

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/283505102>

Ús de l'energia a Catalunya. Anàlisi del metabolisme energètic de l'economia catalana

Book · January 2009

CITATIONS

9

READS

80

11 authors, including:



Jesus Ramos-Martin

Autonomous University of Barcelona

108 PUBLICATIONS 2,056 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Daniela Russi

Institute for European Environmental Policy

42 PUBLICATIONS 1,054 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Mario Giampietro

Autonomous University of Barcelona

243 PUBLICATIONS 7,538 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Vicent Alcántara

Autonomous University of Barcelona

51 PUBLICATIONS 1,237 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



DECOIN [View project](#)



MEDWET Partnership [View project](#)

Ús de l'energia a Catalunya

Anàlisi del Metabolisme Energètic de l'Economia Catalana (AMEEC)

Jesús Ramos Martín (coordinador)



Sumari

Pròleg	5
Resum	7
1. Introducció	9
2. L'energia primària a Catalunya	19
3. Consum final d'energia	65
4. El sector de la transformació energètica i la generació d'electricitat	79
5. El cas específic del petroli	105
6. Emissions de gasos amb efecte d'hivernacle derivades del consum d'energia	129
7. Exemples d'instruments per a la gestió de la demanda d'energia	147
8. Anàlisi integrada multiescala del metabolisme energètic de Catalunya ..	181
9. Conclusions i recomanacions	205
Glossari	229
Acrònims	233
Factors de conversió i unitats rellevants	234
Índex de figures	235
Índex de taules	238
Publicacions del CADS	241

Pròleg

L'energia mou el món. Aquesta frase, certa en qualsevol moment de la història, és encara més adequada, si pot ser, en el moment actual que vivim, ja que en gairebé totes les activitats que fem com a individus i com a societat hi intervé d'alguna manera l'energia transformada per l'home en forma d'electricitat, combustible, o calor. El subministrament d'energia és, doncs, un dels factors bàsics que cada país ha de procurar d'assegurar-se, tant ara com en el futur, d'una manera neta, segura i sostenible, en totes les seves dimensions, tant ambientals com socioeconòmiques.

L'energia planteja importants reptes a totes les escales, i Catalunya no és aliena a aquest fet. L'energia és, doncs, un recurs decisiu per al present i el futur del nostre país, que s'interrelaciona amb molts d'altres aspectes: el model econòmic, el desenvolupament industrial, els patrons de consum, els sistemes de mobilitat, els recursos disponibles, els impactes ambientals, etc. Podem afirmar, per tant, que un model energètic sostenible és una de les claus per al desenvolupament sostenible del nostre país.

Davant d'aquesta perspectiva, és oportú l'interès del Consell Assessor per al Desenvolupament Sostenible (CADS) per donar a conèixer la qualitat i el tipus d'energia segons origen que s'utilitza per fer funcionar l'economia catalana, i quins són els principals reptes que se'ns plantegen per endavant ATESA la present situació. Això és el que ha fet l'estudi AMEEC, Anàlisi de Metabolisme Energètic de l'Economia Catalana, que utilitza l'analogia del metabolisme dels éssers vius aplicada al sistema econòmic per donar nom a una metodologia d'anàlisi innovadora. Com podreu comprovar amb la lectura d'aquest document, l'anàlisi energètica de l'economia catalana ha mostrat ser un tema complex però apassionat per la seva multitud d'interrelacions i per la seva rellevància.

La publicació que teniu a les mans significa la culminació d'un projecte endegat el 2006, arrel d'una sol·licitud explícita al Consell Assessor per al Desenvolupament Sostenible del llavors Conseller Primer, Hble. Sr. Josep Bargalló. Per a la seva consecució va ser imprescindible el suport de l'Institut d'Estudis Catalans (IEC), que va assumir la tasca de contractació de l'equip de recerca, i la contribució de l'Institut Català de l'Energia (ICAEN), que va aportar les dades dels balanços energètics de Catalunya entre 1990 i 2005, dades imprescindibles per a l'anàlisi que es presenta.

L'estudi és el treball conjunt d'un equip interdisciplinari, liderat pel Dr. Jesús Ramos Martín, economista i doctor en Ciències Ambientals per la UAB. Més d'una desena d'investigadors del nostre país hi ha participat, tant experts de reconegut prestigi com joves investigadors que han aportat les seves valuoses noves perspectives i els resultats de tesis doctorals pioneres. El procés d'elaboració, que va durar un any, va comptar amb el suport d'una comissió de seguiment, formada per representants de l'IEC, el Departament de Presidència –i el de la Vicepresidència a partir de la creació del departament el gener de 2007–, i del CADS. A tots ells vull agrair la seva contribució a garantir la qualitat del treball i, amb les seves aportacions expertes, a enriquir-ne el contingut.

Al CADS estem convençuts que els reptes que ens planteja la transició energètica (dependència exterior, canvi climàtic, xarxes de transport, fonts nuclears, foment de les renovables, etc) requereixen un debat seriós i profund, allunyat de sensacionalismes, un debat de país. En aquest debat necessari, el CADS, com a òrgan de participació, consulta i assessorament del Govern de la Generalitat en l'àmbit del desenvolupament sostenible, que al mateix temps promou els valors de la cultura de la sostenibilitat entre la societat catalana, hi vol contribuir aportant capacitat d'anàlisi i de reflexió sobre el context internacional, el present, i el futur, alhora que formula propostes concretes d'actuació. L'estudi aporta multitud de dades que serveixen de base per a una anàlisi rigorosa de les diferents vessants del funcionament de l'economia i l'energia. Com ja s'ha comentat anteriorment, és un tema complex i polièdric, que no es pot resoldre amb una sola actuació, ni des d'un departament o una administració en concret, sinó que cal implicar-hi empreses, organitzacions, i ciutadans.

Aquest estudi és, per tant, una important fita assolida en un camí en el qual caldrà continuar treballant-hi. Des del CADS continuarem amb la reflexió i nodrint el debat sobre el procés de transició energètica per orientar les polítiques i l'acció del Govern, per tal que la cultura de la sostenibilitat impregni les decisions i les perspectives de futur de Catalunya

Gabriel Ferraté i Pascual
President del CADS

Resum

El Consell Assessor per al Desenvolupament Sostenible va encarregar el 2006 l'elaboració de l'estudi Anàlisi del Metabolisme Energètic de l'Economia Catalana (AMEEC), que analitza l'ús de l'energia a Catalunya en el període 1990-2005, i planteja els principals reptes de l'economia catalana davant d'un context internacional de crisi energètica.

Els resultats mostren una estreta vinculació entre creixement econòmic i consum d'energia en els darrers 15 anys, període en què la intensitat energètica ha augmentat. El mix energètic ha canviat lleugerament: part del petroli s'ha substituït per gas natural. Ambdós signifiquen tres quartes parts de l'energia primària utilitzada en el període, i porten associades importants emissions de CO₂ i dependència exterior. Per la seva banda, l'ús de l'energia nuclear s'ha mantingut, però Catalunya s'ha de preparar per al moment en què les centrals hagin de tancar. L'ús de les energies renovables és encara molt petit a Catalunya, situació que hauria de revertir-se urgentment per assolir els objectius del Pla de l'Energia de Catalunya.

A partir de dades econòmiques, demogràfiques i energètiques, l'estudi analitza com s'utilitza l'energia als diferents sectors econòmics i al conjunt de l'economia. Entre d'altres aspectes mostra que durant el període 1990-2005 la productivitat del treball i la quantitat d'energia utilitzada per hora de treball s'han estancat.

En conclusió, la política energètica ha d'establir mesures per a la moderació del consum, mitjançant estratègies d'estalvi i eficiència a tots els nivells tant en l'ús final com en la transformació. Cal, a més, acompanyar aquestes mesures amb polítiques territorials, econòmiques i industrials adequades, i aprofitar sinergies amb les actuacions contra el canvi climàtic. Els sectors clau on s'ha d'actuar són el transport, la construcció, la fiscalitat, i la promoció de les energies alternatives, així com en el foment de la recerca i innovació tecnològica, i la millora del marc institucional de l'energia.

1. Introducció

Jesús Ramos Martín, Sílvia Cañellas Boltà i Mario Giampietro

Jesús Ramos Martín, Doctor en Ciències Ambientals per la UAB, és un economista ecològic amb experiència en el camp del desenvolupament econòmic i l'evolució dels sistemes econòmics des d'un punt de vista biofísic, aplicant conceptes de la termodinàmica i de la teoria de sistemes complexos. Té experiència en l'estudi del metabolisme social i l'avaluació ambiental integrada. Actualment és professor lector del Departament d'Economia i d'Història Econòmica de la UAB. Ha estat, a més, investigador i professor a la Universitat de Klagenfurt (Àustria), i a l'INRAN italià, i professor d'Economia Ecològica a la FLACSO a la seva seu a Quito. És membre del Comitè Organitzador del Congrés Iberoamericà de Desenvolupament i Medi Ambient que se celebra cada dos anys, i de l'equip editor de la *Revista Iberoamericana d'Economia Ecològica*.

A/e: jesus.ramos@uab.cat

Sílvia Cañellas Boltà és llicenciada i màster en Ciències Ambientals per la UAB. Ha participat en projectes de recerca sobre polítiques ambientals i gestió ambiental a la UAB i a la Universitat de Bergen, i ha publicat diferents articles en revistes especialitzades. Ha treballat com a consultora per a diverses administracions, i actualment treballa al Consell Assessor per al Desenvolupament Sostenible (CADS).

A/e: scanellas@gencat.cat

Mario Giampietro és *ICREA Research Professor* a l'Institut de Ciència i Tecnologia Ambientals (ICTA) de la UAB. Ha estat professor visitant a les universitats de Cornell, Wageningen; al Centre de Recerca Conjunta (JRC) de la Comissió Europea a Ispra; *Wisconsin University Madison*; *Penn State University*, *Arizona State University*. La seva recerca tracta les qüestions tècniques associades amb la Ciència per la Governança, com ara l'Anàlisi Integrada Multi-escala del Metabolisme Social i dels Ecosistemes. És expert en biomassa i biocombustibles, així com en la generació d'escenaris de sostenibilitat. Va formar l'associació científica Liphe4 per a l'anàlisi integrada de la sostenibilitat (www.liphe4.org) i amb Sergio Ulgiati organitza bianualment una de les trobades científiques més importants d'Europa quant a energia: *Advances in Energy Studies* (<http://www.chim.unisi.it/portovenere/>)

A/e: Mario.Giampietro@uab.cat

Capítol 1. Introducció

- 1.1. Justificació
- 1.2. Objectius
- 1.3. Estructura del llibre
- 1.4. Altres experiències al món per a reduir la dependència energètica
 - 1.4.1. Estats Units d'Amèrica (EUA)
 - 1.4.2. Irlanda
 - 1.4.3. Suècia
 - 1.4.4. Nova Zelanda
 - 1.4.5. Posicionament de l'estudi AMEEC

1.1. Justificació

La situació energètica actual en l'àmbit mundial està generant interès i preocupació a tot el planeta i en sectors molt diversos. Això es deu al fet que l'economia mundial, i també l'espanyola i la catalana, tenen una clara dependència dels combustibles fòssils per al seu funcionament habitual, juntament amb el fet que aquests combustibles, particularment el petroli, els darrers anys han presentat una gran volatilitat dels preus i una tendència marcadament a l'alça, a les quals s'afegeix una creixent inestabilitat en la disponibilitat de combustibles fòssils. Clarament, la forta demanda actual de petroli és part de l'explicació, però hi ha qui parla també del *peak oil*, o zenit del petroli, com a factor fonamental. El zenit del petroli fa referència al fet que s'està arribant al màxim de la corba d'extracció mundial de petroli. Això no vol dir un esgotament de tot el petroli de manera immediata, però sí que el món veurà un augment progressiu de l'escassetat d'aquest recurs, ja que el volum extret anirà disminuint mentre que la demanda mundial seguirà augmentant. Per tant, l'actual tendència a l'alça dels preus del petroli sembla que continuarà. La figura 1 conté la corba que va elaborar Hubbert el 1956 per als Estats Units.

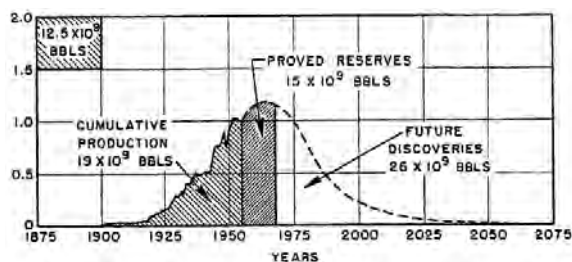


Fig. 1. Zenit del petroli als EUA segons Hubbert

Font: Hubbert (1956:26)

La pujada del preu del petroli provoca tensions en el sistema econòmic arreu del món. La situació a la majoria de països és de dependència del petroli tant com a combustible líquid per al transport (difícil de substituir a curt termini), com en la generació d'electricitat, o en l'ús com a matèria primera per a multitud de processos industrials. D'altra banda, el petroli no és l'únic combustible que està augmentant de preu i que serà cada cop més escàs, sinó que el seu substitut principal, el gas natural, presenta la mateixa tendència. Així, la Comissió Europea (2003) preveu que Europa arribi al cim de producció de gas natural el 2010, i Amèrica del Nord el 2020, tot i que segons dades de British Petroleum (BP, 2006) amb la taxa de producció actual hi ha reserves per a 65 anys.

A aquests problemes de caràcter econòmic s'han d'afegir altres de tipus social vinculats també a la importància del

petroli en el sistema econòmic, com ara l'empobriment relatiu de la població que l'augment de preus del petroli implica. L'ús massiu del petroli com a combustible comporta també greus problemàtiques ambientals, com són la contaminació en les àrees d'extracció i les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle derivades de la crema de combustibles fòssils.

L'escalada de preus i l'alta dependència provocaran tensions en el sistema econòmic i de manera especial als països més dependents del petroli, com és el cas de Catalunya.

Per afrontar aquesta situació, però, no n'hi ha prou només a preveure un canvi de fonts energètiques, entre altres qüestions perquè molts dels usos actuals del petroli no són fàcils de substituir a curt termini. A fi de preveure els impactes d'una possible crisi energètica o de plantejar què cal fer per afrontar millor aquests canvis en el context energètic internacional, primerament cal comprendre quina és la relació entre l'economia i les necessitats energètiques. Aquest és el principal objectiu de l'estudi de l'anàlisi del metabolisme energètic de l'economia catalana (AMEEC) els principals resultats del qual presentem en aquest document. Alguns països del nostre entorn desenvolupat han portat a terme estudis i altres iniciatives, com veurem a la secció 1.4, però només es fixen en el vector del petroli. Per contra, aquí es planteja fer una anàlisi global de totes les fonts d'energia, que ens permeti veure punts clau i factors limitants, de la relació entre el sistema econòmic i l'energia. Això ho farem, entre altres eines, amb la metodologia coneguda com Multi-Scale Integrated Analysis of Societal Metabolism (MSIASM) (Giampietro, 2003), que es presenta al capítol 8 d'aquest document.¹

L'objectiu principal de la metodologia és arribar a una caracterització de l'economia que ens permeti entendre millor els lligams entre les diferents variables econòmiques i biofísiques (en el nostre cas, el consum d'energia). Alhora, l'anàlisi permet mostrar els possibles factors limitants als quals la societat haurà de fer front. El treball que s'ha portat a terme a AMEEC representa un pont entre l'anàlisi científica i la societat a la qual va dirigida, ja que els resultats de l'estudi es poden utilitzar per discutir de manera oberta diferents aspectes del desenvolupament econòmic on la societat i els polítics hauran de prendre decisions. En el nostre cas ens centrem en el que es coneix com a metabolisme energètic de les societats. Això vol dir que estudiarem quanta energia utilitza la societat catalana i com la utilitza per desenvolupar les seves activitats, i fins a quin punt estem davant de situacions de dependència d'una única font d'energia (el petroli) amb una difícil solució.

1. S'ha de mencionar que l'estudi es va lliurar al Consell Assessor per al Desenvolupament Sostenible en la seva versió final el juny de 2007, raó per la qual una part de la informació que apareix aquí podria haver caducat, la qual cosa no treu que les principals conclusions de l'estudi es mantinguin.

La dependència envers el petroli de les economies industrialitzades no minva, sinó tot el contrari, fent encara més fràgil la posició de l'economia catalana quant a la provisió de primeres matèries energètiques de l'exterior. Tot això passa en un moment de canvi estructural no només del sector energètic, amb l'aplicació de noves tecnologies i el desfasament d'antigues, sinó que s'està produint també un canvi estructural de tota l'economia per raó del canvi en la composició del PIB català, i a causa de la nova estructura de població, que tindrà uns requeriments d'infraestructures i altres serveis intensius en energia que encara no s'han manifestat en la seva totalitat. Aquests canvis implicaran augments en els nivells de consum energètic si no es modifiquen les pautes de consum.

Cal, per tant, una planificació activa referent a quins són els nivells de consum als quals volem arribar, i amb quines fonts energètiques. Això implica conèixer l'impacte relatiu, en termes de consum d'energia i de generació de valor afegit, dels diferents sectors econòmics, per promoure els que comparativament generin més valor afegit amb menys consum d'energia, sense que això provoqui distorsions a la resta de l'economia (sense provocar, per exemple, crisis de mà d'obra en alguns sectors). També implica identificar els possibles inconvenients que aquestes mesures es poden trobar, i les implicacions a mitjà i llarg terminis en termes econòmics, tecnològics i de mà d'obra. Aquest darrer factor està fortament condicionat per dinàmiques demogràfiques internes i per les onades d'immigració que s'han produït darrerament. La complexitat inherent a l'anàlisi del procés de desenvolupament econòmic d'un territori requereix l'aplicació d'anàlisis de tipus integrat, en què utilitzem tant variables econòmiques per tal de descriure i caracteritzar les societats, com variables biofísiques que ens descriuen l'impacte relatiu de l'activitat econòmica sobre el medi i que ens permeten parlar de la viabilitat en termes biofísics de les opcions econòmiques.

1.2. Objectius

L'objectiu principal de l'estudi AMEEC és *la implementació d'una metodologia que permeti fer una anàlisi del metabolisme energètic de Catalunya, i pugui servir per a una avaluació d'escenaris de desenvolupament econòmic en termes de consum energètic, amb la finalitat d'ajudar en la planificació de la política econòmica i energètica de futur*

Això implica la caracterització dels diferents sectors de l'economia (incloent-hi el domèstic) en termes de consum energètic, ús del temps, generació i consum de valor afegit. Aquest objectiu inclou una anàlisi de la dependència de Catalunya vers els fluxos energètics i fluxos de temps (és a dir, mà d'obra) de l'exterior per al manteniment i el creixement de l'activitat econòmica, és a dir, per al compliment dels objectius de la política econòmica.

La caracterització de l'economia catalana amb la metodologia MSIASM, que constitueix el capítol 8 del llibre, requereix l'elaboració d'un conjunt de dades de diferents tipus sobre el sistema econòmic, demogràfic i energètic. Aquestes dades es presenten de manera independent a la resta de capítols així com als annexos disponibles al CD adjunt. Això inclou l'anàlisi en profunditat dels vectors energètics (com en el cas de l'energia primària al capítol 2 o del capítol 5 dedicat al petroli) i dels diferents compartiments o sectors econòmics, com ara l'anàlisi de les dades de consum final d'energia (capítol 3) i d'emissions de gasos amb efecte d'hivernacle (capítol 6) a Catalunya per sectors d'activitat.

Un cop feta la caracterització de l'economia catalana s'obtenen uns coeficients tècnics que poden servir per fer una avaluació de diferents escenaris de futur, obeint a tendències en variables clau (com ara demogràfiques, o d'introducció de les energies renovables), a possibles xocs (com ara preus del petroli, tancament de les centrals nuclears), o responen a objectius de creixement econòmic o de política energètica, com els inclosos al Pla de l'energia de Catalunya (Generalitat de Catalunya, 2006). L'avaluació dels escenaris (que presentem a part a l'annex 3 del CD) permetrà veure els *trade-off* (els elements que no es poden compatibilitzar entre ells) entre les diferents variables per tal d'assolir els objectius, així com veure les possibles limitacions que Catalunya pot haver d'afrontar en un futur immediat. Aquesta avaluació inclourà una comparació amb escenaris que plantegin seguir amb l'estat actual (*business as usual*).

D'aquesta anàlisi s'esperen els resultats següents:

- 1) Una caracterització dels paràmetres destacables dels diferents sectors de l'economia catalana, que permeti una comparació amb altres països del nostre entorn (com per exemple els països de la OCDE) i alhora poder estudiar la peculiaritat de Catalunya. Per exemple, s'utilitzaran coeficients d'eficiència econòmica en l'ús de l'energia a diversos sectors (euros per joule), o productivitats del treball, o intensitats d'ús d'energia per sectors i activitats (joules per hora).
- 2) Una anàlisi històrica dels canvis d'aquests valors a Catalunya per estudiar l'efecte de determinants indicadors (colls d'ampolla, canvis estructurals, desfasaments temporals i estancaments tecnològics, etc.);
- 3) Un exemple de com es pot utilitzar aquesta metodologia per avaluar hipòtesis de desenvolupament futur i veure les interrelacions entre les variables monetàries, demogràfiques i energètiques.

En un futur, fora del present estudi, es podrien avaluar altres escenaris, i fins i tot usar l'eina desenvolupada per a la pròpia generació de nous escenaris, mantenint alhora la congruència entre els objectius econòmics i les necessitats energètiques.

El resultat final de l'estudi és, per tant, la posada en pràctica d'una metodologia d'anàlisi integrada que combina informació demogràfica, econòmica, i biofísica, amb l'ànim que serveixi com a eina de suport per a la presa de decisions. Això s'obté gràcies al tipus d'informació generada, que vincula els objectius de creixement econòmic sectorial amb les necessitats en termes tant d'energia com de mà d'obra. En particular, aquestes necessitats d'energia es veuran complementades amb dades sobre la viabilitat d'obtenir aquestes fonts energètiques, en funció de les productivitats del treball i de l'ús de l'energia dels diferents sectors econòmics, de manera que es podria fer una priorització en les activitats econòmiques que cal promoure des de l'Administració.

La integració d'informació econòmica i biofísica permet arribar a una major comprensió de la complexitat de les relacions entre l'economia i l'energia, i garanteix una major qualitat en la generació d'escenaris de futur i la seva avaluació. El resultat pot ser comparat amb resultats obtinguts en altres països, derivats de diversos estudis de caràcter internacional ja portats a terme per part de l'equip de recerca i per d'altres autors (Falconi, 2001; Gasparatos *et al.*, 2008; Gomiero i Giampietro, 2001; Grünbühl i Schandl, 2005; Pastore *et al.*, 2000; Ramos-Martin, 2001; Ramos-Martin, 2005; Ramos-Martin i Giampietro, 2005).

