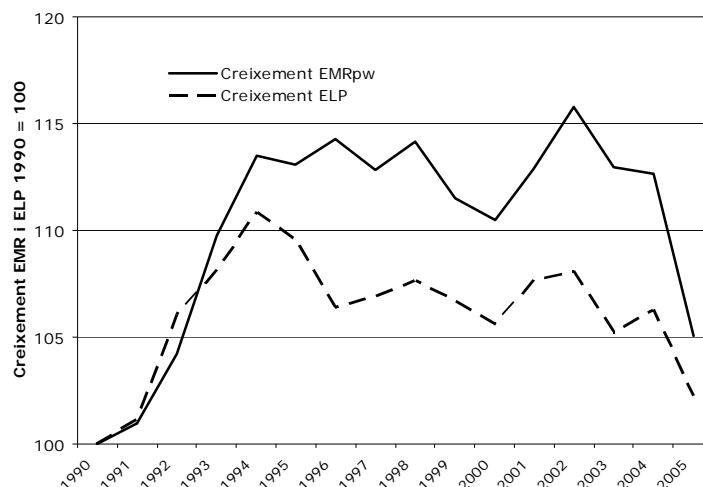
L'envelliment de la població que hem comentat abans implica que Catalunya té el desafiament d'augmentar de manera dramàtica la productivitat del treball mentre manté la intensitat energètica als valors actuals (la mitjana de la UE-15). Això només es pot fer si es dona un important canvi estructural que abandoni les indústries intensives en energia i es centri en els sectors dels serveis (fora del transport) amb una major eficiència econòmica (euros per GJ).

## 4.3 Sobre l'evolució dels dos sectors al nivell n-1

L'increment anual del consum d'energia primària a Catalunya al llarg del període ha estat d'un 3%. No obstant, la Figura 7 mostra com  $EMR_{PW}$  ha crescut molt poc en el període, mentre que  $EMR_{HH}$  ha estat el principal factor de creixement en el període. De fet, ja hem mencionat abans com l'increment a TET va anar dirigit a augmentar el nivell material de vida, i inclús que l'augment d' $ET_{PW}$  es va usar per a cobrir l'augment de la població activa ( $HA_{PW}$ ) i no per a augmentar el nivell de capitalització.

L'augment recent del nivell material de vida ( $EMR_{HH}$ ) serà molt car un future proper, precisament pel lligam entre  $EMR$  i  $ELP$ . Una capitalització major de les llars (més electrodomèstics, però també més necessitats de mobilitat) tendiesen a fixar consum futur d'energia. Energia que serà més cara, i que serà comprada amb valor afegit generat per una població activa que s'està envellint. Per tant, la necessitat d'augmentar la productivitat del treball és urgent, fet que forçarà un augment del consum d'energia al sector  $PW$  a curt termini.

**Figura 7: creixement d' $EMR_{PW}$  i d' $EMR_{HH}$**



#### 4.4 Sobre l'evolució dels subsectors al nivell n-2

Finalment voldriem dir alguna cosa sobre l'eficiència energètica de la producció per als diferents sectors. És a dir, quant valor afegit es genera per un GJ d'energia primària consumit. Això s'obté calculant  $ELP_i/EMR_i$ , com es veu a la Taula 4, per a l'agregat de tots els sectors productius ( $PW$ ) i per a cadascun dels tres sectors considerats al nivell n-2.

És interessant destacar que el que hem dit abans per a la productivitat del treball es pot veure també en termes de l'eficiència energètica de la producció. El primer resultat és que, per molta diferència, el sector serveis és el que genera més valor afegit per unitat d'energia. A més, és xocant que la indústria sigui menys eficient que l'agricultura. La pèrdua de competitivitat implicada pel mal comportament d' $ELP$  mencionat abans pot veure's pel fet que entre 1990 i 2005 Catalunya ha reduït la quantitat de valor afegit que pot generar un GJ d'energia primària. Aquest resultat ha d'encendre llums d'alerta entre els polítics, especialment en un contexte on l'escassetat dels combustibles fòssils augmenta, como ho fan els seus preus. És urgent que Catalunya tregui el màxim de l'energia que consumeixi, per mitjà d'innovacions tecnològiques, o per mitjà de canvis estructurals que dirigeixin l'economia cap als serveis, tot tenint en compte que la primera opció ha de ser sempre l'estalvi energètic i la reducció de la demanda.