El coneixement d'una sèrie de coeficients tècnics en termes de productivitat del treball (euros per hora de treball), productivitat de l'energia (euros per MJ d'energia), i nivell de capitalització d'una economia (MJ per hora de treball en cada sector, que és la base dels increments de productivitat en el futur ja que reflecteix la tecnologia emprada en l'activitat) pels diversos sectors, així com la inclusió de variables demogràfiques (com la disponibilitat de mà d'obra), permeten la generació i l'avaluació d'escenaris plausibles de desenvolupament econòmic, i d'aquesta manera fer simulacions amb determinats canvis i xocs, per analitzar quins poden ser els efectes sobre les altres variables i sectors econòmics.

La caracterització de l'economia catalana en termes de metabolisme energètic duta a terme a AMEEC es podria utilitzar posteriorment per a la tasca d'avaluació d'escenaris de futur. Idealment, el procés de generació d'escenaris i l'anàlisi de la seva congruència s'ha de fer en el marc d'un procés participatiu, on els actors rellevants (com ara els responsables de prendre decisions però també els sectors que en serien més afectats) ajuden l'equip científic a dissenyar les hipòtesis que han de regir els escenaris. També se'ls presenten els resultats dels escenaris perquè contribueixin a la seva interpretació. És per això que la metodologia aquí presentada, que és més

aviat d'anàlisi i caracterització, queda complementada per enfocaments de tipus multicriteri, com ara l'Anàlisi Multi Criterial Social (Munda, 2004), que ja s'han aplicat al nostre territori, o els projectes Diafanis i MCDA-RES² que estructuraven processos de presa de decisions combinant informació científica amb participació dels actors rellevants.

Com hem dit, l'estudi que presentem representa una caracterització del metabolisme energètic de Catalunya. Això permet ordenar la informació que altrament es mostraria de forma fragmentada i permet analitzar amb claredat i senzillesa els diferents *trade-offs* (és a dir, les situacions incompatibles entre elles) entre les variables considerades. Per exemple, hom pot establir la coherència entre els objectius de política econòmica i de consum d'energia (i per tant, d'emissions de gasos amb efecte d'hivernacle) i anticipar quins canvis estructurals caldran en termes d'activitat productiva, inversions i/o mà d'obra.

A continuació es presenta de forma breu cadascun dels blocs en què es va dividir l'estudi AMEEC, així com l'estructura d'aquest llibre.

1.3. Estructura del llibre

L'estudi AMEEC es va dividir en dotze blocs, els resultats principals dels quals presentem en els nou capítols d'aquesta publicació i en els annexos que es poden trobar al CD adjunt. En concret els capítols són:

Capítol 1. Introducció

El primer capítol presenta la justificació de l'estudi, els objectius principals, així com l'estructura i el context internacional en el qual s'emmarca la situació energètica catalana.

Capítol 2. Energia primària a Catalunya

Consisteix en la recopilació i l'anàlisi de dades sobre les quantitats, els orígens i els vectors energètics utilitzats per l'economia catalana. La sistematització de la informació es basa en els balanços energètics elaborats per l'ICAEN. Aquest capítol inclou una anàlisi en profunditat d'un vector energètic que està rebent molta atenció per part de la Unió Europea i arreu del món: els biocombustibles i, concretament, el biodièsel.

Capítol 3. Consum d'energia final a Catalunya

El capítol conté una recopilació i anàlisi de les dades sobre consum d'energia final a Catalunya en funció dels diferents sectors finals (incloent-hi les famílies), i dels diferents vectors energètics. S'aprofundeix en els canvis que s'han esdevingut en la composició i el consum d'energia final en el període d'estudi (1990-2005).

2. Vegeu <http://www.exergia.net/mcda/>.

Capítol 4. El sector de transformació energètica i generació d'electricitat

L'objectiu principal d'aquest capítol és mostrar l'estat actual de les infraestructures de transformació de l'energia i generació d'electricitat, així com l'evolució que previsiblement tindran d'acord amb la planificació indicativa i no indicativa de l'Administració de l'Estat espanyol i la planificació energètica de la Generalitat de Catalunya. També es tracta el tema de les infraestructures de gas natural.

Capítol 5. El cas específic del petroli

Atès que una de les raons per engegar aquest projecte és preveure les conseqüències econòmiques i socials d'un previsible increment futur dels preus internacionals del petroli, aquest capítol es dedica específicament als diferents usos del petroli a l'economia catalana, fent especial èmfasi en els usos no energètics de la indústria i en l'ús del petroli al transport. S'aprofundeix també en la discussió sobre el zenit del petroli.

Capítol 6. Emissions de gasos amb efecte d'hivernacle derivades del consum d'energia

Després de fer l'anàlisi del sector energètic, el transport i l'anàlisi del consum final d'energia a Catalunya, es fa un seguiment de les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle lligats al consum d'energia al llarg del període d'estudi (1990-2005).

Capítol 7. Exemples d'instruments per a la gestió de la demanda d'energia

Es fa un recull d'exemples d'instruments i mesures de gestió de la demanda d'energia. S'hi inclouen diferents tipus de mesures com ara incentius econòmics en la gestió, eines de planificació, l'ús de la fiscalitat i, finalment, l'establiment d'unes quotes individuals que lliguen consum d'energia i emissions de CO₂.

Capítol 8. Anàlisi integrada multiescala del metabolisme energètic de Catalunya

Amb el treball fet amb relació al consum final d'energia, el sector energètic, el moviment de la població (activa), i amb les dades de generació de valor afegit per a Catalunya, en el capítol 8 es fa una anàlisi del metabolisme energètic dels diferents sectors de l'economia, que permet obtenir uns paràmetres d'avaluació de la situació actual i les tendències de futur.

Capítol 9. Conclusions

El darrer capítol posa en comú les conclusions principals dels diferents blocs de l'estudi, i elabora propostes d'actuació de cara al futur per afrontar les principals problemàtiques detectades.

A més a més, al CD adjunt s'inclouen els annexos estadístics i informatius dels diferents capítols així com tres documents de l'estudi que no apareixen aquí:

Annex A. Anàlisi de l'evolució de la població total, activa i ocupada a Catalunya, 1990-2005, i perspectives 2006-2015

Es correspon amb el bloc 6 de l'estudi i fa una anàlisi de la situació demogràfica i de la distribució de població activa actual, i fa una prospectiva del mercat de treball fins al 2015. Aporta dades sobre la distribució de la població activa en determinades branques d'activitat i la possible evolució futura, tenint en compte l'impacte de la immigració sobre l'estructura de població activa a Catalunya, adaptant la informació existent a les necessitats de MSIASM.

Annex B. Evolució dels preus de l'energia i prospectiva

Es correspon amb el bloc 7 de l'estudi i analitza l'evolució dels preus dels diferents vectors energètics i les previsions per a un futur immediat segons les institucions internacionals d'energia. Es fa un èmfasi especial a l'evolució dels preus del petroli i del gas natural.

Annex C. L'Anàlisi Integrada Multiescala del Metabolisme Social (MSIASM). Teoria i ús

Presenta el marc teòric on s'inscriu MSIASM i una aplicació de la metodologia d'anàlisi integrada MSIASM per a l'avaluació d'hipòtesis de futur quant al metabolisme energètic de Catalunya.

Annex D. Anàlisi de fluxos materials

A fi de completar la diagnosi sobre l'ús de l'energia en els sectors econòmics s'inclou també una anàlisi de l'ús de materials a l'economia catalana. Es correspon amb el bloc 9 de l'estudi AMEEC.

Annex E. Taules de consum d'energia primària

Presenta les taules del consum d'energia primària utilitzades al capítol 2.

Annex F. L'ús de taules *input/output* i la descomposició en factors

Conté les taules de dades detallades utilitzades al capítol 3, així com una explicació de les possibilitats i dificultats d'utilització de taules *input-output* a Catalunya.

Annex G. Preguntes i respostes sobre l'operacionalització de les QECs

Exposa amb més detall el funcionament de les Quotes d'Emissions Comercialitzables presentades al capítol 7, com a preguntes i respostes.

Annex H. Taules de dades i relacions utilitzades a l'anàlisi MSIASM

Conté les taules i relacions utilitzades per a l'anàlisi que es presenta al capítol 8

1.4. Altres experiències al món per reduir la dependència energètica

El context internacional planteja un horitzó caracteritzat per una imminent crisi energètica en l'àmbit mundial, que es reflectirà sobretot en els sectors i les economies que siguin més dependents del petroli o, en general, dels combustibles líquids. Això ha fet que des d'alguns governs s'hagin encarregat treballs per estudiar possibles solucions i escenaris de futur.

En aquesta secció ens fem ressò d'aquests estudis per afrontar aquesta situació de crisi energètica. En particular, veurem els casos dels Estats Units, Irlanda, Suècia i Nova Zelanda, iniciatives interessants però que majoritàriament se centren només en el que s'anomena la crisi del petroli. En aquest sentit AMEEC significa una passa més enllà ja que no només tracta el tema del petroli sinó que analitza els diferents vectors energètics necessaris per al metabolisme de Catalunya.

1.4.1. Estats Units d'Amèrica (EUA)

Els Estats Units tenen una gran tradició d'anàlisi de l'economia en termes biofísics des del món acadèmic (vegeu Odum 1971, 1983, 1996; Hall et al., 1986)³, fet que no s'ha reflectit, però, en l'àmbit polític. El govern dels EUA no ha plantejat la necessitat d'estudiar mesures d'adaptació a una possible crisi del petroli i en general a una crisi de subministrament d'energia, i manté altres opcions per garantir aquest subministrament d'energia.

No obstant això, el Departament d'Energia va encarregar a l'analista energètic Robert L. Hirsch que dirigís un estudi sobre l'impacte del zenit del petroli a l'economia americana. Aquest estudi s'anomena *Peaking of World Oil Production: Impacts, Mitigation, & Risk Management*⁴ (Hirsch et al., 2005), més conegut com *Informe Hirsch*. L'informe ha tingut molt de ressò internacional bàsicament per dos motius. El primer és que es tracta d'un document de l'Administració dels EUA que reconeix l'existència del zenit del petroli, fet que fins ara s'havia considerat una fal·làcia recurrent dels grups ambientalistas. El segon fet és que tot i estar publicat dintre de la pàgina web del departament sembla que no ha tingut cap repercussió en la política energètica dels EUA.

L'informe posa de manifest que l'efecte de les anteriors crisis del petroli de 1973–1974 i 1979 que havien reduït el consum de petroli als EUA s'han superat completament i el país està augmentant el seu consum de manera accelerada, sobretot al transport i a causa de l'increment del parc d'automòbils. Així mateix, argumenta que cada

cop que es dobli el preu del petroli això implicarà una pèrdua d'un 1 % del PIB per a l'economia dels EUA.

Un cop analitzats els impactes als diferents sectors econòmics, i mostrat que en qualsevol cas les mesures d'adaptació requeriran un període de temps considerable, es mencionen una sèrie de mesures que es podrien adoptar per mitigar els efectes del zenit del petroli. Aquestes mesures són: estalvi energètic al transport i introducció de vehicles híbrids, millores a la recuperació de petroli que allarguin la vida útil dels jaciments, explotació del petroli pesant i del *tar sand* o sorres enquitranades, potenciar les tecnologies gas a líquid per arribar a gas natural liquat, gasificació del carbó i biomassa, així com un canvi vers l'electricitat, i l'extensió de l'ús de l'hidrogen com a vector energètic.

1.4.2. Irlanda

Seguint l'exemple dels EUA, el govern d'Irlanda va encarregar al Consell Assessor i de Política Nacional de Promoció Econòmica, Comerç, Ciència, Tecnologia i Innovació del govern (Forfás) un estudi sobre l'impacte de l'increment dels preus del petroli sobre l'economia irlandesa. El 3 d'abril de 2006 Forfás va fer públic l'informe, *A baseline assessment of Ireland's oil dependence – key policy considerations*⁵ (Forfás, 2006), que també compta amb la participació de Robert L. Hirsch.

L'informe, com indica el títol, se centra sobretot en el petroli, i és força clar en les seves afirmacions. Irlanda no té petroli, i essent una illa depèn del transport marítim i aeri de persones i béns per a la seva connectivitat, fet que farà que sigui un dels països més afectats pel zenit del petroli i l'esperat augment de preus que seguirà la resta de vectors energètics i, com a conseqüència, els béns i serveis.

Tot i la claredat en l'anàlisi, l'informe és molt conservador en les propostes i ofereix una sèrie de mesures que difícilment podran resoldre el problema i que en tot cas són molt controvertides, com ara l'augment en l'ús de l'energia nuclear i l'augment de la combustió de carbó. En aquest sentit, l'informe és massa defensor de l'*status quo* i és poc ambiciós, però representa un primer pas del govern irlandès per entendre les relacions entre l'energia i l'economia. L'informe fa palès que hi ha controvèrsia sobre quan arribarà aquesta crisi del petroli o dels combustibles líquids, però mostra la certesa que arribarà i que tindrà importants repercussions econòmiques. No obstant això, es pot observar el mateix error que a altres estudis, ja que s'hi parla només d'un increment de preus del petroli, quan el més probable és que l'augment del preu del petroli porti a augment dels preus d'altres vectors d'energia.

3. El seu llibre *Energy and Resource Quality* és un clàssic de com es pot integrar l'anàlisi biofísica per entendre fenòmens econòmics i socials.

4. Disponible en línia a: http://www.netl.doe.gov/publications/others/pdf/Oil_Peaking_NETL.pdf.

5. Disponible en línia a: http://www.forfas.ie/publications/forfas060404/webopt/forfas060404_irelands_oil_dependence_report.pdf.

La metodologia que utilitza és similar a la del cas suec que veurem a continuació. Un grup d'experts, liderat per Robert L. Hirsch, va mantenir una sèrie de grups de treball amb diferents actors del sector del petroli a Irlanda i a escala mundial, i amb actors de diferents sectors rellevants d'Irlanda com ara polítics. A més, es va crear un comitè assessor de l'estudi que va incloure determinats representants dels departaments del govern, amb la intenció d'integrar els resultats de l'informe a la generació de polítiques.

Després d'analitzar el zenit del petroli a escala mundial i la situació d'Irlanda (amb un elevat i creixent consum de petroli per càpita, gràcies no només al transport sinó també a la generació d'electricitat), s'analitza l'impacte en termes econòmics, és a dir, quant a reducció de l'activitat productiva i de l'ocupació, augment de la inflació, i empitjorament de la balança de pagaments, fent referència a informes del Banc Central Europeu.

Amb aquestes dades l'estudi presenta un índex de vulnerabilitat a l'increment del preu del petroli que situa Irlanda com a cinquena economia potencialment més afectada. L'Estat espanyol es troba en la sisena posició

(taula 1). Finalment, l'informe recomana la creació d'una estratègia nacional per lluitar contra els impactes del zenit del petroli. Com ja s'ha mencionat, les mesures proposades no són, però, gaire ambicioses.

Comentari a la taula 1. L'índex de vulnerabilitat del petroli (columna 4) és un índex compost de l'impacte que tindrà un increment del 10 % en el preu real del petroli sobre el PIB (columna 1), del nivell de dependència externa del petroli que es consumeix al país (columna 2), i del nivell de dependència energètica de l'economia respecte el petroli per al total d'energia consumida (columna 3). Així, per exemple, per al cas de l'Estat espanyol ens diu que un increment del 10 % en el preu del petroli provocaria una pèrdua de PIB del 0,6 %, que l'economia espanyola importa el 98 % del petroli que consumeix, i que el petroli representa el 54 % del total d'energia consumida al país. La combinació d'aquests factors situa l'Estat espanyol en la sisena posició quant a vulnerabilitat.

	Sensitivitat del preu del petroli (1)	Dependència de les importacions de petroli (2)	Dependència energètica del petroli (3)	Índex de vulnerabilitat al petroli (4)
Singapur	-1,3	0,98	0,97	3,25
Israel	-0,8	0,99	0,72	2,51
Hong Kong	-0,7	1	0,68	2,38
Grècia	-0,7	0,98	0,62	2,3
Irlanda	-0,6	1	0,6	2,2
Espanya	-0,6	0,98	0,54	2,12
Alemanya	-0,6	0,95	0,4	1,95
Itàlia	-0,5	0,94	0,5	1,94
Suècia	-0,6	1	0,32	1,92
Suïssa	-0,5	0,99	0,42	1,91
Japó	-0,4	0,98	0,5	1,88
Islàndia	-0,6	1	0,27	1,87
Finlàndia	-0,5	0,96	0,36	1,82
Àustria	-0,5	0,91	0,4	1,81
França	-0,4	0,96	0,37	1,73
Nova Zelanda	-0,6	0,67	0,32	1,59
Països Baixos	-0,1	0,91	0,48	1,49
Estats Units	-0,4	0,54	0,39	1,33
Xina	-0,4	0,3	0,25	0,95

Taula 1. Índex de vulnerabilitat del petroli

Font: Forfás 2006: 19.

Notes: (1) Impacte sobre el PIB d'un augment dels preus reals del petroli d'un 10 % (percentatge de canvi); (2) (consum de petroli-producció estatal de petroli) / consum de petroli; (3) Relació entre el consum de petroli i el consum total d'energia primària; (4) Suma d'1 a 3 (el primer en valor absolut).

1.4.3. Suècia

L'oficina del primer ministre de Suècia va posar en marxa el desembre de 2005 una de les experiències més interessants en aquest camp, en crear la Comissió per la Independència del Petroli, a la qual va encarregar un estudi per acabar amb la dependència del petroli l'any 2020 i reduir tangiblement l'ús de productes petrolers. La motivació d'aquesta comissió va ser l'augment dels preus del petroli (que interfereix amb el creixement econòmic i la generació d'ocupació), el rol que el petroli té avui dia en qüestions de pau i seguretat internacional, el canvi climàtic induït per l'ús humà de combustibles fòssils, així com el potencial d'utilització de recursos renovables i nacionals per part de Suècia.

Es va decidir que la comissió fos de caràcter ampli, i per això comptà amb la participació d'experts de la indústria, l'agricultura, la silvicultura, i científics experts en eficiència energètica. Cal destacar l'elevat grau de compromís polític per part del govern suec a dur a terme aquesta iniciativa, la qual cosa es reflecteix en el fet que la comissió va ser dirigida pel mateix primer ministre Göran Persson i comptà amb molt de ressò als mitjans de comunicació suecs amb discussions i debats a la televisió.

El resultat de la comissió és el document titulat *Making Sweden an Oil-Free Society* (COI, 2006), que l'Oficina del Primer Ministre va presentar el 26 de juny de 2006.⁶ El document final va ser consensuat entre els diferents membres de la comissió, per la qual cosa expressa el denominador comú entre les diferents parts consultades. A continuació resumim breument el contingut del document, que proposa mesures concretes que han de guiar l'actuació del govern.

Després d'expressar la visió que la comissió té per al futur de Suècia, el document analitza el zenit del petroli així com la dependència que en té Suècia, amb la finalitat d'introduir i avaluar una sèrie de mesures en els àmbits residencial i comercial, del transport, i de la indústria.

En concret, els objectius que planteja el document són:

- Reduir l'ús del petroli en el transport per carretera en un 40-50 % a través de millores de l'eficiència i l'ús de nous combustibles.
- Reduir a zero la utilització de petroli per a calefacció tant d'espais residencials com comercials.
- Reduir entre un 25-40 % el consum de petroli a la indústria.
- Un augment de l'eficiència energètica d'un 1,5 % anual fins al 2020.

Aquests objectius s'han d'assolir en part gràcies a l'ús dels biocombustibles, dels quals es defensa que ajudaran a millorar la competitivitat del país i a reduir la dependència externa en termes d'energia. Això implica una aplicació massiva de recursos per al foment dels biocombustibles, incloent-hi els llenyosos (als quals es preveu dedicar entre 300.000 i 500.000 hectàrees).

Pel que fa a l'electricitat es proposa millorar en un 40 % l'eficiència energètica als sectors industrials no intensius en energia, i en un 20 % als sectors residencial i comercial. S'aposta per l'eficiència energètica sobretot en la climatització i la calefacció. També s'aposta per impulsar la generació d'energia de fonts renovables com ara l'eòlica.

Atès que molts analistes apunten al gas natural com a pont entre el petroli i una altra font d'energia encara per trobar, la comissió hi dedica unes reflexions. S'oposen a l'expansió de xarxes de gas natural, com és la connexió amb Rússia, ja que desplaçarien recursos energètics locals com ara la biomassa, i provocaria una situació de *lock-in*, o estancament, en termes d'infraestructures, per la qual cosa es recomana que les indústries que vulguin fer la transició de carbó o petroli al gas natural utilitzin gas natural líquid (GNL), que permet un major grau de flexibilitat.

Per al transport es proposa augmentar el nombre de vehicles dièsel ja que són un 25-30 % més eficients que els de benzina. A més, es proposa el foment del biodièsel i els motors híbrids. Finalment, es pensa potenciar el tren per davant de l'avió, i es defensa la inclusió de l'aviació al comerç d'emissions de CO₂.

La situació de Suècia, però, no és extrapolable a altres països ja que per extensió, la dotació de recursos hídrics i la baixa població (i la densitat de població) resulta més fàcil implementar aquestes mesures i assolir els objectius proposats.

1.4.4. Nova Zelanda

Nova Zelanda mostra un altre cas en què el govern adopta una posició activa en referència al zenit del petroli i altres temes energètics. L'any 2004 inicià un procés d'anàlisi de la realitat del consum d'energia al país amb la idea d'arribar a una planificació energètica sostenible. El 2004 el Ministeri de Desenvolupament Econòmic va publicar un document de discussió titulat *Sustainable Energy: Creating a Sustainable Energy System for New Zealand*⁷ que ha servit de base per a la discussió que s'ha iniciat el 2006. De fet, aquest document establia ja les línies marc de la política energètica de Nova Zelanda. El

6. <http://www.sweden.gov.se/sb/d/6245/a/66649>.

7. Disponible en línia a: http://www.med.govt.nz/templates/MultipageDocumentTOC_10124.aspx.

juliol de 2006, i com a conseqüència del procés encetat dos anys abans, el govern va publicar les bases per a la futura estratègia energètica de Nova Zelanda (*New Zealand Energy Strategy Terms of Reference*⁸), document que va estar obert per a comentaris durant un mes.

Segons el document de referència, la necessitat d'una planificació indicativa per part del govern es fonamenta bàsicament en l'increment del preu del petroli, en qüestions de seguretat energètica (dependència externa) i en el canvi climàtic, arguments que ja hem vist a la resta d'iniciatives d'altres països. A més, atès que les decisions que es prenguin ara tindran repercussions durant dècades (a causa de la vida útil de les infraestructures), s'han de tenir molts aspectes en compte a l'hora de decidir quin serà el sistema energètic del país.

De l'anàlisi efectuada el 2004 es desprèn que la futura estratègia energètica haurà de respondre a preguntes com ara si Nova Zelanda podrà superar la dependència del petroli (o dels combustibles fòssils en general) l'any 2030, però també altres objectius molt ambiciosos com ara la possibilitat que tota l'energia no destinada al transport sigui d'origen renovable, o fins i tot la possibilitat de reduir el consum d'energia primària des d'ara fins l'any 2030.

L'estudi s'ha engegat fa poc però s'espera arribar a una estratègia que ajudi a dissenyar el futur sistema energètic fins a l'any 2050 i que estableixi una sèrie de prioritats tant per a l'activitat pública com per a la privada.

El procés que està seguint el govern de Nova Zelanda és molt obert i inclou tant la participació d'experts en grups de treball específics, com la participació dels diferents actors socials, amb la idea de generar una visió sobre la Nova Zelanda del futur i de trobar uns escenaris que puguin ser avaluats.

En resum, tot i que no ofereix compromisos quantitatius per part del govern com fa Suècia, l'element més important del cas de Nova Zelanda és com s'està duent a terme el procés d'informació i de consulta amb la població per definir l'estratègia energètica per al futur.

1.4.5. Posicionament de l'estudi AMEEC

Els estudis presentats en aquesta secció, que són impulsats pels diferents governs, fan referència fonamentalment a la dependència de les economies modernes al petroli, i al fenomen conegut com la crisi del petroli (o el zenit del petroli). No són, però, estudis que facin una anàlisi del metabolisme energètic de les societats considerant els diferents vectors energètics. En aquest sentit, AMEEC

significa un pas més, ja que com hem dit no estudia només l'àmbit del petroli sinó que analitza l'economia i les seves necessitats energètiques en el seu conjunt. A més a més, no se ceneix només a l'anàlisi, sinó que se situa dintre de l'àmbit de la ciència per la governança, en presentar no només una anàlisi de les diferents fonts energètiques primàries, sinó en generar una sèrie de valors de referència per ser utilitzats en la generació i l'avaluació d'escenaris de futur econòmic i energètic per a Catalunya.

Referències

BP - BRITISH PETROLEUM (2006). "Quantifying energy". *BP Statistical Review of World Energy*, June 2006. Londres: British Petroleum.

COMISSIÓ EUROPEA (2003). *World Energy, Technology and Climate Policy Outlook. WETO 2030*. European Commission. Directorate-General for Research.

COMMISSION ON OIL INDEPENDENCE (COI) (2006). *Making Sweden an OIL-FREE Society*. Sweden's Prime Minister's Office. June 2006.

FALCONI-BENITEZ, F. (2001). Integrated assessment of the recent economic history of Ecuador, *Population and Environment*, 22 (3): 257-280.

Forfás (2006). *A Baseline Assessment of Ireland's Oil Dependence – key policy considerations*. Dublin.

GASPARATOS, A.; EL-HARAM, M.; HORNER, M. (2008). "Assessing the sustainability of the UK society using thermodynamic concepts: part 1", *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (en premsa).

GENERALITAT DE CATALUNYA (2006). *Pla de l'energia de Catalunya 2006-2016*. Pla Estratègic. Octubre 2006. Barcelona: Generalitat de Catalunya, Departament de Treball i Indústria.

GIAMPIETRO M. (2003). *Multi-Scale Integrated Analysis of Agro-ecosystems*. CRC Press, Boca Raton, 472 p.

GOMIERO, T.; GIAMPIETRO, M. (2001). "Multiple-scale integrated analysis of farming systems: The Thuong Lo Commune (Vietnamese Uplands) case study". *Population and Environment*, 22 (3), p. 315-352.

GRÜNBÜHEL, C.M.; SCHANDL, H. (2005). "Using land-time budgets to analyse farming systems and poverty alleviation policies in the Lao PDR", *International Journal of Global Environmental Issues*, Vol. 5, p. 142-180.

8. Disponible en línia a: <http://www.med.govt.nz/templates/MultipageDocumentTOC19432.aspx>.

- HALL, C.A.S.; CLEVELAND, C.J.; KAUFMAN, R. (1986). *Energy and Resource Quality*. Nova York: John Wiley & Sons.
- HIRSCH, R.L.; BEZDEK, R.H; WENDLING, R.M. (2005). *Peaking of World Oil Production: Impacts, Mitigation and Risk Management*. Department of Energy, National Energy Technology Laboratory.
- HUBBERT, M.K. (1956). "Nuclear Energy and the Fossil Fuels", (Presented before the Spring Meeting of the Southern District Division of Production, American Petroleum Institute, San Antonio, Texas, March 8, 1956.) Publication No. 95. Houston: Shell Development Company, Exploration and Production Research Division, 1956.
- MUNDA, G. (2004). "Social Multi-Criteria Evaluation: Methodological foundations and operational consequences". *European Journal of Operational Research*. Vol. 158, p. 662-677.
- ODUM, H.T. (1971). *Environment, Power, and Society*. Nova York: John Wiley & Sons.
- ODUM, H.T. (1983). *Systems Ecology*. Nova York: John Wiley.
- ODUM, H.T. (1996). *Environmental Accounting: EMergy and Decision Making*. Nova York: John Wiley.
- PASTORE, G.; GIAMPIETRO, M.; MAYUMI, K. (2000). "Societal metabolism and multiple-scale integrated assessment: Empirical validation and examples of application", *Population and Environment*, 22 (2), p. 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), p. 281-313.
- RAMOS-MARTIN, J. (2005). *Complex systems and exosomatic energy metabolism of human societies*. Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona. (Tesi doctoral).
- RAMOS-MARTIN, J.; GIAMPIETRO, M. (2005). "Multi-scale integrated analysis of societal metabolism: learning from trajectories of development and building robust scenarios". *International Journal of Global Environmental Issues*, Vol. 5, n. 3-4, p. 225-263.

2. L'energia primària a Catalunya

Jesús Ramos Martín, Sílvia Cañellas Boltà i Daniela Russi

Jesús Ramos Martín, doctor en Ciències Ambientals per la UAB, és un economista ecològic amb experiència en el camp del desenvolupament econòmic i l'evolució dels sistemes econòmics des d'un punt de vista biofísic, aplicant conceptes de la termodinàmica i de la teoria de sistemes complexos. Té experiència en l'estudi del metabolisme social i l'avaluació ambiental integrada. Actualment és professor lector del Departament d'Economia i d'Història Econòmica de la UAB. Ha estat, a més, investigador i professor a la Universitat de Klagenfurt (Àustria), i a l'INRAN italià, i professor d'Economia Ecològica a la FLACSO a la seva seu a Quito. És membre del Comitè Organitzador del Congrés Iberoamericà de Desenvolupament i Medi Ambient que se celebra cada dos anys, i de l'equip editor de la *Revista Iberoamericana d'Economia Ecològica*

A/e: jesus.ramos@uab.cat

Sílvia Cañellas Boltà és llicenciada i màster en Ciències Ambientals per la UAB. Ha participat en projectes de recerca sobre polítiques ambientals i gestió ambiental a la UAB i a la Universitat de Bergen, i ha publicat diferents articles en revistes especialitzades. Ha treballat com a consultora per a diverses administracions, i actualment treballa al Consell Assessor per al Desenvolupament Sostenible (CADS).

A/e: scanellas@gencat.cat

Daniela Russi és doctora en Ciències Ambientals per la Universitat Autònoma de Barcelona (especialitat d'Economia ecològica) i llicenciada en Economia Ambiental per la Universitat de Siena, Itàlia. Russi ha estat professora de Principis d'Economia a la UAB, i ha participat com a profesora a diferents programes de postgrau. Ha publicat diferents articles científics i capítols de llibres sobre anàlisi multi-criteri, anàlisi dels fluxos de materials i biocarburants. Actualment treballa per a una consultora ambiental.

A/e: daniela.russi@uab.cat

Capítol 2. L'energia primària a Catalunya

- 2.1. Introducció
- 2.2. Evolució de la producció i del consum d'energia primària a Catalunya
 - 2.2.1. Algunes definicions
 - 2.2.2. Consum d'energia primària a Catalunya en el període 1990-2005
 - 2.2.3. Producció d'energia primària a Catalunya en el període 1990-2005
 - 2.2.4. Saldo d'intercanvis internacionals d'energia primària a Catalunya 1990-2005
 - 2.2.5. Comentari sobre les dades d'energia primària a Catalunya
- 2.3. Evolució del consum dels diferents vectors energètics per sectors
 - 2.3.1. El sector de l'energia
 - 2.3.2. Consum d'energia per sectors econòmics
 - 2.3.3. Comentari sobre el consum d'energia per sectors econòmics
- 2.4. Generació amb fonts renovables
 - 2.4.1. Evolució de la generació d'energia de fonts renovables (1990-2005)
 - 2.4.2. Previsions de creixement de les fonts renovables a Catalunya
 - 2.4.3. Costos de la generació amb energies renovables
- 2.5. Origen de l'energia primària i consideracions de risc
 - 2.5.1. Dependència general
 - 2.5.2. Els combustibles fòssils
 - 2.5.3. L'energia nuclear
 - 2.5.4. Dificultats i potencialitats de les energies renovables a Catalunya
- 2.6. El cas particular del biodièsel: anàlisi dels impactes dels objectius pel biodièsel a Catalunya
 - 2.6.1. Introducció
 - 2.6.2. Biocombustibles i biodièsel a Catalunya
Producció de biodièsel a Catalunya i l'Estat espanyol
 - 2.6.3. Avaluació dels impactes de l'aplicació dels objectius del biodièsel
 - 2.6.4. Conclusions sobre el biodièsel
- 2.7. Conclusions sobre l'energia primària

2.1. Introducció

Aquest capítol se centra a presentar les dades de consum d'energia primària a Catalunya, per a les diferents fonts i per a sis sectors econòmics, que serviran de base per a l'anàlisi posterior. El capítol també tracta de manera particular la generació amb fonts renovables, així com factors de risc associats a les diverses fonts energètiques, i acaba amb una anàlisi en profunditat de les conseqüències tant positives com negatives d'acomplir els objectius que marca el Pla de l'energia de Catalunya pel que fa al biodièsel. Les dades presentades, a diferència del treball de Folch *et al.* (2005), que s'orientava a la generació d'escenaris de futur per a Catalunya, pretén caracteritzar el consum passat de l'energia primària a Catalunya en els seus diferents vectors, per tal de servir de base a l'anàlisi desenvolupada en els capítols següents.

Aprofitem per agrair a l'ICAEN, i en particular a Joan Esteve i Albert Casanova, haver-nos fet arribar els balanços d'energia de Catalunya per al període 1990-2005 (amb dades provisionals per al 2004 i 2005). Aquest és un fet que s'ha de destacar, ja que els balanços, que són bàsics per entendre la realitat biofísica de l'economia catalana i per poder fer planificació i promoció de polítiques econòmiques, ambientals i energètiques, no es publiquen des de començaments dels anys noranta.

Com es comenta més endavant, entenem l'energia com un factor imprescindible per a la materialització de l'activitat econòmica i, per tant, també per al seu desenvolupament. Una major activitat normalment requereix una utilització major d'energia per a fer funcionar el sistema (tot i que es poden donar millores a l'eficiència). El sector de l'energia és l'encarregat de fer disponible l'energia final a la resta de sectors econòmics. En aquest procés de fer disponible energia final a partir de l'energia primària, també el sector energètic mateix consumeix energia, com veurem més endavant.

L'energia primària es defineix com l'energia que existeix de manera natural, i que es troba incorporada als recursos naturals com ara el carbó, el petroli, però també l'energia solar en les seves variants (tèrmica, eòlica, fotovoltaica), i que no ha sofert cap transformació per part de l'home. La producció d'energia primària es refereix a la quantitat d'energia que s'extreu o es produeix i normalment incorpora les despeses energètiques que s'han fet durant el procés d'extracció o producció. A les estadístiques internacionals normalment s'expressa en termes de tones equivalents de petroli (tep) o en megajoules (MJ).

Així, la producció d'energia primària més el saldo d'intercanvis internacionals ens dona com a resultat l'energia primària disponible, o el consum d'energia primària.

Aquest consum d'energia primària es divideix al seu torn en usos no energètics de l'energia (com ara la producció de productes químics com l'etilè), energia usada pel sector de transformació energètica (que inclou: (i) els consums propis del sector, com ara els d'extracció a les mines o jaciments; (ii) les pèrdues de distribució i (iii) l'energia usada en la transformació energètica), i l'energia final que comprèn l'energia primària i derivada consumida pels sectors que són consumidors finals, com ara el sector domèstic, o el transport.

La resta del capítol queda estructurat com mencionem a continuació:

La secció 2.2 presenta les dades de consum d'energia primària desglossades per vectors energètics. També es presenten les dades de producció autòctona i el saldo dels intercanvis internacionals. La secció 2.3 mostra els consums dels diferents sectors econòmics, incloent-hi el sector de l'energia. La resta de sectors són la indústria, el transport, el sector domèstic, els serveis i el sector primari. Per a cadascun es presenten els consums en termes de fonts energètiques. La secció 2.4 descriu el cas particular de la generació amb fonts renovables, mencionant aspectes econòmics i legislatius d'interès. La secció 2.5 ens parla de l'origen de l'energia primària que hem presentat a la secció 2.2 i es fan unes consideracions del risc associat. Té un particular interès l'anàlisi que es fa del cas de l'urani com a combustible nuclear. La secció 2.6 fa una anàlisi en profunditat de les repercussions de l'assoliment de l'objectiu marcat al PEC per al biodièsel a Catalunya, i planteja els punts forts i febles de diverses alternatives. Finalment, a les conclusions es fa una valoració sobre el conjunt de les dades presentades amb anterioritat.

2.2. Evolució de la producció i del consum d'energia primària a Catalunya

Aquesta secció presenta les dades de producció, intercanvi comercial i consum d'energia primària per a Catalunya en el període 1990-2005.

Les dades que presentem aquí són molt importants per entendre el vessant biofísic de la realitat econòmica catalana, és a dir, com el país afronta el desenvolupament econòmic i com el materialitza. Aquesta informació no només és útil per saber quin és l'impacte de l'activitat produïda (en termes d'emissions de CO₂, per exemple), tant a Catalunya com a tercers països, sinó també per entendre el grau de dependència que l'economia pateix respecte els combustibles fòssils i respecte l'energia nuclear, factors que ja ara estan condicionant no només el model energètic, sinó també el model propi de país, però que s'espera que en els propers anys condicionin encara més el nostre futur. A més a més, com posem de manifest

a la secció 4 d'aquest capítol i a l'annex B, aquesta dependència es tradueix i es traduirà en riscos geopolítics cada cop més importants per a Catalunya.

2.2.1. Algunes definicions

L'energia primària és l'energia continguda en les diverses fonts que un sistema utilitza com a *inputs*. Moltes formes d'energia no poden ser consumides en la forma en què es troben a la natura, i han de passar per un procés de transformació, com ara el cru que deriva en gasolines, el gasoil i altres productes; o l'energia potencial d'un salt d'aigua que es converteix en electricitat. Altres formes d'energia no són concentrades i s'ha d'invertir energia en la seva concentració i transformació, com és el cas de l'energia solar. És per això que un sistema econòmic necessita un sector energètic que transformi l'energia primària en energia que pugui ser consumida per la resta de l'economia com a energia final.

Aquest consum d'energia primària correspon a la suma de l'energia generada en el mateix país i les importacions netes dels diferents vectors energètics. És a dir, el consum d'energia primària és igual a la producció d'energia primària més el saldo d'intercanvis comercials amb l'exterior.

L'energia primària és el total de l'energia que necessita una economia per al seu funcionament, i alhora es divideix en: (i) consum final d'energia (el que fan els consumidors finals, com ara la benzina que posem al cotxe o l'electricitat consumida per uns grans magatzems), (ii) consums propis del sector energètic (com ara el consum necessari per l'extracció a les mines i jaciments), (iii) usos no energètics (és a dir, vectors energètics que es destinen a la producció de béns no energètics, com per exemple l'ús de derivats del petroli per a la fabricació de plàstics), (iv) pèrdues en el transport i la distribució d'energia (electricitat i gas natural) i (v) energia utilitzada en la transformació d'energia (per exemple, les centrals elèctriques i les refineries i plantes d'oleofines).

2.2.2. Consum d'energia primària a Catalunya en el període 1990-2005

L'evolució del consum d'energia primària per vectors energètics es pot veure a la figura 2¹ en milers de tones equivalents de petroli (milers de tep).

El primer que s'observa és l'elevat pes que tant el petroli com l'energia nuclear tenen en l'energia primària a Catalunya. L'evolució, però, d'ambdues variables és diferent. La generació elèctrica d'origen nuclear s'ha man-

tingut en termes absoluts (fins i tot reduint-se el 2005 per les aturades de recàrrega de combustible), però a causa del creixement del consum total d'energia, que ha passat de 16.702 milers de tep el 1990 a 26.698² milers de tep el 2005, ha fet que la seva contribució s'hagi reduït en el temps. Aquest no és el cas del petroli, que s'ha mantingut en un 50 % del total de l'energia primària a Catalunya com a principal font energètica. Destaquem també l'evolució creixent del consum de gas natural, que ha passat de representar l'11 % el 1990 al 26 % el 2005 (figura 3). Aquest és el resultat tant de l'extensió de la xarxa de gas natural per a consum privat com sobretot pel canvi en el model de generació elèctrica que ha patit Catalunya en els darrers anys i que veurem a la propera secció i en el capítol 4. En el cas de les renovables, tot i l'augment notable dels darrers anys, encara representen només un 2 % del consum d'energia primària el 2005, de manera que queda encara molt camí per recórrer.

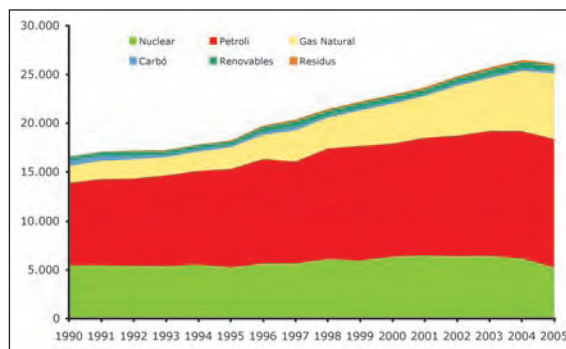


Fig. 2. Consum d'energia primària a Catalunya entre 1990 i 2005³ (milers de tep)

Font: elaboració pròpia a partir d'ICAEN (2006).

Cal destacar que el creixement del consum total ha estat del 3 % anual, un creixement molt alt que respon a causes demogràfiques, econòmiques i d'eficiència, com s'analitzarà al capítol 8.

A la figura 3 veiem que en el període 1990-2005 la dependència dels combustibles fòssils ha anat creixent, perquè la potència instal·lada nuclear s'ha mantingut estable i s'espera que ho faci en un futur immediat. De fet, tot i la disminució de la dependència respecte del petroli que el PEC enuncia al seu escenari IER i que mostrem a la figura 3, es poden fer dos comentaris importants. El primer és que aquesta reducció relativa és compensada en la seva totalitat per l'augment de la dependència del gas natural, que no és, doncs, una solució als problemes lligats als combustibles fòssils. El segon punt és que la pèrdua de rellevància relativa del petroli no n'implica una reducció del consum en absolut, sinó al contrari.

1. A l'annex E podeu consultar les taules completes de les diferents variables presentades a les seccions 2 i 3.

2. Recordem que les dades de 2004 i 2005 són provisionals i, per tant, no es pot confirmar encara l'estancament en el consum d'energia primària que s'observa entre aquests dos anys.

3. Les dades per al 2004 i el 2005 són provisionals.

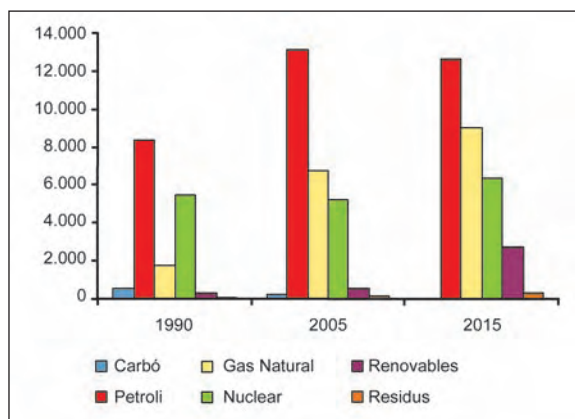


Fig. 3. Consum d'energia primària a Catalunya els anys 1990 i 2005, i previsió per al 2015 (escenari IER del PEC)

Font: elaboració pròpia a partir d'ICAEN (2006) i PEC (Generalitat de Catalunya, 2006).

La particular evolució del gas natural està lligada, com hem dit, al sector de generació elèctrica, mentre que l'increment en el consum de petroli va lligat al cas del transport, com veurem a la propera secció i com s'analitza al capítol 5.

Un cas particular que volem destacar de les dades anteriors és el de l'energia nuclear, que va significar un 20 % del consum d'energia primària el 2005, per darrere del petroli i del gas natural. Com es discuteix al capítol 4, el govern espanyol s'està plantejant tancar les centrals nuclears al final de la seva vida útil de 40 anys. Això implicarà que el primer tancament a Catalunya sigui el de la central d'Ascó I, l'any 2021. Aquest nou escenari, tot i quedar fora de l'àmbit temporal d'aquest estudi, planteja la necessitat de preveure com se satisfarà la demanda d'energia primària que les centrals nuclears deixaran de produir. Si la resposta no ve de les energies renovables, llavors el grau de dependència dels combustibles fòssils augmentarà encara més. Val a dir, però, que la manera de calcular l'energia primària, amb el contingut energètic físic, fa que l'electricitat d'origen nuclear tingui com a energia primària la calor produïda al nucli, de la qual només un terç es transforma en electricitat (Agència Internacional de l'Energia, 2005: 137), mentre que la resta es dissipa. Això vol dir que si es compara amb tecnologies més eficients, com ara els cicles combinats a gas natural, s'observa que la proporció entre energia primària i energia final generada és molt més elevada en el cas de l'eòlica.

2.2.3. Producció d'energia primària a Catalunya en el període 1990-2005

Com hem dit abans, el consum d'energia primària parteix de la producció pròpia d'energia primària, és a dir, de

l'extracció de carbó a les mines i dels jaciments de petroli, així com de la generació nuclear i de les energies renovables i alternatives, que s'extreuen i s'aprofiten en el propi territori. Com veiem a la figura 4, la producció a Catalunya significa gairebé en la seva totalitat generació d'origen nuclear, amb una petita aportació del petroli, que es va reduint amb el temps, i del carbó, i un lleuger augment de les energies renovables sobretot en el darrer tram del període.

Tot i que la generació a les centrals nuclears s'ha inclòs com a producció autòctona, és molt important remarcar que en el cas de Catalunya i de l'Estat espanyol tot el combustible nuclear és importat, tal com es detallarà més endavant a la secció 2.5.3, per la qual cosa hi ha una relació de dependència envers els països exportadors. Tot i això, per raons tècniques a les estadístiques oficials (catalanes, espanyoles o internacionals) se situa l'energia nuclear com a producció autòctona.⁴ En aquest estudi es manté la divisió oficial, tot i que volem remarcar que Catalunya té també dependència externa quant a l'energia nuclear.