**Taula 4: Eficiència energètica de la producció en euros per GJ**

	1990	2000	2005
$(ELP/EMR)_{PW}$	157	150	153
$(ELP/EMR)_{AG}$	91	81	74
$(ELP/EMR)_{PS}$	74	66	63
$(ELP/EMR)_{SG}$	341	300	292

#### 4.5 Sobre el model de desenvolupament

La principal conclusió de la ponència és que el model de creixement de Catalunya, que depèn fortament del consum d'energia amb una correlació entre el PIB i el consum d'energia primària del 98% entre 1990 i 2005, no pot ser sostingut en el futur. Això és degut no solament a

l'impacte ambiental associat amb el consum d'energies fòssils i les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle associades, sino també a l'augment de la dependència de fonts d'energia estrangeres i cares.

Durant el període analitzat l'augment important al consum d'energia no s'ha vist reflectit en un canvi de model de desenvolupament, sino en una mera rèplica de les tendències actuals, i per tant, només en un procés de creixement. De fet, l'augment en el consum d'energia no s'ha dirigit a provocar un canvi estructural cap a activitats menys intensives. Ben al contrari, es va dirigir a dotar la nova població activa de capital en forma de màquines i eines, per tal de poder augmentar la producció del mateix, Així com a proveir de més transport. Aquesta mancança de canvi estructural explica que la nova població activa es dirigís cap a la construcció i els serveis, sectors on es demanava menys formació. Això ha permès Catalunya absorbir la nova població, però la falta d'innovació i inversió en noves tecnologies farà que els augments de productivitat siguin més difícils d'obtenir, representant el primer factor limitant que Catalunya haurà d'afrontar en un futur proper.

Aquest resultat és encara més preocupant quan considerem l'envelliment de la població, que implica que cada cop hi haurà una fracció més reduïda de la població encarregada de generar el valor afegit de tota la societat. Per tant, la solució ha de ser la substitució de vector energètics (tancant les centrals de carbó per exemple) per a millorar la ratio energia final/energia primària, o limitar el consum energètic del sector domèstic (el sector que creixerà més en el futur), o millorar la productivitat del treball, o totes tres. No obstant, la limitació del consum dels sectors difusos, com ara el transport o el sector domèstic, és molt difícil i impopular, i millorar la productivitat del treball requerirà, a curt termini, un augment del consum d'energia per hora de treball i un canvi estructural cap a sectors menys intensius en energia. Això ens porta a la conclusió de que molt probablement el consum d'energia a Catalunya, i per tant el seu metabolisme exosomàtic, continuaran creixent en un futur proper.

## Referències

- Cleveland, C.J., Costanza, R., Hall, C.A.S., and Kaufmann, R. (1984) "Energy and the U.S. economy: a biophysical perspective", *Science*, 225: 890-897.
- Comissió Europea (2004): *European Union Energy & Transport in Figures 2004*. Directorate-General Energy and Transport. Luxembourg.
- Comissió Nacional de l'Energia (2006) Informe sobre producció d'energia règim especial el 2005.
- Falconi-Benitez, F. (2001): Integrated assessment of the recent economic history of Ecuador, *Population and Environment*, 22 (3): 257-280.
- Generalitat de Catalunya (2006): *Pla de l'energia de Catalunya 2006-2016*. Pla Estratègic.
- Giampietro, M. (2003). *Multi-Scale Integrated Analysis of Agro-ecosystems*. CRC Press, Boca Raton, 472 pp.
- Hall, C.A.S.; Cleveland, C.J.; and Kaufman, R. (1986): *Energy and Resource Quality*. New York: John Wiley & Sons.
- Institut Català d'Energia (ICAEN) (2006): *Balanços d'Energia Primària 1990-2005*. ICAEN, mimeo.
- Instituto Nacional de Estadística (2002): *Censo de Población y viviendas 2001*. Madrid.
- Instituto Nacional de Estadística (2005): *Encuesta de población activa*. Madrid.
- Instituto Nacional de Estadística (2005): *Proyecciones de población calculadas a partir del censo de población de 2001*. Madrid: INE.

Instituto Nacional de Estadística (2007): Contabilidad Regional de España. Base 2000. Available online at <http://www.ine.es/daco/daco42/cre00/dacocre.htm>

Instituto Nacional de Estadística (2007b): *Padrón continuo de población*. Madrid.

Ministerio de Industria, Turismo y Comercio (2006) *La Energía en España 2005*. Madrid. Disponible a <http://www.idae.es>

Pastore, G., Giampietro, M. and Mayumi, K., (2000): Societal metabolism and multiple-scale integrated assessment: Empirical validation and examples of application, *Population and Environment*, 22 (2), 211-254.

Ramos-Martin, J. (2001): Historical analysis of energy intensity of Spain: From a “conventional view” to an “integrated assessment”, *Population and Environment* 22 (3): 281-313.

Tainter, J. (1988): *The Collapse of Complex Societies*, Cambridge University Press, Cambridge.