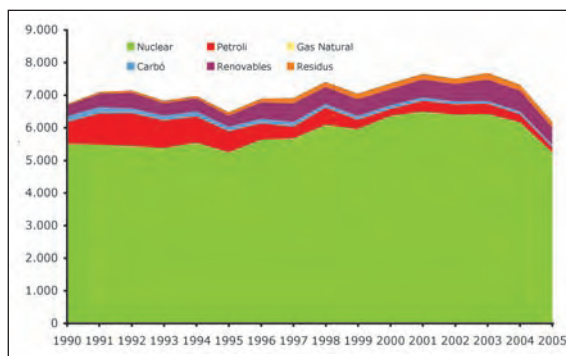


Fig. 4. Producció d'energia primària a Catalunya entre 1990 i 2005 (en milers de tep)

Font: elaboració pròpia a partir d'ICAEN (2006).

El que observem en el període és una reducció dels 6.719 milers de tep que es van produir el 1990 als 6.179 milers de tep que es van produir el 2005. Aquesta caiguda, com hem dit, reflecteix la reducció en la producció de petroli i de carbó.

Segons la figura 5 la fracció de l'energia nuclear sobre el total va pujar en el període analitzat, bàsicament a causa de la reducció de la producció dels jaciments de petroli i de les mines de carbó, que segons l'escenari IER el 2015 no aportaran res. S'observa també que les renovables prenen el relleu dels combustibles fòssils en la generació autòctona d'energia primària, amb unes perspectives molt optimistes per al 2015, però que en termes absoluts són encara reduïdes, com hem vist a la secció 2.2.2.

4. Això és així perquè, com ja hem dit, es considera que l'energia primària d'origen nuclear és la calor produïda al nucli (Agència Internacional de l'Energia, 2005: 137) i, per tant, el procés d'obtenció d'aquesta energia primària es produeix a la mateixa central.

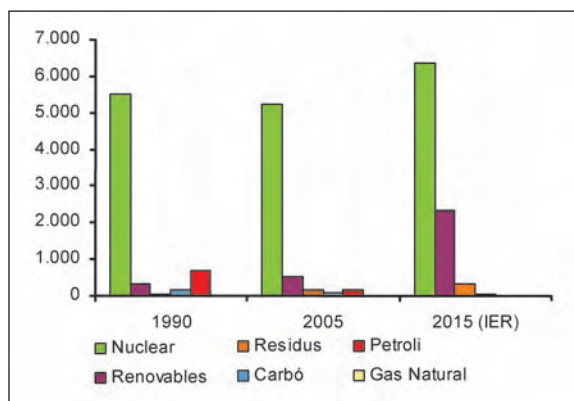


Fig. 5. Producció d'energia primària a Catalunya el 1990 i 2005, i previsió per al 2015 (escenari IER del PEC)

Font: elaboració pròpia a partir d'ICAEN (2006) i PEC.

2.2.4. Saldo d'intercanvis internacionals d'energia primària a Catalunya 1990-2005

La producció autòctona d'energia primària (incloent-hi la nuclear, que, com hem dit, depèn també de les importacions d'urani) va suposar només un 29 % del total, per la qual cosa la major part del consum d'energia primària consumida a Catalunya s'ha d'importar i s'ha d'adquirir als mercats internacionals. És per això que aquesta dependència té implicacions també en termes de riscos geopolítics, ja que una eventualitat com ara una disrupció en el subministrament d'energia tindria implicacions molt fortes per a l'activitat econòmica, tant la producció com el consum, i paraltzarien l'activitat del país. La figura 6 presenta el saldo d'intercanvis internacionals en termes d'energia primària durant el període analitzat.

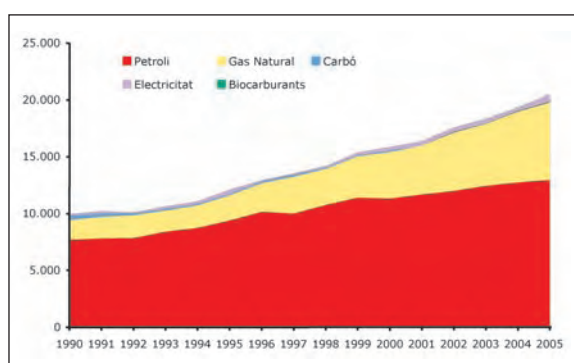


Fig. 6. Saldo d'intercanvis internacionals d'energia primària entre 1990 i 2005 (milers de tep)

Font: elaboració pròpia a partir d'ICAEN (2006).

Com hem vist a la secció anterior, la majoria de la producció autòctona és energia elèctrica d'origen nuclear, per la qual cosa, i com que la principal font energètica de Catalunya és el petroli i el gas està guanyant importància, són aquestes dues fonts energètiques les que importa

Catalunya. El nivell absolut de les importacions s'ha doblat amb escreix en el període analitzat, i ha passat de les 9.982 milers de tep el 1990 a les 20.519 milers de tep el 2005 (figura 6), amb una taxa de creixement anual del 4,6 %, superior al consum total d'energia primària que veïem a la secció 2.2.2. Això vol dir, com veurem a la propera secció, que el grau de dependència exterior ha augmentat amb el temps.

Com s'observa a la figura 7, el creixement de les importacions netes és continu a tot el període. Per vectors energètics destaca l'alentiment de les importacions de petroli, que es veuen compensades per l'acceleració de les importacions de gas natural, lligades al nou model energètic. Així, el petroli ha passat de representar el 77 % de les importacions el 1990 al 63 % el 2005, mentre que el gas natural ha passat del 18 % al 33 % en el mateix període. Aquestes tendències sembla que es mantindran en el futur si fem cas de l'escenari IER del PEC (figura 7).

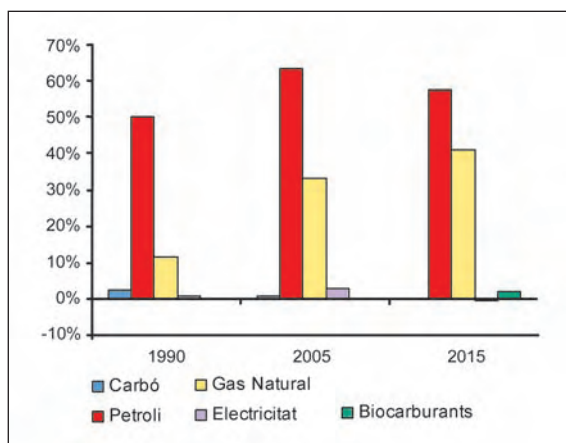


Fig. 7. Saldo d'intercanvis internacionals d'energia primària a Catalunya el 1990 i 2005, i previsió per al 2015 (escenari IER del PEC)

Font: elaboració pròpia a partir d'ICAEN (2006) i PEC.

Un altre aspecte que cal destacar és que si bé les importacions d'electricitat des de França van ser un 3 % de l'energia primària importada a Catalunya, el PEC preveu que Catalunya exporti electricitat el 2015.

2.2.5. Comentari sobre les dades d'energia primària a Catalunya

Observant les dades de la figura 2 veïem que el desenvolupament econòmic de Catalunya va lligat a un augment del consum d'energia. Catalunya necessita cada cop més energia per al manteniment del seu metabolisme i per garantir el seu desenvolupament. Aquest aspecte, originat per variables com la demografia, l'estructura productiva, el sector de l'energia i qüestions tècniques com l'eficiència energètica, serà analitzat amb més detall al capítol 8.

Aquest increment important del consum d'energia primària es produeix especialment en el cas del petroli i del gas natural, que pràcticament en la seva totalitat han de ser importats (figura 6). En el cas del gas natural, les importacions estan creixent, la qual cosa reflecteix els canvis en el model de generació d'electricitat que està patint Catalunya i que s'expliquen en el capítol 4. En el cas del petroli, tot i la moderació en el seu creixement, Catalunya va utilitzar i importar més quantitat de petroli el 2005 que no pas el 1990. Com veurem a la secció 2.3, aquesta evolució està íntimament lligada a l'evolució del sector del transport, que s'analitza amb més detall al capítol 5.

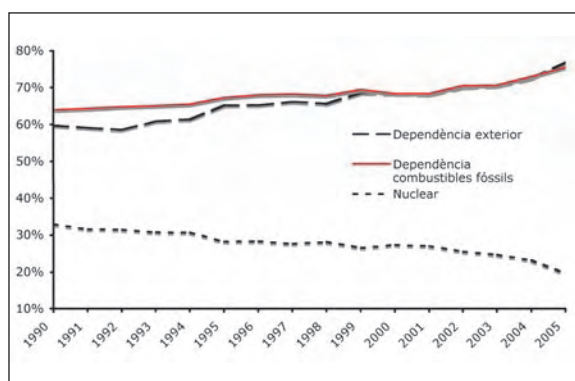


Fig. 8. Evolució de la dependència de l'exterior, dels combustibles fòssils i de l'energia nuclear 1990–2005

Font: elaboració pròpia a partir d'ICAEN (2006).

El resultat de tot plegat és el que podem veure a la figura 8, que ens mostra l'evolució del grau de dependència de l'economia catalana de l'energia de l'exterior, dels combustibles fòssils i de l'energia nuclear. Com podem veure, l'única variable que presenta una evolució positiva és la dependència de l'energia nuclear, que ha caigut des del 33 % el 1990 al 20 % el 2005. Ara bé, com hem indicat abans, aquesta reducció de la importància relativa es deu només a l'augment del consum total d'energia i no pas a una reducció de la generació elèctrica d'origen nuclear, per la qual cosa el problema de com substituir aquesta generació elèctrica el trobarem en un futur immediat.

Si mirem l'evolució de la dependència dels combustibles fòssils, aquesta augmenta del 64 % el 1990 al 70 % el 2005, amb una tendència creixent en els darrers anys a causa de l'evolució del gas natural.

Finalment, pel que fa al grau de dependència respecte l'exterior, la situació és veritablement preocupant per a Catalunya, que mostra una de les dependències més fortes de la Unió Europea. Així, sense considerar l'energia nuclear, la dependència es va situar en un 70 % el 2005, però si tenim en compte l'energia nuclear (sabent que el seu combustible també és importat) arribem a taxes de

dependència superiors al 90 %, que fan que la nostra economia sigui molt fràgil davant de problemes en el subministrament des d'un punt de vista de risc geopolític.

2.3. Evolució del consum dels diferents vectors energètics per sectors

Un cop vista l'estructura de la producció, l'intercanvi i el consum d'energia primària a Catalunya per vectors energètics, en aquesta secció analitzem com els diferents sectors econòmics utilitzen aquesta energia.

Partint dels balanços d'energia d'ICAEN (2006), en primer lloc mostrarem el consum d'energia del propi sector energètic, que és l'encarregat de fer arribar energia final a la resta de sectors, i posteriorment presentem el consum d'energia final dels diferents sectors econòmics: primari, indústria, serveis, domèstic i transport.

En aquest capítol no entrarem a discutir sobre els usos no energètics, que són els consums de recursos energètics destinats a la producció de productes no energètics, com per exemple els derivats del petroli que van a la indústria química i subsectors, com ara l'etilè, el propilè, la fracció C4 i el concentrat benzènic (Generalitat de Catalunya, 2006: 160), i que s'analitzen amb més profunditat al capítol 5, dedicat exclusivament al cas del petroli. El que sí que direm és que aquests van passar de 1.825 milers de tep el 1990 a 3.375 milers de tep el 2005 (o de l'11 % del consum d'energia primària al 12,6 %), i aquest increment reflecteix una ampliació de les instal·lacions situades al complex petroquímic de Tarragona.

És important destacar que la divisió del consum d'energia primària per sectors econòmics que es fa en aquest capítol és la que s'utilitzarà al capítol 8 per a l'anàlisi integrada, on s'analitzarà conjuntament amb la població activa i el temps de treball per a cada sector econòmic, així com el seu valor afegit.

2.3.1. El sector de l'energia

Com ja hem introduït a la secció 2.2.1, l'energia primària té uns components de consum energètic que, un cop extret el consum per a usos no energètics, podem aplegar sota l'etiqueta de "sector de l'energia". Aquests són els consums propis d'energia no destinats a la transformació d'energia, les pèrdues en el transport i distribució d'energia, i l'energia consumida pròpiament en la transformació de l'energia.

Com podem observar a la figura 9, tots tres components tenen una tendència creixent, cosa que reflecteix un increment en la generació d'electricitat a Catalunya. L'augment de les pèrdues és, però, molt relatiu, ja que passa de representar un 1,7 % del total d'energia primària

ria consumida el 1990 a un 1,8 % el 2005. És a dir, tot i el fort augment de la generació elèctrica i del consum de gas, les pèrdues s'han contingut, i això significa una millora en l'eficiència. El mateix succeeix en el cas dels consums propis, que passen de 1.147 milers de tep el 1990 a 1.655 el 2005, amb un augment del consum per l'ampliació de les instal·lacions i també a un major *cost energètic* d'obtenir energia de les mines i els jaciments. El cas més important, però, és el del consum en transformació d'energia, que passa de representar un 25,2 % del total d'energia primària el 1990 a un 19,8 % el 2005, amb una clara millora de l'eficiència del sector.

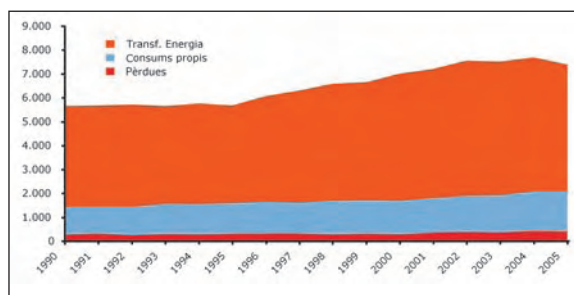


Fig. 9. Consum d'energia primària del sector de l'energia per components 1990-2005 (milers de tep)

Font: elaboració pròpia a partir d'ICAEN (2006).

Aquesta dada es pot corroborar quan representem l'evolució en el temps del consum agregat del sector de l'energia respecte el consum total d'energia primària, com es fa a la figura 10.

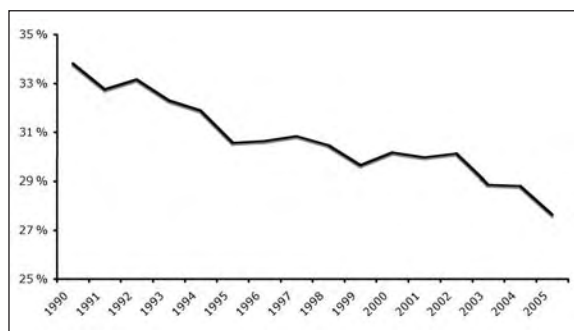


Fig. 10. Evolució de l'eficiència del sector de l'energia: energia primària usada pel sector de l'energia com a fracció del total

Font: elaboració pròpia a partir d'ICAEN (2006)

Com es pot veure, l'eficiència global del sector de l'energia està augmentant. Això permet que el sector energètic de Catalunya necessiti cada cop menys energia primària per proveir la resta de sectors de l'energia final que consumeixen. Aquest resultat, que encara es podria millorar, es deu fonamentalment al major pes que té actualment el gas natural en la generació elèctrica (com s'explica al capítol 4), amb noves centrals que es caracteritzen per uns rendiments energètics elevats, que se sumen a la

major qualitat intrínseca del gas sobre altres fonts energètiques com ara el carbó.

2.3.2. Consum d'energia per sectors econòmics

La figura 11 presenta el consum d'energia dels diferents sectors econòmics. Els més importants són el sector de l'energia, la indústria i el transport; aquest últim guanya importància al llarg del temps i se situa en segona posició a la fi del període analitzat. Tots els sectors augmenten el seu consum d'energia, tot i que uns ho fan més ràpidament que altres.

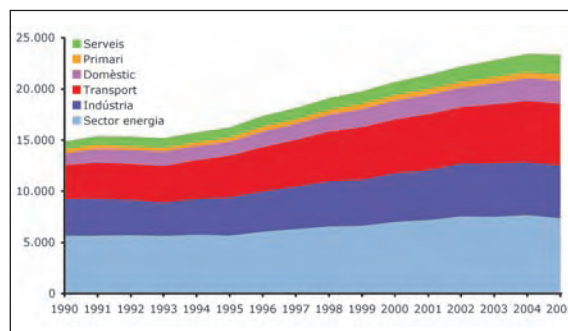


Fig. 11. Consum d'energia primària per sectors entre 1990 i 2005 (milers de tep)

Font: elaboració pròpia a partir d'ICAEN (2006).

A la secció 2.2.2 hem vist que entre 1990 i 2005 el consum d'energia primària a Catalunya va créixer a una taxa interanual del 3 %. Si calculem les taxes interanuals per als diferents sectors, veurem quins són els més responsables de l'augment del consum d'energia total. Així, tenim que tot i ser el principal consumidor, el sector de l'energia és el que creix menys (un 1,7 % anual), i se'n redueix, per tant, el pes relatiu. El mateix es pot dir de la indústria, que creix a un 2,3 % anual. Per tant, dos dels sectors més grans estan creixent per sota de la mitjana, amb la qual cosa hauríem de cercar altres responsables que tirin de la demanda. El sector primari és l'últim sector que també creix per sota de la mitjana, a un 2,85 % anual, mentre que la resta de sectors creix per sobre. Per exemple, els serveis, tot i que només representen una fracció petita del consum total (figura 12), creixen a una taxa del 5,75 %. El mateix passa amb el sector domèstic, que creix al 4,4 %, i amb el transport, que creix a un 3,8 %, i que, amb el seu volum, és clarament el sector que tira de la demanda.

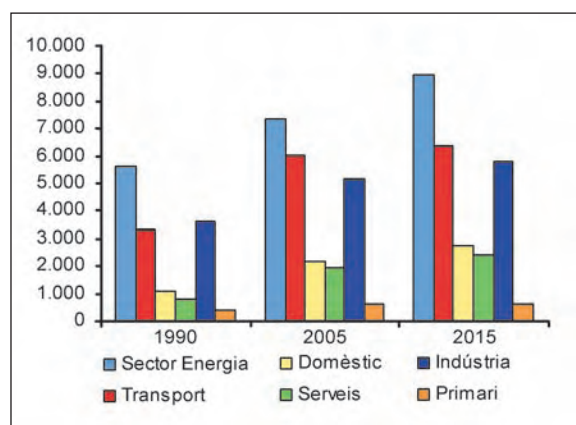


Fig. 12. Consum d'energia primària per sectors 1990 i 2005, i previsió per a 2015 (escenari IER)

Font: elaboració pròpia a partir d'ICAEN (2006) i PEC.

Observant la figura 12 veiem que el sector de l'energia és i serà el principal consumidor d'energia primària a Catalunya, però ara seguit del transport i no pas la indústria com passava el 1990. Altres sectors que creixen són el domèstic i els serveis, i ho fan a taxes molt altes.

El que podem dir, per tant, és que s'està produint un canvi en el metabolisme de Catalunya, que implica tant un canvi estructural de l'economia (menor pes de la indústria i major pes dels serveis), com un creixement continu del transport. Pel costat de la demanda, l'augment del sector domèstic no reflecteix només un augment de la població sinó un augment del nivell de vida material dels ciutadans de Catalunya.

Aquesta evolució dels diferents sectors es completa amb l'anàlisi de l'evolució del mix energètic de cadascun d'aquests sectors, que permet obtenir una imatge completa tant de l'impacte relatiu de cada sector, com de les possibilitats de canvi de vector energètic.

2.3.2.1. Consum d'energia final de la indústria

Pel que fa al consum d'energia final a la indústria, el primer que podem observar a la figura 13 és l'efecte que va tenir la crisi econòmica de principis dels 1990 sobre el consum d'energia a la indústria, que es va reduir de manera notable i no va ser fins al 1994 que va començar a créixer de nou. També es pot observar que el carbó pràcticament desapareix en aquests darrers anys, i que tant els productes petrolífers com l'electricitat es mantenen més o menys estables, amb el gas natural com a responsable únic del creixement de la demanda energètica de la indústria.

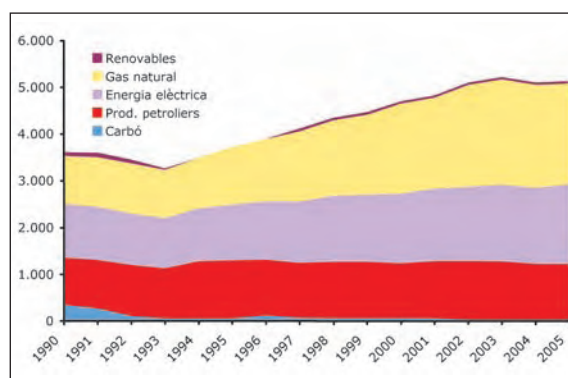


Fig. 13. Consum energia final a la indústria en el període 1990-2005 (milers de tep)

Font: Elaboració pròpia a partir d'ICAEN (2006).

Sembla que la transició energètica de la indústria s'està acabant més aviat que en altres sectors, i és probable que en el futur veiem encara majors aportacions del gas natural i de les renovables i l'electricitat, però difícilment es reduiran els consums de productes petrolífers. En qualsevol cas es tracta d'un sector que està moderant el seu consum en els darrers anys.

2.3.2.2. Consum d'energia final del transport

La figura 14 posa de manifest que parlar de transport a Catalunya és parlar de productes petrolífers. S'observa al final del període una mínima presència dels biocombustibles, que representen només un 0,6 % del consum del transport, però en la seva pràctica totalitat el sector transport es fonamenta en el consum de derivats del petroli. El consum d'electricitat en el transport (per a trens, metros i tramvies), creix una mica els darrers anys, però és només d'un 1,2 %.

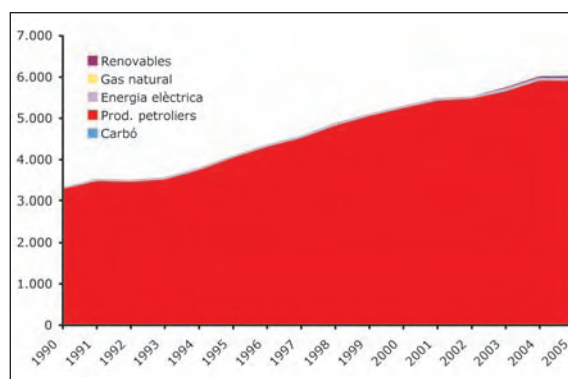


Fig. 14. Consum energia final en el transport 1990-2005 (milers de tep)

Font: elaboració pròpia a partir d'ICAEN (2006)

S'observa, també, que la crisi econòmica abans esmentada només va provocar un alentiment en el ritme de creixement del consum energètic d'aquest sector, com sembla que va succeir el 2005.

Un aspecte important amb vista a les polítiques energètiques relacionades amb el transport és que la dependència total del transport del petroli fa que les mesures a introduir hagin de ser radicals, per tal de canviar el model de mobilitat. El capítol 5 aprofundeix en aquesta qüestió.

2.3.2.3. Consum d'energia final del sector domèstic

En el cas del sector domèstic (figura 15), podem destacar que es produeix un creixement força continuat en el temps, amb només dos anys (1994 i 1995) de reducció en el consum d'energia. Destaquem que els productes petrolífers estan disminuint la seva participació amb el temps, mentre que tant l'electricitat com sobretot el gas natural s'estan incrementant fortament, particularment en els darrers anys. A més, s'observa com les energies renovables comencen a tenir un cert pes a partir de mitjan els anys 1990.

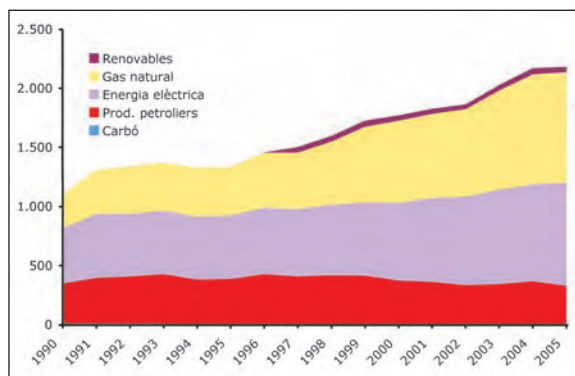


Fig. 15. Consum energia final sector domèstic en el període 1990–2005 (milers de tep)

Font: elaboració pròpia a partir d'ICAEN (2006).

Aquesta estructura de consum reflecteix molt bé les necessitats energètiques de les famílies, que es concentren en electricitat (també de les renovables) per fer servir els diferents electrodomèstics, i altres fonts energètiques orientades a la calefacció i l'aigua calenta (com ara els productes petrolífers i el gas natural). Cal esperar que la tendència al creixement del gas en detriment dels productes petrolífers continuarà en un futur proper, ja que s'estan fent esforços per a la renovació de les calderes, tot instal·lant-ne unes de major rendiment. Aquest serà un factor que ha de permetre obtenir millores en l'eficiència de la utilització de l'energia. En el mateix sentit, l'elevat pes de l'electricitat també ha de permetre la introducció de mesures de millora de l'eficiència.

Finalment, s'ha d'aclarir que l'augment observat en el consum d'energia es pot deure tant a l'augment de la població, a l'augment en el nivell de vida material de la població, o molt probablement a una combinació de tots dos aspectes.

2.3.2.4. Consum d'energia final dels serveis

El sector dels serveis (figura 16) va consumir encara el 2005 menys energia que el sector domèstic. Això no obstant, el seu fort creixement (el 5,75 % anual com hem vist a la secció 2.3.2) sobretot a partir de 2002 fa pensar que al cap de pocs anys esdevindrà el quart sector en importància a Catalunya per davant del sector domèstic. Aquest fet va lligat a la terciarització de l'economia, però també a la creixent intensitat energètica del sector, factors que analitzarem al capítol 8.

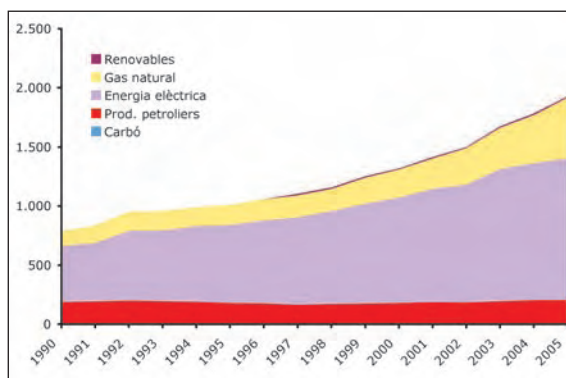


Fig. 16. Consum d'energia final del sector serveis en el període 1990–2005 (milers de tep)

Font: elaboració pròpia a partir d'ICAEN (2006).

El paral·lelisme amb el sector domèstic no ha d'amagar les diferències evidents que hi ha entre tots dos sectors. En aquest cas els productes petrolífers no estan en retrocés, si bé és cert que la seva fracció és menor que en el cas del sector domèstic. A més, tot i que s'observa també una lleugera introducció de les energies renovables a partir de mitjan els noranta, aquesta és més reduïda que en el sector domèstic (on la solar tèrmica tenia una presència més important). Això s'explica per la poca introducció de l'energia solar tèrmica als serveis, tot i l'elevat potencial.

A banda d'això, s'observa un fort creixement tant de l'electricitat (que domina sens dubte la provisió energètica del sector) com del gas natural.

Aquest sector té potencials d'estalvi importants en l'ús de l'electricitat, i en l'ús de fonts fòssils per a calefacció, però a més a més té potencial per introduir canvis en les fonts energètiques utilitzades en si mateixes. Per exemple, la substitució del gasoil i fueloil per a la calefacció per gas natural ha de portar millores d'eficiència energètica notables. A més, hi ha l'enorme possibilitat d'estendre l'energia solar tèrmica per a aplicacions tant d'aigua calenta com de calefacció (per exemple, per terra radiant) que són adients sobretot per a les oficines, l'ensenyament, l'esport i el món comercial.

2.3.2.5. Consum d'energia final del sector primari

El sector primari (figura 17) es veu dominat pel consum de productes petrolífers en més d'un 90 %. Tot i ser un sector petit en termes de consum d'energia, presenta un potencial enorme de transformació del seu patró de consum, ja que la major part del consum es deu al transport, i perquè és un sector que pot jugar un paper molt important en el cas dels biocombustibles, ja siguin líquids (com l'etanol o el biodièsel) o gasosos com el biogàs.

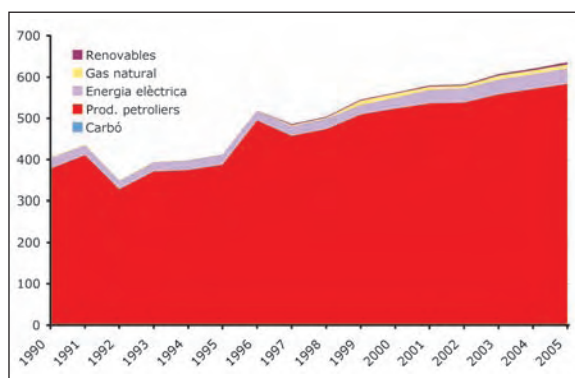


Fig. 17. Consum energia final del sector primari entre 1990 i 2005 (milers de tep)

Font: elaboració pròpia a partir d'ICAEN (2006).

Aquestes oportunitats s'hauran d'aprofitar, perquè, tot i que el sector augmenta la demanda energètica per sota de la mitjana, ho fa just per sota, és a dir, que té una marcada tendència al creixement que s'hauria d'intentar limitar.

2.3.3. Comentari sobre el consum d'energia per sectors econòmics

Aquesta secció ha presentat el consum d'energia dels diferents sectors de l'economia, tant del sector energètic, que fa possible que la resta de sectors tinguin energia disponible, com de la resta de sectors econòmics, entre els quals destaquen la indústria i el transport. Hem vist que hi ha diferències notables en els vectors energètics que utilitzen els diferents sectors, com ara que els productes petrolífers dominen el consum d'energia final en el transport i en el sector primari, mentre que els sectors domèstic i de serveis utilitzen majoritàriament l'electricitat. Són aquestes particularitats les que hem de tenir en compte quan fem recomanacions sobre polítiques al capítol 9 i quan analitzem de manera integrada l'economia catalana al capítol 8 i interpretem els resultats, ja que alguns d'aquests consums poden ser considerats com captius o de difícil canvi, mentre que altres són més susceptibles de canvi o de reducció.

En resum, i com es pot veure a la figura 18, que no inclou el sector energètic, en termes de consum d'energia final Catalunya té una dependència molt forta dels combustibles fòssils (productes petrolífers i gas natural, ja que el carbó desapareix), que ha estat creixent de manera contínua durant tot el període 1990-2005, per raó de l'increment de les necessitats de transport que el desenvolupament econòmic comporta, i a causa dels majors nivells de confort que la societat demanda actualment. L'energia elèctrica, però, no creix tant, tot i que ho fa. D'aquests resultats és més evident encara que si bé els canvis en el sector de l'energia són necessaris per reduir el consum de combustibles fòssils en la generació, o augmentar-ne el rendiment, si volem trencar la forta dependència actual del petroli i el gas natural, s'haurà d'actuar sobre els sectors que estan al darrere d'aquest fort i creixent consum, bàsicament el transport, però també els serveis i el sector domèstic.

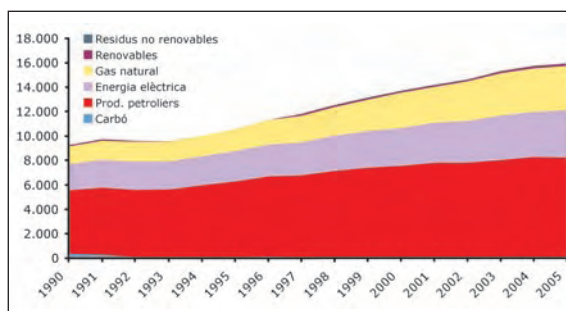


Fig. 18. Consum d'energia final per vectors energètics, entre 1990 i 2005 (milers de tep)

Font: elaboració pròpia a partir d'ICAEN (2006).

2.4. Generació amb fonts renovables

Aquesta secció continua amb l'anàlisi del consum energètic en termes d'energia primària, centrant-se en l'evolució de l'aprofitament de les energies renovables a Catalunya en el període 1990-2005, i les previsions per als propers anys.

2.4.1. Evolució de la generació d'energia de fonts renovables (1990-2005)

La generació i el consum d'energia primària de fonts renovables⁵ a Catalunya entre 1990 i 2005 va tenir un augment considerable (72 %), tot i que com hem vist a les seccions anteriors també va augmentar en gran mesura el consum total d'energia (un 60 % en termes d'energia primària). Així, la proporció d'energia de fonts renovables respecte el total d'energia primària consumida a Catalunya és encara ara molt petita, al voltant del 2,5 % de l'energia primària consumida total en el 2005.

5. S'han utilitzat els balanços energètics proporcionats per ICAEN (2006) a l'estudi AMEEC. Com a fonts renovables s'ha inclòs tota la producció hidràulica, independentment de la potència de les centrals.

	1990		1995		2000		2005	
		%						%
Biomassa	75,3	20,2	4,8 ⁸	95,2	95,5	14,9		
Solar tèrmica	0,0	0	0,0	1,7	6,2	1,0		
Solar fotovoltaica	0,0	0	0,0	0,1	0,4	0,1		
Solar termoelèctrica	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0		
Eòlica	0,0	0	0,3	11,9	20,8	3,2		
Hidràulica	255,6	68,7	338,2	386,7	323,5	50,5		
Incineració de residus	41,3	11,1	103,8	122,7	117,2	18,3		
Bioetanol	0,0	0	0,0	0,0	21,6	3,4		
Biodièsel	0,0	0	0,0	0,0	18,0	2,8		
Biogàs	0,0	0	0,4	1,6	38,0	5,9		
Energia primària de fonts renovables	372,2		447,6	619,9	641,2			
Total consum d'energia primària	16.702,1		18.591,4	23.242,9	26.698,9			
Percentatge d'energia renovable/total	2,2 %		2,4 %	2,7 %	2,4 %			

Taula 2. Consum d'energia primària renovable els anys 1990, 1995, 2000 i 2005 (milers de tep i percentatge sobre el total d'energia renovable)

Font: elaboració pròpia a partir de dades d'ICAEN (2006).

La taula 2 presenta l'evolució dels consums d'energia primària d'origen renovable a Catalunya entre 1990 i 2005, segons els balanços energètics proporcionats per l'Institut Català de l'Energia (ICAEN, 2006). S'observa que en aquests 15 anys s'han començat a utilitzar altres fonts d'energia renovable, i s'ha passat d'una situació l'any 1990 en què només s'aprofitava la biomassa, l'energia hidràulica i els residus,⁶ a un context on la contribució d'aquestes fonts creix considerablement i, a més, se'n comencen a utilitzar d'altres de manera relativament important, com el biogàs, els biocombustibles i l'eòlica, principalment a partir de l'any 2000.

Tot i això, la generació d'energies renovables continua consistint principalment en l'energia hidroelèctrica, que l'any 2005, tot i ser un any força sec, va significar poc més del 50 % de la producció total de renovables.⁷ La segona font és l'aprofitament energètic de la incineració de residus, que significa més del 18 % de l'energia primària renovable l'any 2005, seguida de prop dels diferents usos de la biomassa llenyosa, que significa gairebé un 15 % de l'energia primària consumida d'origen renovable. Les altres fonts energètiques tenen actualment contribucions petites, en les quals destaca el 6 % del biogàs i els biocarburants, que sumen un altre 6 %. L'energia eòlica és potser el cas en què és més evident que el desenvolupament de les energies renovables està sent més lent del previst, ja que actualment a Catalunya només

representa el 3,2 % de les renovables. Més endavant, a les figures 19 i 20, veurem amb més detall l'evolució de cadascuna de les fonts.

La darrera fila de la taula 2 mostra que la proporció de renovables respecte el total d'energia primària consumida és variable d'any en any. Considerant totes les dades dels darrers 15 anys (que es poden consultar a l'annex E), la proporció es mou entre el 2,2 i el 3,4 %. Això implica que el model energètic és encara totalment dependent de fonts d'energia exhauribles i provinents de l'exterior (combustibles fòssils i nuclear), per la qual cosa un veritable canvi de model que reduís la dependència i els impactes ambientals del sistema energètic hauria d'implicar canvis profunds i un increment molt espectacular de la generació a partir de fonts renovables. Això ha d'anar lligat a estratègies d'estalvi i eficiència energètica que permetin frenar i fins i tot revertir el creixement del consum total d'energia primària (se'n parlarà més a la secció 2.7).

D'altra banda, les dades mostren que la contribució de fonts renovables a Catalunya depèn molt de les condicions anuals, com es pot veure a la figura 19, que presenta l'evolució del consum d'energia primària segons la font. Evitar aquestes fluctuacions és possible si s'augmenta considerablement la diversificació de les fonts d'energia primària, la qual cosa permetrà adaptar-se millor a les circumstàncies climàtiques de cada any.

6. El Pla de l'energia de Catalunya anomena *residus renovables* a la font d'energia que consisteix en la incineració de residus. A l'estudi AMEEC s'anomenarà incineració de residus o simplement *residus*. S'ha exclòs la categoria de *residus no renovables*, que correspon a l'aprofitament de residus industrials, fonamentalment l'hidrogen i altres gasos de procés utilitzats en el sector químic (PEC, Generalitat de Catalunya, 2006: 158).

7. Recordem, però, que les dades de l'any 2005 són provisionals.

8. Aquesta davallada important en l'ús de la biomassa, que s'observa també a la figura 18, es deu probablement a una manca de dades estadístiques fiables per a la biomassa entre 1993 i 1996.

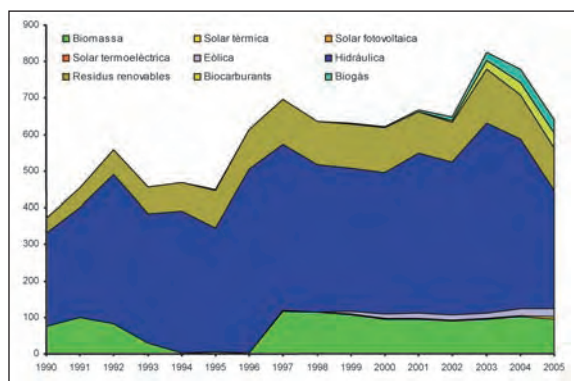


Fig. 19. Evolució del consum d'energia renovable per font d'energia (milers de tep)

Font: elaboració pròpia a partir de dades d'ICAEN (2006).

A la figura 19 s'observa clarament la importància de l'energia hidroelèctrica, que durant tot el període significa la major part de l'energia renovable produïda, i les seves fluctuacions d'any en any. Els anys de baixa producció no són compensats amb altres fonts renovables, i això fa que la producció de renovables depengui de la disponibilitat d'aigua als embassaments. Com veurem a l'apartat següent, en el futur es preveu que aquestes fluctuacions no siguin tan acusades, ja que la producció hidroelèctrica perdrà pes relatiu dins del conjunt de les energies renovables.

Com ja hem dit, a banda de la hidràulica, només hi ha dos sectors energètics que tinguin una contribució remarcable, que són la incineració de residus i l'aprofitament de la biomassa. El consum d'energia primària en forma d'incineració de residus sòlids urbans augmenta de manera constant al llarg dels noranta, però després s'estanca fins a assolir un nivell estable al voltant de 120 milers de tep, un 18 % de l'energia renovable el 2005. Aquest consum no es preveu que creixi gaire més, al contrari que la majoria de fonts energètiques restants, ja que no es preveu la construcció de noves instal·lacions, en part per raó dels canvis en les polítiques de tractament de residus.

Pel que fa a les biomasses forestal i agrícola, a banda que no es disposa d'una sèrie temporal homogènia en els darrers quinze anys (el gran decrement que s'observa a la figura 19 es deu a una manca de dades fiables), sí que s'observa una lleugera tendència a la baixa. Actualment representa un 15 % del total d'energies renovables, amb un consum equivalent a menys

de 100 milers de tep. Aquest tipus d'aprofitament pot ser molt útil a escala local per a la valorització de residus agrícoles i forestals, i també pot contribuir a fer econòmicament viable la gestió forestal, a banda dels avantatges energètics. Hi ha alguns exemples a Catalunya d'aprofitament de biomassa en sistemes centralitzats de calefacció (vegeu el capítol 4). Tot i això cal dir que les condicions de Catalunya no fan possible grans aprofitaments forestals, a diferència del nord d'Europa. L'aprofitament de biomassa s'hauria d'incentivar sempre que fos possible, no només com a part de la política energètica, sinó també com a incentiu a la gestió forestal, ja que contribueix a reduir la biomassa dels boscos i a evitar incendis forestals, i per la generació de valor afegit. Òbviament, aquesta utilització és aconsellable sempre que es faci en instal·lacions petites, per tal que el caràcter renovable del recurs es conservi i el seu aprofitament no interfereixi amb altres funcions pròpies dels boscos.

La resta de tecnologies, que podríem anomenar *emergents*, es comencen a utilitzar de manera perceptible a finals dels noranta, tot i que amb contribucions molt petites (vegeu la figura 20).

L'eòlica és una de les fonts que està iniciant ara el seu creixement, que tot i les expectatives creades està sent més lent del previst, i actualment només significa el 3,2 % del consum d'energies renovables, amb 20,8 milers de tep consumits el 2005. Aquesta dada és molt inferior a les previsions, i també a la situació en altres comunitats autònomes de l'Estat espanyol, com Galícia, l'Aragó, Castella-La Manxa i Castella-Lleó, on l'eòlica s'ha desenvolupat ràpidament i de manera molt notable. L'Estat espanyol és actualment la segona potència eòlica d'Europa i del món, després d'Alemanya. L'energia eòlica significa el 14 % de l'energia primària renovable (dades de 2004 del Plan de energías renovables -PER-), amb 1.295 milers de tep generats i 8.155 MW de potència instal·lada el 2004. Tal com es detalla al capítol 4, a

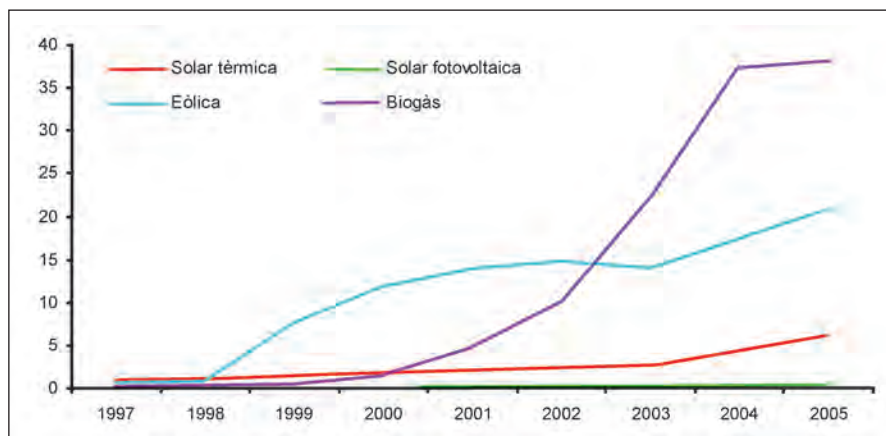


Fig. 20. Evolució de les energies renovables emergents (milers de tep)

Font: elaboració pròpia a partir de dades d'ICAEN (2006).

Catalunya el setembre 2006 hi ha instal·lats uns 225 MW de potència, tot i que estan ja autoritzats 51 parcs amb una potència de més de 1.500 MW, per la qual cosa s'espera que els propers anys la contribució de l'eòlica creixi considerablement (vegeu el capítol 4), sobretot si es resolen els riscos associats a la seva expansió, que es discutiran a la secció 2.5.4.3.

L'aprofitament del biogàs ha tingut un augment molt important des de les primeres instal·lacions de l'any 2000, i actualment arriba al 6 % del total de renovables. La major part d'aquesta energia primària s'utilitza per a la generació d'electricitat, i correspon a les plantes situades en abocadors, plantes de metanització de la fracció orgànica de RSU, reducció dels fangs d'estacions depuradores d'aigües residuals (EDAR) i de purins.

L'energia solar té un pes encara molt petit en termes d'energia primària, però és important per altres raons, principalment perquè la seva distribució no és centralitzada com la majoria de fonts sinó que es basa en instal·lacions a petita escala, on el principal objectiu fins fa poc ha estat l'autoconsum, fet que ha canviat en els darrers anys amb la promoció pública de les instal·lacions connectades a la xarxa. Tot i això, l'energia solar a Catalunya presenta valors menyspreables i, com veurem posteriorment, és previst que augmentin. El consum d'energia primària provinent de la solar tèrmica el 2005 va ser de 6,2 milers de tep, un 1 % de l'energia primària renovable. La solar fotovoltaica és encara molt minoritària, per sota de les potencialitats de Catalunya. A banda de les limitacions que es comentaran a la secció 2.5.4.1, encara no s'ha implantat amb força a Catalunya el concepte d'*hort solar*, on es col·loquen grans superfícies de plaques fotovoltaïques de generació d'electricitat, que sí que funciona amb molta eficàcia en altres comunitats autònomes com a foment d'aquesta font energètica. La secció 2.5.4.2 se centrarà en l'energia solar tèrmica.

2.4.2. Previsions de creixement de les fonts renovables a Catalunya

A l'apartat anterior hem vist que les energies renovables tenen una tendència clarament ascendent, tot i que amb diferències importants entre elles. Les previsions de futur indiquen que el pes de les energies renovables ha d'augmentar considerablement, i la planificació energètica catalana, espanyola i també europea planteja un conjunt de mesures per incentivar-les. En aquest apartat presentarem quines són les previsions de creixement de les energies renovables per als propers anys. La Generalitat de Catalunya, a través del Pla de l'energia 2006-2015, estableix unes previsions segons dos escenaris de futur: l'escenari base i l'escenari IER (intensiu en energies renovables). Ens centrarem només en les previsions d'aquest últim, que comporta l'aplicació d'un seguit de mesures de foment de les energies renovables, i deixarem de banda l'anomenat escenari base, que és l'escenari tendencial a partir de la situació de 2003.

Segons les previsions del Pla de l'energia de Catalunya 2006-2015 per a l'escenari més intensiu en energies renovables (escenari IER), el consum total d'energies renovables l'any 2015 serà de 2.949 milers de tep, la qual cosa suposarà un 9,5 % del consum d'energia primària total (vegeu la taula 3). Les dades del 2005 assenyalen que el consum d'energia primària d'origen renovable està en 641,2 milers de tep, xifra que significa un percentatge d'un 2,4 %.

Tot i que aquestes previsions indiquen un augment molt important de la contribució de les fonts renovables, més que doblant el percentatge entre el 2005 i el 2010, les previsions del Pla de l'energia de Catalunya 2006-2015 queden encara per sota dels objectius plantejats a escala europea (12 % de l'energia primària de fonts renovables l'any 2010⁹). A l'Estat espanyol, el Pla d'energies renovables 2005-2010 sí que preveu que s'assoleixi aquest objectiu, i arribaria al 12,1 %. La Comissió

	2005	Previst 2010	Previst 201
Consum total d'energia primària	26.698,9	30.352,1	30.961,1
Consum d'energia primària de fonts renovables	641,2	2.082,3	2.949,3
Percentatge de renovables/total energia primària	2,4 %	6,9 %	9,5 %
Consum final electricitat	3.873,5	4.633,1	5.189,9
Percentatge d'electricitat renovable/total	14,5 %	21,8 %	23,5 %
Biocombustibles per al transport (bioetanol + biodièsel)	39,6	377,7	844,1
Percentatge de biocombustibles/total carburants		—	16,1 %

Taula 3. Contribució actual i prevista de les energies renovables en termes d'energia primària a Catalunya (milers de tep i percentatge)

Font: PEC 2006–2015 (previsions) i dades d'ICAEN, 2006 (per a l'any 2005).

9. *Llibre blanc sobre energies renovables* (Comissió Europea, 1997). El nom oficial és *Energia per al futur: fonts d'energia renovables. Llibre blanc per a una estratègia i un pla d'acció comunitaris*. Comunicació de la Comissió COM/97/0599 final.

Europea va presentar el gener de 2007 un conjunt de propostes relacionades amb l'energia, incloent-hi objectius més ambiciosos per a les energies renovables per al 2020.¹⁰

Pel que fa a la contribució de les energies renovables en el total d'electricitat, la Directiva de promoció de l'electricitat a partir de fonts renovables¹¹ estableix com a objectiu que a l'Estat espanyol el 29,4 % de l'electricitat sigui d'origen renovable l'any 2010 (per sobre de la mitjana de la UE, que s'estableix en un 22 %). Les previsions que fa el Pla d'energies renovables 2005-2010 de l'Estat (PER 2005-2010) per a l'escenari més probable (escenari PER) són assolir un 30,3 % de la demanda d'electricitat amb fonts renovables. El Pla de l'energia de Catalunya no arriba a aquesta xifra (preveu el 23,5 % el 2015, quan el 2005 és un 14,5 %). La taula 4 mostra un resum dels objectius a cada nivell.

Un altre dels objectius quant a ús de fonts renovables fa referència als biocombustibles (biodièsel i bioetanol). La Directiva de foment de l'ús de biocarburants,¹² del 2003, assenyalava que el 2005 un mínim d'un 2 % del gasoil i la benzina que es consumeix a la UE havia de ser substituïda per biocarburants, i que el 2010 s'havia d'arribar com a mínim al 5,75 %. Aquest percentatge s'ha augmentat fins al 10 % del combustible per a vehicles per l'any 2020, segons la proposta de la Comissió Europea de gener de 2007. El Pla d'energies renovables de l'Estat espanyol situa l'objectiu lleugerament per sobre, en 5,83 % el 2010. A Catalunya aquests objectius són força més ambiciosos: es preveu que l'any 2015 un 16,1 % del consum energètic de carburants per al transport vingui de biocombustibles. Per al bioetanol l'objectiu és que tota la benzina que es consumeixi a Catalunya tingui fins a un

	Objectiu PEC Catalunya		Objectiu UE		Previst PER Espanya
	2010	2015	2010	2020**	2010
Percentatge de renovables/total energia primària	6,9	9,5	12	20	12,1
Percentatge d'elect. renovables/ electricitat	21,8	23,5	29,4*		30,3
Percentatge de biocombustibles sobre el total de carburants	–	16,1	5,75	10	5,83

Taula 4. Resum d'objectius de contribució de les energies renovables

* Objectiu de la UE per a l'Estat espanyol (Directiva 2001/77/EC)

** Objectius proposats per la Comissió Europea el gener de 2007 (COM(2007)1 final)

Font: elaboració pròpia a partir de PEC 2006-2015; PER 2005-2010.

5 % d'ETBE (etilèrbutil èter) i bioetanol d'origen renovable l'any 2015. En termes d'energia primària això representa 58,7 milers de tep. Per al biodièsel l'objectiu és substituir el 18 % del gasoil consumit a Catalunya per biodièsel, la qual cosa equival a 785 milers de tep d'energia primària i a 858.000 tones anuals de biodièsel. La secció 2.6 analitza el cas del biodièsel amb més profunditat.

Si ens fixem en el consum actual i les previsions a Catalunya per font d'energia, veiem que l'augment s'ha de produir de manera desigual en les diferents fonts. La taula següent (taula 5) mostra els valors d'energia primària consumida l'any 2003, any base per al PEC, la darrera dada anual disponible (2005) i les previsions el 2010 i 2015 per a cadascuna de les fonts d'energia renovables que s'utilitzen actualment a Catalunya.

	2003	2005	Previsió PEC – 2010	Previsió PEC – 2015	Increment 2015–2005	Creixement interanual 2005–2015
Eòlica	14.026	20.776	642.086	757.954	737.178	43,3 %
Solar fotovoltaica	168	395	5.094	10.213	9.818	38,4 %
Solar tèrmica	2.731	6.206	50.363	86.050	79.844	30,1 %
Solar termoelèctrica	0	0	12.040	12.040	12.040	
Hidroelèctrica	430.047*	323.477	484.791	528.041	204.564	5,0 %
Biomassa llenyosa	93.906	95.550	180.912	306.570	211.020	12,4 %
Biogàs	22.724	37.997	162.609	205.570	167.573	18,4 %
Residus	147.712	117.249	166.700	198.781	81.532	5,4 %
Biocarburants	25.287	39.565	377.663	844.095	804.530	35,8 %
TOTAL RENOVABLES	736.601	641.216	2.082.259	2.949.313	2.308.097	16,5 %

Taula 5. Consum d'energia primària per font (tep) a Catalunya

Font: Pla de l'energia de Catalunya 2005-2015 i dades proporcionades per ICAEN (2006).

* La dada de 2003 està corregida amb una hidraulicitat mitjana per facilitar la comparació. Les dades de 2004 i 2005 (ICAEN) són encara provisionals.

10. Comunicació de la Comissió al Consell Europeu Una política energètica per a Europa [COM (2007) i final Brusel·les, 10.01.2007].

11. Directiva 2001/77/CE, de 27 de setembre, de promoció de l'electricitat a partir de fonts renovables. DOCE 1283, 27.10.2001..

12. Directiva 2003/30/CE, de 8 de maig, de foment de l'ús de biocarburants.

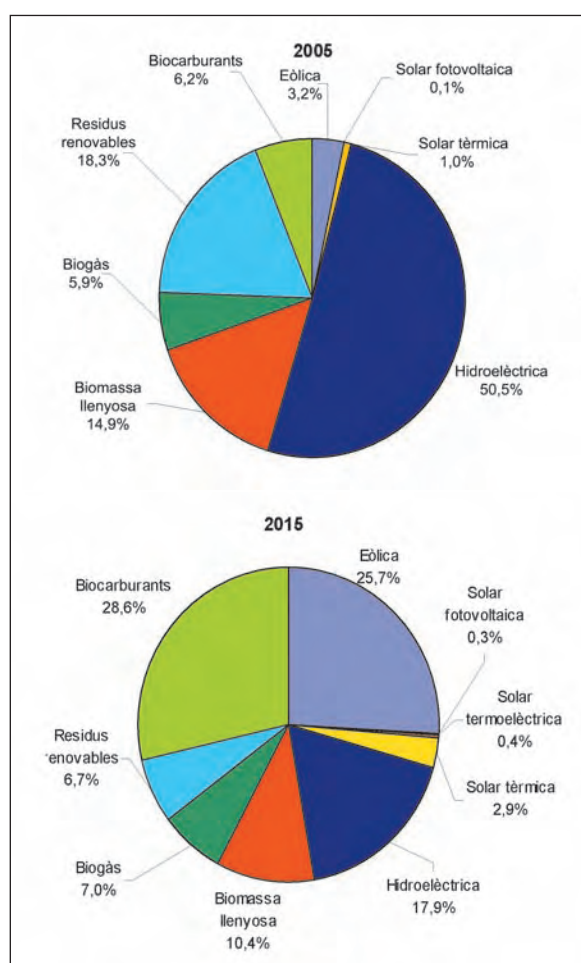


Fig. 21. Contribució de cada font renovable respecte el total d'energia primària renovable l'any 2005 i previsió per al 2015 a Catalunya

Font: dades d'ICAEN (2006) (per a l'any 2005) i PEC (per al 2015).

Tal com mostren la taula 5 i la figura 21, les dues fonts d'energia on es preveu un major augment són els biocombustibles i l'energia eòlica. La figura 21 mostra els percentatges actuals (dades de 2005) i els previstos per al 2015, que reflecteixen clarament que l'ús de fonts d'energies renovables a Catalunya es troba ja en un procés de canvi molt important. El PEC preveu que l'energia eòlica i els biocarburants contribueixin cadascuna d'elles amb més d'una quarta part de l'energia primària de font renovable total l'any 2015. Això canviaria sensiblement la contribució actual, dominada per l'energia hidroelèctrica (més del 50 %) i les diferents formes d'aprofitament de biomassa i residus, que suma gairebé l'altre 50 %. Ara bé, com es pot deduir de les dades de creixement interanual necessàries per arribar als objectius per cadascuna de les fonts, sembla difícil que s'assoleixin les previsions.

La font d'energia que haurà de créixer més segons les previsions serà l'eòlica. La contribució de l'energia eòlica el 2005 va ser de només el 3,2 % de l'energia de fonts renovables, amb 20 milers de tep, que haurien d'arribar a ser 758 milers de tep el 2015 segons les previsions. Això

voldria dir un creixement del 43 % cada any des del 2005. Aquest és un ritme de creixement altíssim i clarament difícil d'assolir, ateses les tendències actuals (un 12 % de mitjana entre el 2000 i el 2005).

D'altra banda, el gran augment dels biocarburants, que haurien de tenir un creixement interanual de més del 35 %, es preveu assolir principalment amb un augment espectacular de l'ús de biodièsel. Tot i que el creixement actual és exponencial (passa de 0 a 39,6 milers de tep de biocombustibles en només 5 anys), com veurem a la secció 2.6 la disponibilitat de matèria primera pot ser un factor limitant al creixement, i alguns dels impactes relacionats poden fer poc recomanable un ús massiu de biocombustibles en el transport.

Per a la resta de fonts s'han previst increments menys importants. La hidroelèctrica, que actualment representa més del 50 % de l'energia primària, quedarà per sota del 20 %, ja que s'augmentarà molt poc la potència instal·lada, que, com es demostra al capítol 4, ja està al llindar del seu màxim potencial a Catalunya.

Les altres dues fonts que actualment tenen més pes, la biomassa llenyosa i l'ús de residus per aprofitament energètic (principalment la incineració de residus sòlids urbans) no es preveu que augmentin la seva contribució en energia primària en els propers anys, per la qual cosa la seva *quota* respecte el total de renovables disminuirà clarament, sobretot en el cas de la incineració de residus. Sí que es preveu un augment important en l'ús de biogàs, que segons l'escenari IER del PEC podria superar els 200 milers de tep a Catalunya el 2015 (Generalitat de Catalunya, 2006: 232). Això s'assoliria promovent noves instal·lacions de digestió anaeròbia de residus del sector ramader (especialment els purins) i agroalimentari, dels fangs de depuradora i en ecoparcs i abocadors.

D'altra banda, cal destacar la situació de les diferents formes d'aprofitament solar, per les quals, malgrat que tenen una contribució petita en termes absoluts, es preveuen creixements importants. En el cas de la solar fotovoltaica el PEC preveu arribar a 50 MW en panells solars instal·lats el 2010, i 100 MW el 2015. La contribució d'aquesta potència en termes d'energia elèctrica produïda serà encara molt modesta, i representaria només el 0,3 % de les renovables, però el potencial total de Catalunya és, segons el que estableix el PEC, uns 450 MWp. En el cas de la solar tèrmica, avui dia amb una major contribució, es preveu arribar als 1.250.000 m² de captadors solars instal·lats, que significarien quasi el 3 % de l'energia primària renovable, tres cops més que actualment.

La importància de l'energia solar a Catalunya es deu sobretot a la seva utilització distribuïda. Cal remarcar el paper que han tingut en la promoció de les instal·lacions d'ener-

gia solar els darrers anys les anomenades ordenances solars, que han aprovat un gran nombre de municipis perquè s'instal·lin sistemes d'aprofitament solar als edificis de nova construcció, particularment d'energia solar tèrmica per a aigua calenta sanitària (ACS). Igualment és important l'impuls que significarà l'aplicació de noves normes de construcció d'edificacions, com el Decret 21/2006, de 14 de febrer, pel qual es regula l'adopció de criteris ambientals i d'ecoeficiència en els edificis¹³, i el Codi Tècnic de l'Edificació d'àmbit espanyol¹⁴, aprovat el març de 2006.

Finalment, cal dir que la tecnologia solar termoelèctrica encara no s'ha implantat a Catalunya. El PEC preveu que hi pugui haver una instal·lació de demostració a Catalunya en els propers anys, que tindria uns 50 MW de potència, i que significaria la generació de 12 milers de tep, un 0,4 % del total d'energia primària (Generalitat de Catalunya, 2006: 219).

2.4.3. Costos de la generació amb energies renovables

Com a complement de les seccions anteriors dedicades a l'evolució del consum d'energia primària de fonts renovables, aquesta secció presenta informació sobre els costos actuals de les energies renovables, concretament dels costos de generació d'electricitat a partir de les fonts energètiques renovables més establertes.

El cost de generació és un factor clau a l'hora de valorar el potencial creixement de les energies renovables. Actualment el cost de generació per kWh d'energia elèctrica a partir de la majoria de fonts renovables està sensiblement per sobre dels costos d'altres formes de generació, com veurem més endavant. Aquest cost és molt diferent segons la font energètica i, a més a més, canvia molt segons les condicions del projecte, l'escala, la localització, la tecnologia utilitzada, etc. Per aquest motiu, entre altres (com la falta d'informació per part de les companyies energètiques) és difícil obtenir dades detallades sobre quins són els costos per cada tecnologia. Aquí presentem les dades contingudes al Pla d'energies renovables a Espanya 2006–2015, elaborat per l'IDAE (Ministeri d'Indústria, 2005), i les dades contingudes a la Comunicació de la Comissió Europea de gener de 2007.

La taula 6 presenta un resum dels costos mitjans de generació d'electricitat per a les diferents fonts renovables a l'Estat espanyol, i de la solar tèrmica, tant suposant que l'inici de l'activitat es fa a l'actualitat (dades de l'any 2005) com la previsió dels costos per activitats que s'iniciïn el 2010. A continuació s'exposa amb més detall com es distribueixen els costos a les principals fonts. L'ús de la biomassa i el biogàs es presenta després (taula 7).

	Cost mitjà 2005	Previsió cost mitjà 2010
Eòlica	5,1-6,5	5,6-7,0
Hidroelèctrica <10 MW	4,5-6,1	
Hidroelèctrica 10-50 MW	4,1-5,6	
Solar tèrmica		
Sist. prefabricats	9,2-12,8	10,1-14,2
Sist. per elements	8,8-13,1	9,7-14,4
Solar fotovoltaica		
< 100 kWp	40,8-44,0	32,3-35
>100 kWp	21,5-28,2	17,4-22,6
Solar termoelèctrica	20,0-23,5	17,1-19,9

Taula 6. Resum dels costos de generació per fonts renovables (c€/kWh)*

* Per a informació sobre els supòsits i la manera de calcular els costos mitjans per a cada tecnologia vegeu el PER 2005-2010.

Font: Pla d'energies renovables a Espanya 2005-2010.

Eòlica

En el cas de l'eòlica, el cost mitjà de generació d'electricitat a l'Estat espanyol es troba actualment entre els 5,1 i els 6,5 c€/kWh, i es preveu que augmenti lleugerament en els propers anys. El cost mitjà d'inversió actualment està situat per sota dels 1.000 euros per kW. Segons l'estudi *Renovalia 2005*, sobre l'estat de les energies renovables a Espanya, publicat per CENER i altres organitzacions (2005), l'any 2002 el cost per kW instal·lat era de 860 €, la qual cosa mostra un decrement molt important respecte dels preus a finals dels noranta (l'any 1998 el cost era d'uns 1.500 €). La disminució de costos ha estat possible sobretot perquè els preus dels aerogeneradors han baixat un 30 % des de 1990. Tot i això, per als

Generació elèctrica amb	Cost combustible c€/kWh	Cost operació i manteniment c€/kWh	Inversió €/kW
Cultius energètics	6,1753	0,9306	1.803
Residus forestals i agrícoles	4,4942	0,9306	1.803
Residus industrials agrícoles	4,4942	0,9306	1.803
Residus industrials forestals	1,8820	0,9306	1.803
Biogàs	—	2,5122	1.503

Taula 7. Costos de la generació d'electricitat amb biomassa i biogàs

Font: PER 2005-2010.

13. DOGC núm. 4574 de 16/2/2006.

14. Reial decret 314/2006, de 17 de març, disponible al web del Ministeri de l'Habitatge http://www.mviv.es/es/index.php?option=com_content&task=view&id=552&Itemid=226.

futurs parcs cada vegada es troben zones menys adequades, i els nous aerogeneradors *multimegavat* són més cars, per la qual cosa els costos d'inversió han pujat una mica (PER 2005-2010).

Minihidràulica

Els costos de l'energia hidroelèctrica són els més baixos de totes les fonts renovables, tot i que depenen molt de cada projecte (orografia del terreny, accessos, tipus d'instal·lació, etc). En termes de kWh generat, el cost se situa entre els 4,5 i els 6 c€/kWh a les centrals de menys de 10 MW, una mica menys a les centrals entre 10 i 50 MW. La inversió per a les centrals minihidràuliques més petites és aproximadament de 1.500 €/kW (dades del PER 2005-2010), i de 700 €/kW per a les d'entre 10 i 50 MW.

Solar

Els costos de la instal·lació de captadors d'energia **solar tèrmica** per a aigua calenta sanitària varien molt segons si es tracta d'un sol habitatge, o d'una comunitat amb producció solar centralitzada o una instal·lació amb una necessitat a major escala, com ara un hotel. El PER 2005-2010 distingeix els costos entre el cas tipus I, corresponent a la situació d'un habitatge aïllat on s'instal·len equips prefabricats, o el tipus II, en què s'instal·len diferents captadors solars units entre si (vegeu la taula 6), i fa una estimació de costos equivalents a entre 9 i 13 c€/kWh.

El rang de costos és força ampli, a causa de les diferències entre cada instal·lació concreta, i es troba clarament per sobre (gairebé el doble) que els costos de generació d'electricitat amb energia eòlica. Cal dir, a més a més, que els costos es mantenen constants en els darrers anys i no es preveu que canviïn massa, exceptuant-ne una possible disminució dels costos comercials si hi ha una gran expansió del sector (PER 2005-2010:108).

En el cas de l'energia **solar fotovoltaica**, els costos d'instal·lació depenen molt de les característiques del projecte. Els costos d'inversió en instal·lacions petites i mitjanes (entre 1-100 kWp) es troben entre 7,5 i 6,5 €/Wp (segons dades d'ASIF recollides per Mosquera i Merino, 2006). El preu dels panells significa un 50-55 % del cost total de la inversió, i amb la resta d'equipament necessari arriben al 70-75 %. Un 25 % dels costos corresponen a enginyeria, administració i despeses generals.

Els costos per unitat d'energia generada són els més alts de les tecnologies presentades fins ara, i estan entre els 40 c€/kWh generat en instal·lacions petites, tot i que són molt menors en instal·lacions més grans, entre 21 i 28 c€/kWh quan hi ha més de 100 kWp instal·lats. En aquesta tecnologia sí que es preveu que els preus disminueixin a causa de l'expansió del mercat (vegeu la discussió més detallada de la secció 2.5.4.1).

La **solar termoelectrica**, que encara no s'ha aplicat a Catalunya, té uns costos d'inversió massa elevats per ser rendibles en qualsevol de les tecnologies aplicades actualment a l'Estat espanyol (cilindroparabòlica, instal·lacions de torre, heliostat amb torre central), tot i que els costos de generació per kWh estan per sota de l'energia fotovoltaica, al voltant dels 20 c€/kWh. Com veiem a la taula 6, en el cas d'una planta cilindroparabòlica els costos actuals multipliquen per 4 els de generació eòlica, tot i que es preveu que baixin lleugerament en el futur. Per tal de promoure la investigació i el desenvolupament d'aquesta tecnologia, de gran potencial a l'àrea mediterrània per la gran quantitat d'hores de sol, els empresaris reclamen una millora en el règim de retribució.

Biomassa

El cost de la generació elèctrica amb biomassa varia depenent del tipus de tecnologia utilitzada, de la mida i els costos d'inversió de la planta, i del cost de subministrament de la biomassa (CENER *et al.*, 2005). La taula 7 presenta els costos mitjans de combustible, d'operació i manteniment i d'inversió per als quatre grans tipus de fonts de combustible i, a més a més, per al biogàs. La diferència es troba en el cost del combustible, que és força més elevat en el cas dels cultius energètics (dades del PER 2005-2010).

En el cas del biogàs, els costos d'operació i manteniment són més alts que els de les tecnologies anteriors, tot i que no hi ha un cost afegit del combustible, que generalment són residus sòlids urbans o fangs de depuradora, de forma que el cost final és menor, i també ho és la inversió inicial necessària. La generació elèctrica amb biogàs compleix per tant dos objectius: la generació d'electricitat i la disposició de residus.

Ara bé, si es volgués comparar els costos de les energies renovables presentats aquí amb els de les fonts d'energia convencionals, caldria tenir en compte que aquestes últimes porten associades un conjunt de costos que gairebé mai no s'introdueixen en els càlculs, com ara les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle (els costos dels impactes o de les unitats de permisos d'emissió necessaris), la producció i gestió de residus nuclears, i impactes negatius de la dependència i les importacions de cru o gas natural que no estan quantificats en termes econòmics, etc. A més a més, les fonts convencionals estan subvencionades amb els costos de transició a la competència. La figura 22 presenta un resum dels costos mitjans de generació d'electricitat per a diferents fonts. Les marcades amb color verd són les fonts renovables que s'han presentat aquí, utilitzant les dades del PER. Les dades marcades amb color taronja provenen de la Comissió Europea (2007).¹⁵

15. Comunicació de la Comissió al Consell Europeu i al Parlament Europeu. *Una política energètica per a Europa* (COM(2007) 1 final; Brussel·les, 10.1.2007).

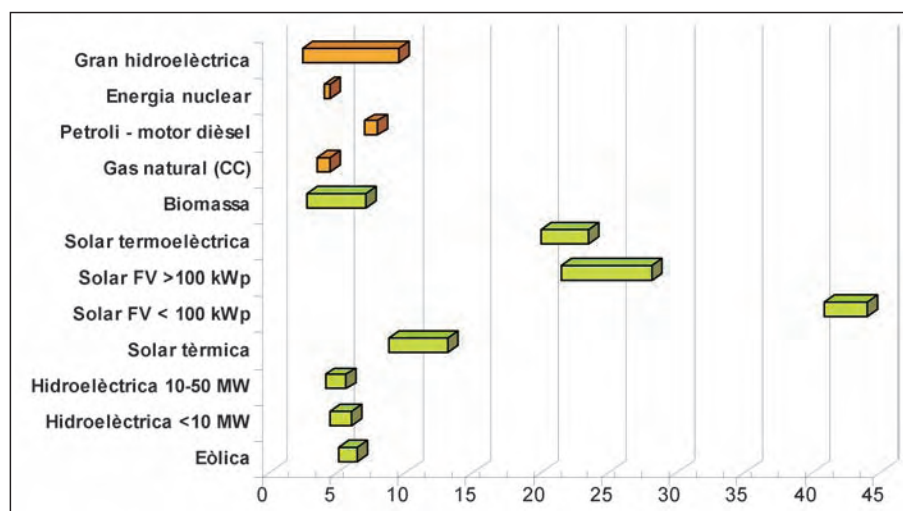


Figura 22. Costos mitjans de generació d'electricitat segons la font (€/kWh)

Font: elaboració pròpia a partir de dades del PER (Ministeri d'Indústria, 2005) i Comissió Europea (2007).

2.5. Origen de l'energia primària i consideracions de risc

Aquesta secció analitza l'origen de les importacions d'energia primària, amb la intenció d'aprofundir en el debat sobre la seguretat en el subministrament de fonts energètiques en un context mundial de creixent competència entre els països consumidors. A l'annex B es pot trobar una anàlisi de l'impacte de les reserves mundials sobre l'evolució del preu de les diferents fonts energètiques. Aquí volem fer paleses les limitacions i les dependències que poden implicar un cert grau de risc dependent del país d'origen de la font. No es tracta, per tant, el risc d'accidents o el risc ambiental associat a cada font.

2.5.1. Dependència general

Tal com el mateix Pla de l'energia de Catalunya recull, és molt probable que la demanda mundial de combustibles fòssils continuï creixent a un ritme superior al de la producció, fet que donaria lloc a tensions de preus (Generalitat de Catalunya, 2006: 53-54). A més, el mateix Pla indica que és molt probable que les inversions en nova capacitat triguin més temps a materialitzar-se del que els països importadors desitjarien. Així mateix, es reconeix el fet que la meitat de les reserves de petroli es troben a països d'Orient Mitjà, i el 77 % a països membres de l'OPEP, i que en el cas del gas, dos països, Rússia i l'Iran, controlen la meitat de les reserves (Generalitat de Catalunya, 2006: 54). Aquesta situació a escala mundial fa que l'escenari de preus a l'alça i amb una creixent

volatilitat sigui cada cop més probable. En aquesta situació, i com el mateix pla diu (p. 56) l'estratègia a seguir per tal de reduir la dependència s'ha de centrar, d'una banda, en mesures d'estalvi i d'eficiència energètica, i de l'altra, en la promoció de les energies renovables.

Un dels temes que genera més preocupació és l'alta dependència de combustibles líquids per al transport, al qual actualment es proposa fer front amb el foment dels biocombustibles per al sector del transport, tal com contempla el

Pla de l'energia i també diferents documents a escala europea. Com ja hem vist, l'estratègia energètica de la Comissió Europea presentada el gener de 2007 proposa que l'any 2020 el 10 % del combustible per a vehicles siguin biocombustibles. Ara bé, la UE també reconeix que part de la matèria primera necessària per produir els biodièsel i el bioetanol s'haurà d'importar d'altres països,¹⁶ alguns dels quals estan començant ja a produir cultius energètics, com ara Indonèsia o Malàisia, on la producció de palma per exportar a Europa ha crescut molt en els darrers anys. La promoció de les importacions d'olis vegetals per a la producció de biodièsel diversifica l'origen de l'energia primària de la UE i amb això es disminueix el risc, però no es tracta d'una solució al problema de dependència externa de les fonts d'energia.

El problema de la dependència augmenta progressivament, i serà cada cop més important per les repercussions econòmiques sobre la resta de sectors d'activitat, com es pot veure a l'annex B. Com indica el Pla de l'energia de Catalunya (Generalitat de Catalunya, 2006: 88) és més probable que l'origen de la crisi energètica a escala mundial i a curt termini sigui per un problema d'abastament dels mercats i de la demanda per part dels països extractors i no pas per un esgotament del recurs (que es produirà en el futur de totes maneres), això portarà a una fase de volatilitat i d'increment de preus, que podria induir a una reconfiguració del sistema energètic, i, seguint el plantejament de l'estudi AMEEC, també a una reconfiguració del sistema productiu. En particular, és previsible que l'escassetat relativa de petroli (en termes de quantitat

16. Es reconeix també al Pla d'acció sobre biomassa (COM/2005/628 final) com a l'Estratègia Europea sobre Biocombustibles (COM/2006/34 final). El mateix PEC diu (Generalitat de Catalunya 2006: 84) que la substitució del 7 % del combustible europeu necessita del 20 % del sòl agrícola actual. Aquest motiu que ha portat la Comissió a fixar un màxim de 2 milions d'hectàrees susceptibles de ser conreades amb biocarburants per a la UE-25. Es parlarà més específicament de biocombustibles al capítol 6.

i preu) faci que es prioritzi la utilització de cada cop més quantitats de petroli per als usos no energètics, bàsicament de la indústria química i subsectors, que poden aportar un major valor afegit al recurs en comparació amb altres usos com el transport.

En aquest context global de crisi de preus energètics i d'inseguretat en l'abastament energètic de les economies, la situació de Catalunya és particularment preocupant, com s'ha posat de manifest a la secció 2.2. Considerant el creixement de població que experimentarà el país en el futur immediat (i que es pot veure a l'annex A), i la relació positiva entre el creixement econòmic i el consum d'energia que encara presenta Catalunya (a diferència d'altres països europeus) és evident que l'increment d'energia primària del futur s'haurà de cobrir amb importacions creixents, per la qual cosa la dependència augmentarà. Si fem cas de les dades històriques, aquest creixement ha estat bastant alt, amb taxes del 3 % anual. L'augment de la demanda s'ha produït sobretot per l'alça de la demanda elèctrica, del gas natural i per la demanda de petroli per al transport, ambdós factors molt lligats a l'augment de població i a l'increment del nivell de vida material. L'única manera de reduir-ho és a través de l'estalvi, l'eficiència i la promoció de les energies alternatives, com ja s'ha dit. Això és cert perquè la generació amb renovables, si no s'ataca la demanda i el seu creixement, només retardaria els efectes de la crisi energètica, però no l'evitaria.

L'elevada dependència de les importacions energètiques pot comportar un problema en l'abastament energètic a mitjà i llarg terminis en moments d'escassetat de cru de petroli, que pot provocar riscos inflacionistes a les economies més dependents com ara la catalana i reduir la competitivitat de les empreses. És important una reducció de la dependència també perquè es tendeix a concentrar en els països de l'Orient Mitjà (Ministeri d'Indústria, 2005). Recordem, com hem vist a la secció 2.2, que la dependència de Catalunya dels combustibles fòssils és del 70 %.

El Govern té capacitat d'actuació per incidir sobre aquest augment futur de la demanda energètica a Catalunya. En concret, hi pot incidir en matèria de foment de les energies renovables i en estalvi i eficiència (se'n parlarà a la secció 2.7). Ara bé, hi ha problemes tècnics, però sobretot socials per a estimular algunes d'aquestes tecnologies, com ara els biocombustibles i l'eòlica, que s'han de solucionar a curt termini si es vol tenir un marge de maniobra d'actuació. De totes maneres, el potencial existeix, però és limitat. Catalunya és un país muntanyós i densament poblat, fet que com el mateix PEC admet pot representar limitacions per a l'extensió dels biocombustibles (Generalitat de Catalunya, 2006: 100), com s'analitza a la secció 2.6. El que es vol ressaltar és que tot i tenir un cert marge de maniobra que s'ha d'explotar al màxim, l'ob-

jectiu global de generació amb fonts renovables establert al PEC és de 2.949 milers de tep, o un 9,5 % del consum d'energia primària, amb els biocombustibles representa un 2,7 %. Aquesta dada reflecteix que algunes fonts, com la hidràulica, estan al voltant del 90 % del seu potencial, amb 2.320 MW i un 12 % de l'electricitat (que és un 1,6 % de l'energia primària), i que l'aportació d'altres, com l'eòlica (amb un objectiu de l'escenari IER de 3.500 MW) serà similar a la de l'energia hidràulica (Generalitat de Catalunya, 2006: 89-90).

En qualsevol cas, si no es canvia la tendència d'augment de la demanda i l'actual mix energètic, no es podran acomplir els compromisos internacionals com el Protocol de Kyoto. De fet, l'Estat espanyol preveu que s'hauran de comprar drets d'emissió per valor de 100 milions de tones de CO₂ equivalent per afrontar el quinquenni de Kyoto 2008-2012 (Ministeri d'Indústria, 2006). A un preu de 20 euros per tona, aquesta quantitat és l'equivalent al cost de 2.000 MW de potència eòlica instal·lada, més de la meitat de l'objectiu del PEC per a Catalunya quant a l'energia eòlica.

Finalment, una de les maneres de diluir d'alguna manera el risc derivat de la dependència energètica és a través dels intercanvis internacionals d'electricitat, en el cas de Catalunya amb França. Aquests intercanvis podrien ajudar a afrontar els problemes conjunturals d'abastament, per exemple de gas natural, substituint la generació local per la importació. Ara bé, mai no podrem diluir totalment els riscos, particularment davant d'un xoc que afecti moltes economies importadores alhora, que inevitablement arribaria a Catalunya sigui per manca d'energia primària o per un augment de preus de l'electricitat servida. En qualsevol cas és aquest un dels principals motius de defensa de línia de molt alta tensió (MAT) d'interconnexió amb França. El saldo d'intercanvis internacionals per a Catalunya s'ha situat entre el 0,5 % i un màxim del 2,25 % (el 2005) de l'energia primària segons dades d'ICAEN, un 15,5 % de l'electricitat consumida.

2.5.2. Els combustibles fòssils

2.5.2.1. El petroli

El petroli encara és la principal font d'energia primària a Catalunya. La seva participació en el total no s'ha reduït en el temps, i ha passat del 50,1 % de l'energia primària el 1990 al 49,2 % el 2005, segons dades d'ICAEN. Això vol dir que el creixement de la demanda de petroli ha anat acompanyat del creixement de la demanda total, amb una taxa de creixement interanual en el període 1990-2005 del 3 %.

El fet que la major part de les reserves estiguin a Orient Mitjà i les economies exsoviètiques es tradueix en què les

empreses són majoritàriament empreses estatals. Això vol dir que a vegades els contractes comercials pel petroli tenen molt a veure amb la política bilateral d'aquests països amb els compradors i no pas amb raons de mercat.

L'elevat grau de dependència de les importacions d'hidrocarburs és preocupant, però ho és encara més quan considerem l'origen d'aquests recursos. Amb dades per a l'Estat espanyol (INE, 2006: 539) i per al 2004, el 50 % del petroli prové de sis països de la OPEP (l'Aràbia Saudita, Líbia, Nigèria, l'Iran, l'Iraq i Algèria), que o bé no són democràtics o no tenen règims estables. Si afegim la resta d'importacions de Rússia (un 15 %) i d'alguns altres països africans, ens adonem que més d'un 75 % de les importacions de petroli provenen de països no democràtics o poc estables.

Segons el Ministeri d'Indústria (2006) l'any 2005 les importacions de petroli van tenir l'estructura següent: l'Àfrica un 35,5 % (majoritàriament Nigèria i Líbia); un 24,4 % l'Orient Mitjà amb l'Aràbia Saudita, l'Iran i l'Iraq com a principals proveïdors; el 17 % Amèrica, amb Mèxic i Veneçuela com a principals proveïdors, i un 23 % Europa (on la major part correspon a Rússia).

Amb aquesta situació es pot entendre que el principal risc per a l'abastament de petroli a Catalunya és compartit amb la resta de països de l'entorn i es deu al risc geopolític dels països d'origen. Per això, a curt termini s'ha de diversificar aquest origen, mentre que a mitjà i llarg terminis cal reduir la dependència del petroli.

2.5.2.2. El gas natural

El gas natural en les seves diverses formes (gasós, líquid i comprimit) s'està convertint en l'alternativa energètica al petroli i representa gairebé tot l'increment del consum d'energia primària. De fet, la seva importància a Catalunya és creixent, i passa de representar el 10 % del consum d'energia primària el 1990 a un 25,3 % el 2005 segons dades dels balanços energètics d'ICAEN. D'aquesta manera, l'any 2004 el gas natural va substituir l'energia nuclear com a segon vector energètic en importància darrere del petroli i derivats. El seu fort creixement es deu als sectors industrial i sobretot al de generació elèctrica, que ja és el 2005 el 32,7 % de la demanda de gas a Catalunya. A més, el pes de Catalunya en la generació elèctrica amb gas natural s'observa en la dada que el 2003 va consumir el 25 % del gas destinat a generació elèctrica a l'Estat espanyol (CNE, 2006). Aquesta dada reflecteix el que la Comissió Nacional de l'Energia apuntà el 2005 (CNE, 2006): que cada cop hi ha una major integració entre els sistemes gasista i elèctric, de tal mane-

ra que cal una major coordinació de tots dos sistemes des d'un punt de vista de seguretat del subministrament. En efecte, davant d'un problema d'abastament o de distribució de gas no quedaria afectat només el sector industrial, sinó que la generació d'electricitat es veuria molt greument afectada, sense comptar amb alternatives a curt termini (ni tan sols la línia MAT podria resoldre un problema d'aquestes característiques). En conseqüència, la seguretat del subministrament elèctric està condicionada per la disponibilitat de les infraestructures de gas per a subministrar combustible a les centrals de cycle combinat.

Per tant, com a factors de risc en el sector gasista podem ressaltar l'origen de les importacions de gas, la diversificació en les formes de gas importades, i el manteniment d'una infraestructura adequada incloent-hi emmagatzematges per a les reserves estratègiques.

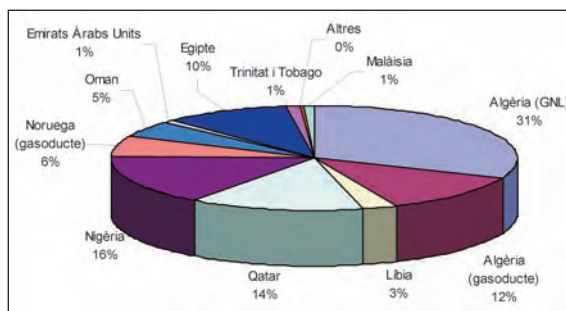


Fig. 23. Origen de les importacions de gas natural a l'Estat el 2005

Font: Elaboració pròpia a partir de les dades del Ministeri d'Indústria (2006).

Quant a l'origen de les importacions de gas no hi ha diferències entre l'Estat espanyol i Catalunya. Com podem veure a la figura 23 aquestes estan molt concentrades en pocs països com Algèria¹⁷ (43,3 %), Nigèria (15,7 %), Qatar (13,9 %), i Egipte (10,1 %). Aquests quatre països sumen el 84 % de les importacions de gas. El pes relatiu d'Algèria s'ha reduït (representava el 58,5 % el 2002, segons el Ministeri d'Indústria, 2003), però Noruega ha deixat de ser la segona font de gas i això ha fet que la participació d'altres països com Nigèria augmentin la seva proporció, i passin del 9,3 % el 2001 al 15,7 % de 2005. La tendència és, doncs, cap a una major diversificació de les fonts. No obstant això, el fet que el lligam amb el nord d'Àfrica es faci a través de gasoducte fa que la dependència amb aquesta zona tingui un caràcter més estructural. S'ha de dir, però, que quasi la totalitat del gas natural prové de contractes a llarg termini que ajuden a donar una certa estabilitat al sistema. En qualsevol cas, una de les mesures per augmentar la seguretat de l'abastament és la importació de gas natural líquid (GNL).

17. La major part a través del gasoducte MEG que passa pel Marroc, almenys fins que no comenci a funcionar el gasoducte directe amb Algèria Medgaz el 2009. Medgaz (<http://www.medgaz.com>) està participada en un 20 % per CEPESA, un 20 % per Sonatrach (empresa algeriana), i un 12 %, respectivament, per Total, BP, Gaz de France, Iberdrola i Endesa. De 200 km de llarg, transportarà 8.000 milions de metres cúbics (*El País*, 20 de gener de 2006).

Des de 2001 s'observa un increment en les importacions de GNL. El sistema d'aprovisionament espanyol es caracteritza per la situació geogràfica, per l'absència de producció pròpia, i per les escasses interconnexions amb Europa. Aquest fet condiona que l'origen del gas estigui molt localitzat. Com hem vist abans, el 2002 Algèria va subministrar un 58,5 % del gas, quan el màxim que permet la Llei d'hidrocarburs és un 60 %. El 37 % va arribar en forma de gas natural provinent dels gasoductes Magrib i Lacq-Calahorra, i la resta en forma de GNL sobretot des d'Algèria, Nigèria, Qatar, Líbia, Oman i Abū Dhabī.

Un altre dels factors de risc per a l'abastament és l'estat de la infraestructura de transport i de distribució del gas, que s'analitza amb més profunditat al capítol 4. Com hem dit abans, aquesta està dominada majoritàriament pels gasoductes MEG (Marroc) i pel futur Medgaz (amb Algèria). El sistema compta amb dues connexions amb Portugal i una amb França, que rep el gas de Noruega. A Catalunya l'aprovisionament es fa per mitjà de vaixells i gràcies a la planta de regasificació. Les entrades pels gasoductes internacionals són molt estables, fet que explica que l'augment de demanda es cobreixi amb GNL.

Segons dades de la CNE (2006) al conjunt de l'Estat hi ha quatre plantes de regasificació de GNL, 7.200 km de gasoductes de transport, més de 39.000 km de gasoductes de distribució, dos magatzems subterranis, nou estacions de compressió, tres jaciments, i quatre connexions internacionals (amb el Marroc, França, i dues amb Portugal). La peculiaritat del sistema és l'elevada dependència de les importacions i l'elevat protagonisme de les plantes de regasificació per a l'aprovisionament. La planta de Barcelona va estrenar un nou amarrador el 2003, amb una capacitat de 140.000 m³ de GNL. Tot i així es diu que encara falta capacitat d'emmagatzematge a Barcelona per aprofitar totalment la planta. L'ampliació, però, ha permès poder comptar amb vaixells més grans que vénen de més lluny (de fora de la Mediterrània) i això millora la diversificació. Tot i això, el nivell d'autonomia de la planta de Barcelona era de 4,5 dies el 2003.

L'any 2003 el gas natural consumit a Catalunya va provenir gairebé en la seva totalitat de la planta de Barcelona, amb una petita participació de la de Cartagena. Les entrades per Barcelona van representar el 25 % del gas consumit a Espanya. Això implica que una situació d'avaria a una de les estacions pot tenir conseqüències greus, i és per això que es va contractar un vaixell que actua com a dipòsit flotant. La conclusió de la CNE (2006) és que no hi ha prou capacitat d'emmagatzematge, i això implica un estret marge de cobertura de la demanda de l'Estat i, per tant, també de la de Catalunya. Per això la CNE recomana comptar amb una sobredimensió del sistema gasista.

De fet, el Reial decret 1716/2004, de 23 de juliol regula l'obligació del manteniment d'existències mínimes de seguretat, la diversificació de l'abastament de gas natural i crea la Corporació de Reserves Estratègiques de Productes Petrolífers. A l'exposició de motius del decret es reconeix que qualsevol dificultat en l'abastament, fins i tot momentània, pot derivar en greus conseqüències per a l'activitat econòmica. S'estableixen els mecanismes per a l'aplicació de les existències mínimes de seguretat d'hidrocarburs, incloent-hi les estratègiques, en casos de desabastament, i s'indiquen les activitats de restricció de la demanda energètica que el govern està autoritzat a establir en situacions d'emergència. Tot i això, el nivell mitjà d'emmagatzematge del sistema gasista no arriba als 35 dies que estipula el mateix Reial decret (CNE 2006).

El resultat d'aquesta situació és que tant l'Estat espanyol com Catalunya pateixen un alt grau de risc polític per la seva dependència energètica. Per tant, el que passi tant al Magrib com a l'Orient Mitjà té una especial importància per a l'economia catalana. En particular, l'atenció a Orient Mitjà creixerà a mesura que ho facin les importacions d'aquesta zona en un futur immediat (com serà el cas també de la resta de països desenvolupats i en desenvolupament).

L'impacte de la concentració de l'oferta de gas en un sol país o en un grup reduït de països (com hem vist el 2005 el 84 % de les importacions en venia només de quatre) pot tenir una major incidència en el futur ja que el gas natural continuarà augmentant la seva fracció de l'energia primària per a la generació d'electricitat amb cicles combinats. Això implica que la seguretat en el subministrament de gas no solament influirà en el sector gasista, sinó també en el de generació elèctrica. A més, hem de tenir en compte que no hem fet referència aquí a un fenomen que sens dubte es produirà en un futur i que és l'augment de preus dels combustibles fòssils, que afectarà també al gas natural. Com s'explica a l'annex B, l'evolució del preu del gas va lligada a l'evolució del preu del petroli, i en un context d'escassetat relativa creixent del recurs energètic, Catalunya haurà de competir en mercats cada cop més competitius marcats per un excés de demanda (sobretot per part de la Xina i de l'Índia) que implicaran elevats esforços econòmics per garantir el subministrament.

Davant d'aquesta situació i de l'elevada dependència energètica del Magrib i d'altres zones no massa estables, s'aconsella potenciar les alternatives energètiques que no tenen a veure amb els hidrocarburs, amb les dificultats que això implica. Les energies renovables estan creixent més que la mitjana quant a l'energia primària però el 2005 només representaven un 2,4 % de l'energia primària consumida a Catalunya.

2.5.2.3. El carbó

Amb dades provisionals d'ICAEN per al 2005, el carbó representà un 0,98 % del consum d'energia primària a Catalunya i només un 0,15 % del consum d'energia final (ICAEN, 2006). Aquest recurs es va destinar en la seva totalitat a usos energètics, bé al sector de generació d'electricitat o com a combustible per a calefaccions i processos industrials de calor. De les 261,3 milers de tep que es van consumir, el 71,48 % van ser importades. La seva importància com a font primària ha estat sempre relativa a Catalunya, i ha passat del 3,38 % de l'energia primària el 1990 a valors propers a l'1 % des de 1998. Es preveu a més que la seva importància decreixerà encara més, ja que com indiquem al capítol 4 el mateix Pla de l'energia de Catalunya preveu que l'única central tèrmica de carbó, la de Cercs, deixi d'estar operativa l'any 2010 i probablement abans. Amb aquestes dades, i tot i l'elevat grau de dependència del poc carbó que s'utilitza a Catalunya, el carbó no presenta riscos amb vista al futur.

Ara bé, actualment hi ha noves formes d'aprofitament del carbó que tenen eficiències en la generació d'electricitat molt més elevades, i menors emissions de gasos amb efecte d'hivernacle. Aquestes tecnologies, com ara els cicles combinats amb gasificació del carbó integrada o la combustió amb llit fluïditzat pressuritzat, que es descriuen al capítol 4, podrien fer canviar les perspectives d'ús del carbó i potser no haurien de ser obviades en el ventall d'opcions a mitjà termini, tot i que no són una alternativa de futur pel seu caràcter fòssil. A més a més, en el cas de Catalunya s'hauria de tenir en compte que per obtenir millors rendiments s'hauria d'importar el carbó, ja que el local no és de prou bona qualitat. Al conjunt de l'Estat, segons el Ministeri d'Indústria (2006) es va importar el 54,6 % del carbó consumit el 2004 i el 55,9 % el 2005, amb una tendència creixent.

2.5.3. L'energia nuclear

Catalunya depèn en gran mesura de l'energia nuclear. Concretament, un 20 % de l'energia primària té un origen nuclear, com hem vist a la secció 2.2, mentre que és un 55,8 % si parlem de la generació d'electricitat (IDES-CAT, 2006).

L'urani és el principal combustible utilitzat a les centrals nuclears, i s'obté a partir del processament del mineral d'urani (que es troba en forma d'òxid d'urani, U_3O_8). Amb l'aturada de la carrera d'armament nuclear, part de l'urani emmagatzemat per a usos militars es va redirigir a les centrals de generació elèctrica (*The Economist*, 2006) de manera que s'ha disposat d'una major quantitat

d'urani al mercat que ha mantingut els preus en certa manera continguts, tot i que recentment es veu una tendència a l'alça. De fet, la percepció d'una imminent escassetat deguda a l'increment del parc de centrals nuclears al món ha portat a l'augment de preus de les comandes d'urani. Així, l'urani ha vist multiplicar per sis el seu preu en els darrers cinc anys, des dels 7,25 \$ per lliura el 2001 als 47,25 \$ el 2006 (UIC, 2006a).

Actualment més de la meitat de l'urani que necessiten les centrals nuclears per al seu funcionament prové de les mines (un 60 % segons l'OCDE, 2006), mentre que l'altra meitat correspon a estocs existents, antigues armes nuclears i el reproprocessament de combustible. Aquestes fonts secundàries d'urani, però, també s'estan començant a esgotar, just en un moment en què la demanda augmenta. De fet, el propi UIC¹⁸ (2006a) reconeix que la mineria de l'urani haurà de créixer a partir de 2005 per poder proveir la demanda creixent. L'OCDE (2006) espera que les fonts secundàries d'urani comencin a disminuir sobretot a partir de 2015, amb la qual cosa hi haurà més pressió sobre la mineria. Això ja s'ha traduït en despeses d'exploració, que el 2004 van ser de 133 milions de dòlars, amb un augment del 40 % respecte el 2002, i que s'espera que hagin pujat el 2005 fins als 195 milions de dòlars.

A l'Estat espanyol, l'empresa ENUSA Industrias Avanzadas, SA proveeix de combustible les centrals nuclears. Aquesta empresa es coneixia com Empresa Nacional del Uranio, SA quan va ser creada el 1972. ENUSA està participada en un 60 % per la SEPI (Societat Estatal de Participacions Industrials) i en un 40 % pel CIEMAT (Centre d'Investigacions Energètiques Medioambientals i Tecnològiques). ENUSA s'ocupa del subministrament de les primeres matèries i del seu processament fins a obtenir el combustible. Un 50 % de la seva producció la destina al mercat europeu.

Fins al 2001 va extreure urani del jaciment de Saelices el Chico, a Salamanca, tot i que els alts costos d'explotació, amb pèrdues de 1.500 milions de pessetes (9 milions d'euros) anuals (Espejo, 2002), va fer que se'n deixés de produir. De fet, segons la mateixa empresa ENUSA el cost mitjà del material era de 66,1 €/kg, mentre que el mercat internacional oferia un preu de 18 €/kg (Espejo, 2002). Actualment no hi ha plantes de conversió ni d'enriquiment a Espanya. El procés de conversió (d'òxid d'urani, U_3O_8 a gas, UF_6) es contracta a empreses dels Estats Units, França, Rússia, el Regne Unit i el Canadà. El procés d'enriquiment el fan EURODIF a França (de la qual ENUSA és propietària de l'11,11% d'accions), TENEX a Rússia, USEC als Estats Units, i URENCO a Regne Unit, Holanda i Alemanya. ENUSA també és copropietària

18. L'*Uranium Information Centre* és un organisme de recerca sobre l'urani de les companyies mineres d'urani australianes. Com acostuma a passar amb la resta de minerals, les dades més acurades les solen tenir agrupacions o confederacions industrials.

(10 %), de COMINAK, que explota jaciments miners a la República del Níger (Espejo, 2002).

La capacitat de producció de combustible per part d'ENUSA és de 250 tones d'urani enriquit, i la demanda de concentrat d'urani per atendre les necessitats del parc nuclear a Espanya se situa en unes 1.600 tones anuals (UIC 2006b). D'aquest total la mina clausurada oferia només un 30 % (Espejo, 2002).

Tot i aquestes dades, és interessant que *lobbies* com ara el Foro Nuclear (2004) insisteixin que l'energia nuclear es produeix en un 100 % de manera autòctona. És cert que el combustible utilitzat es fabrica a Espanya per ENUSA, però la primera matèria de la qual s'origina ja no s'extreu a Espanya. Per tant, serà important veure de quin país s'importa l'urani (taula 8).

País	Reserves mineres d'urani (tones)
Austràlia	460.000
Canadà	426.000
Kazakhstan	254.000
Sud-àfrica	186.000
Brasil	112.000
Namíbia	110.000
Uzbekistan	109.000
Estats Units d'Amèrica	102.000
Níger	94.000
Rússia	75.000

Taula 8. Reserves d'urani amb un cost d'extracció inferior a 80 E/kg

Font: The European Nuclear Society, *Euronuclear*.¹⁹

El 2004 ENUSA va produir elements combustibles d'urani enriquit equivalents a 110 tones (ENUSA, 2005). El 2005 aquesta quantitat va pujar fins als 920 elements de combustible, equivalents a 271 tones d'urani, de les quals 107 van anar al mercat espanyol i 164 a altres països europeus (Foro Nuclear, 2005). En total, ENUSA va subministrar a les centrals espanyoles 114 tones d'urani en diferents graus d'enriquiment, equivalents a 1.394 tones de concentrat d'urani.

Les reserves d'urani a Espanya són escasses. ENUSA va fer una campanya d'exploració de 1993 a 1996 en què es trobaren uns recursos raonablement assegurats de 16.813 tones d'urani a un preu inferior als 130 \$/kg. D'aquestes,

només 4.650 tones corresponen al rang de preu inferior als 80 \$/kg, i 12.163 tones al rang entre 80 i 130 \$/kg (IGME, 2002). Davant d'aquesta situació, la importació d'urani és necessària per abastir les centrals nuclears existents. Les reserves mundials identificades d'urani a un cost de menys de 80 \$/kg el 2004 eren de 3.804.000 tones.

Aquests deu països representen més del 96 % de les reserves globals d'urani. Si hi afegim les reserves d'un cost superior a 80 \$/kg però inferior a 130 \$/kg, llavors la quantitat es dobla i la distribució canvia lleugerament.

L'any 2004, la producció d'urani al món va ser de 40.263 tones, mentre que el consum va ser de 67.320 tones. Això vol dir que l'urani provinent de les mines va ser ja el 60 % de l'urani utilitzat, essent la resta el comís de l'armament nuclear. Es preveu, però, que la demanda mundial creixi fins a arribar el 2025 a les 100.760 tones d'acord amb l'increment de reactors nuclears (OCDE, 2006). Un creixement tan fort de la demanda ha d'anar acompanyat d'un augment de la capacitat extractiva, per la qual cosa es poden esperar tensions alcistes en els preus de l'urani.

Tot i que, segons la base de dades de comerç exterior de l'Agència Tributària i les cambres de comerç,²⁰ Espanya ha importat urani de països com França, el Japó, Alemanya, els Estats Units, Itàlia, Bèlgica i el Regne Unit. Imaginem que en realitat es tracta d'importacions indirectes d'altres països amb recursos d'urani. Així, segons el *Foro Nuclear* l'any 2004 les importacions de concentrat d'urani d'ENUSA van tenir el seu origen a Rússia (27,7 %), el Canadà (16,6 %), Níger (13,6 %), Austràlia (11,2 %), Sud-àfrica (10,1 %), Namíbia (6,4 %), i altres (14,4 %) (Foro Nuclear, 2004). L'any 2005 les importacions de concentrat d'urani van originar-se a Rússia (31 %), Níger (16 %), Austràlia (13 %), Sud-àfrica (11 %), Namíbia (14 %), i altres països (15 %) (Foro Nuclear, 2005).

Amb les dades sobre l'origen de l'urani que es consumeix a Catalunya i la resta d'Espanya no es pot afirmar que s'estigui davant d'una situació de risc greu en termes de seguretat de proveïment. Si bé la major part de l'urani prové de països poc estables (Níger,²¹ Sud-àfrica o Namíbia) o que usen la política energètica com a part de la política exterior (Rússia), entre els països amb més reserves del món es troben Austràlia i el Canadà, que podrien substituir aquests països com a socis comercials. Tot i

19. <http://www.euronuclear.org/info/encyclopedia/u/uranium-reserves>.

20. <http://aduanas.cameras.org/>.

21. Segons l'*Informe de Desenvolupament Humà* del Programa de Nacions Unides per al Desenvolupament, Níger és l'últim país del món al rànquing en termes de desenvolupament (UNDP, 2006). Segons el *CIA World Factbook* (<https://www.cia.gov/cia/publications/factbook/geos/ng.html>) Níger, antiga colònia francesa fins a 1960, és un estat democràtic des de 1999 (també ho va ser en un breu període de 1993 a 1996). És un dels països més pobres de l'Àfrica i la principal activitat és l'agricultura de subsistència. Per la seva banda, Namíbia va ser colònia alemanya fins a la primera guerra mundial, quan l'ocupà Sud-àfrica fins al 1990, en què guanyà la independència, i ha estat governada per la branca política de l'antiga guerrilla SWAPO. A les darreres eleccions de 2004 va obtenir el 75 % dels vots per a l'Assemblea Nacional.

així, s'ha de tenir en compte que cada cop més s'actua en mercats internacionals amb forta competència pels recursos, i que estem en un context d'expansió de l'energia nuclear sobretot als països en desenvolupament, per la qual cosa és previsible que els costos augmentin en un futur immediat.

A més a més, hi ha importants barreres a la construcció de noves centrals nuclears, com són els elevats costos de construcció (que en el nou context de liberalització elèctrica haurien de ser assumits per les mateixes empreses) i pels costos i riscos en la gestió dels residus (als quals es fa referència al capítol 4). En aquest sentit, i a banda dels riscos d'accidents de les centrals, actualment veiem clarament la dificultat i els alts costos de gestió dels residus nuclears d'alta activitat, pels quals s'està intentant trobar la ubicació d'un magatzem temporal centralitzat.²²

2.5.4. Dificultats i potencialitats de les energies renovables a Catalunya

Davant la situació presentada a les anteriors seccions d'elevada i creixent dependència i risc en l'abastament per motius diversos, les energies renovables tenen l'avantatge que es troben al territori català (sol directe per a fotovoltaica i solar tèrmica, i indirecte en el cas de la biomassa i de l'eòlica). Això fa que siguin les fonts idònies per ajudar a resoldre el problema de la dependència de l'exterior. És evident, però, que la seva expansió i contribució a la política energètica depenen de la caiguda dels costos econòmics de generació relatius a la resta de fonts.²³ A més, com que el recurs es troba al territori, s'han de tenir en compte consideracions sobre una possible dependència tecnològica que substituís la dependència sobre el recurs energètic, que podria tenir també efectes negatius en termes de risc d'abastament. Així, un aspecte molt important és la necessitat d'una major recerca sobre tecnologies d'energies renovables a Catalunya i, per tant, també d'un suport institucional que faciliti el desenvolupament de la recerca en tecnologies renovables a Catalunya. Aquests són els factors que analitzem en aquesta secció per a les energies solar fotovoltaica, solar tèrmica i eòlica. Deixem el cas dels biocombustibles per a l'anàlisi en profunditat de la secció 2.6.

2.5.4.1. L'energia solar fotovoltaica

L'energia solar fotovoltaica té un enorme potencial en un país com Catalunya on els nivells d'irradiació són elevats i hi ha moltes hores de sol. Una de les millors zones per

a l'aprofitament solar és la plana de Lleida, on s'estan duent a terme alguns projectes. Tot i això, aquesta potencialitat s'està desenvolupant a un ritme inferior del previst i més lentament que en altres comunitats autònomes de l'Estat. Segons informa l'IDAE en el Plan de Energías Renovables 2005-2010 (PER) (Ministeri d'Indústria, 2005) a Catalunya l'any 2004 hi havia 4,5 MWp de potència instal·lats, el que suposa el 12,2 % de la potència de l'Estat espanyol,²⁴ lluny dels 7,6 MWp d'Andalusia (el 19,2 % de l'Estat). En aquest sentit, el PEC (Generalitat de Catalunya, 2006: 209) és ambiciós ja que preveu 50 MW instal·lats el 2010 i 100 MW el 2015. Com ja hem vist, la contribució d'aquesta potència en termes d'energia elèctrica produïda serà encara molt modesta, i representarà només el 0,3 % de la contribució de les renovables, o el 0,028 % de l'energia primària consumida a Catalunya, però el potencial total de Catalunya és, segons el que estableix el PEC, uns 450 MWp (Generalitat de Catalunya, 2006: 213). Ara bé, aquest potencial no es tradueix en el nombre d'instal·lacions, tot i les polítiques de suport que es fan per mitjà del marc retributiu. Tenint en compte que a Catalunya hi ha disponibilitat del recurs, i que existeix ja la tecnologia per aprofitar-lo, assolir la potència instal·lada prevista al PEC demanarà solucionar les barreres que actualment afronta el sector. Els principals factors limitants són de caràcter normatiu, tècnic, de capacitat de producció i de formació del personal del sector, que es reflecteixen en termes d'uns costos de generació molt més elevats quan es compara amb fonts convencionals.

Quant al marc normatiu, tot i que el Reial decret 436/2004 va establir un sistema de primes que incentiva molt la generació amb solar fotovoltaica (que obliga les companyies distribuïdores a comprar aquest tipus d'electricitat a un preu del 575 % de la tarifa mitjana de referència (TMR)), també limita aquestes primes als primers 135 MWp instal·lats al territori. Aquest llimitar màxim s'hauria d'eliminar si el que es pretén és el foment d'aquest tipus de generació i assolir els objectius del Plan de energías renovables 2005-2010, PER (Ministeri d'Indústria, 2005) d'assolir 400 MWp el 2010 per al conjunt de l'Estat. En aquest sentit, el desembre de 2006 es troba davant la Comissió Nacional de l'Energia un esborrany de Reial decret per modificar el 436/2004 amb l'objectiu de facilitar l'assoliment dels objectius del PER, on es milloren les condicions de retribució de l'energia solar fotovoltaica. Amb el nou decret sembla que es garantiran rendibilitats entorn al 7 % si s'opta per la tarifa regulada per mitjà de primes variables en funció del preu de mer-

22. <http://www.emplazamientoatc.es/>. Com a exemple dels alts costos, el gener de 2007 s'ha aprovat la construcció d'un magatzem temporal a l'aire lliure dels residus de la central nuclear de Zorita (Guadalajara), que costarà 4,5 milions d'euros a l'empresa pública encarregada de la gestió dels residus radioactius, Enresa: http://www.elpais.com/articulo/sociedad/Gobierno/autoriza/primer/almacen/residuos/radioactivos/aire/libre/elpepusoc/20070131elpepisoc_2/Tes.

23. És a dir, tot i que els costos no disminueixin, si es produeix un encariment de les fonts convencionals com ara el petroli, o si s'inclouen els impactes ambientals a la avaluació de la viabilitat social d'aquestes fonts, les renovables esdevindrien competitives econòmicament.

24. Segons l'Associació de la Indústria Fotovoltaica (ASIF, 2006) el desembre de 2005 només hi havia connectats a la xarxa a l'Estat espanyol 38 MWp de potència fotovoltaica. Aquesta dada reflecteix, però, un fort creixement respecte el 2004 quan només hi havia 21 MWp.

cat. A més, s'hauria de crear una normativa que reguli la connexió a xarxa en mitjana tensió i millorar la connexió en baixa (Generalitat de Catalunya, 2006: 216-217).

Pel que fa als factors de caràcter tècnic, cal destacar l'escassetat relativa del silici (ASIF, 2005), matèria primera amb la qual es produeixen les cel·les fotovoltaïques de les plaques. Aquest problema ha provocat una escassetat de mòduls fotovoltaïcs respecte a la demanda. L'escassetat és conjuntural perquè el silici amb grau solar (amb una puresa del 99 %) representa només el 2 % del silici industrial, i el silici és un dels elements més abundants a la terra. El preu del silici solar ha passat de 25 \$/kg el 2004 a 40 \$/kg a finals de 2005 i s'espera que pugui arribar als 50 \$/kg. Això no obstant, un increment del 100 % en el preu del silici només afectaria en un 5 % al preu final de la instal·lació, en el cas que no es donessin millores productives. La situació es deu a l'augment de la demanda de mòduls fotovoltaïcs a escala mundial i per la manca de fàbriques de silici de grau solar que puguin atendre aquesta demanda creixent.

De fet, segons ASIF (2006) la producció de panells solars fotovoltaïcs al món el 2005 va ser de 1.815,7 MWp, dels quals l'Estat espanyol va produir només 70 MWp de cel·les fotovoltaïques gràcies a les plantes d'ISOFOTON i de BP Solar. Això va representar el 14 % de la producció europea, però només el 3,8 % mundial, molt lluny de potències com el Japó (46 %), Alemanya (19,1 %) o els Estats Units (9 %). La producció de 2005, que gairebé dobla la capacitat instal·lada al territori, va anar destinada majoritàriament al mercat d'exportació, reflectint el fort caràcter exterior d'aquest sector, que utilitza principalment tecnologia local. A Catalunya, cal destacar que l'empresa alemanya Aleo Solar acaba de posar en funcionament una planta de fabricació de mòduls fotovoltaïcs a Santa Maria de Palautordera, amb capacitat de producció de 10 MW anuals, la qual es dedicarà al mercat espanyol.²⁵

Si persisteix l'actual situació de capacitat productiva de mòduls fotovoltaïcs a l'Estat, es podria donar la paradoxa que per assolir el compliment dels objectius del PER (que requereixen una taxa de creixement anual de les noves instal·lacions del 55 %) l'Estat espanyol hagués d'importar mòduls fotovoltaïcs a partir de 2009. Per evitar-ho s'haurà d'augmentar la capacitat de producció, així com la de fabricació de silici. En aquest esforç per augmentar la capacitat de producció de mòduls s'han de mecanitzar més els processos de manera que les economies d'escala que una major producció implica, es traslladin en caigudes del cost dels mòduls, trencant l'actual tendència. De fet, l'augment de preus del silici els darrers dos anys ha fet que el cost dels mòduls s'hagi incremen-

tat. El sector ha reaccionat disminuint les necessitats de silici per MWp, fent més fines les oblees de silici que es munten als mòduls, i sense perdre eficiència. De fet, aquesta eficiència era del 15 % el 2005 i s'espera que arribi al 17,5 % el 2010, tal com es veu a la figura 24 (Macías, 2006).

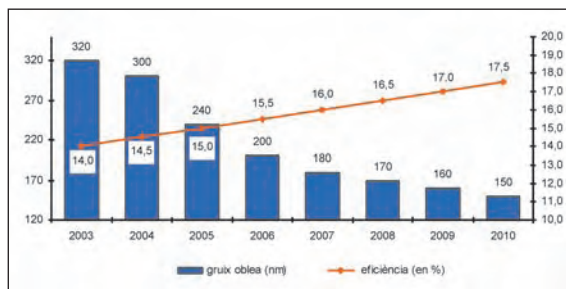


Fig. 24. Evolució de l'eficiència de les cel·les fotovoltaïques
Font: Macías 2006.

Segons ASIF (2006b), el retorn energètic d'una instal·lació fotovoltaïca (fabricació i muntatge) només és de 4,5 anys amb les tecnologies de 2005. El 2005 el mercat mundial ha estat d'uns 1.400 MWp amb un preu de 3,6 euros per Wp, de manera que el cost d'un kWh solar està encara entre els 0,3 i els 0,4 euros (depenent de si el grau d'insolació és de 1.000 hores pic o 1.350 hores pic). La corba d'aprenentatge ens diu que els costos baixen un 18 % cada cop que es dobla la producció i que això ha permès reduir els costos un 5 % l'any (figura 25). Tot i que es preveu una disminució del preu, hi ha el perill que hi interfereixi el ràpid creixement també de la demanda de productes electrònics, ja que tots dos tenen processos de producció comuns i una limitada capacitat d'adaptació a curt termini (segons el PER 2005-2010: 167).

L'actual situació del mercat del silici en grau solar obre perspectives de negoci en aquest sector que haurien de ser aprofitades. La taxa de creixement anual de les instal·lacions a escala mundial és del 40 %, dada que indica el dinamisme d'aquest sector (ASIF, 2006b). El sector fotovoltaïc preveu que el 2008 o 2009 la demanda de polisilici del sector serà superior per primer cop a la demanda de la indústria dels semiconductors i microelectrònica, tot i que aquesta continuarà pujant, per la qual cosa són necessàries inversions en aquest sector. Només per abastir la demanda europea el 2010 caldran 41.148 tones de polisilici, és a dir, un 36 % més que la producció total el 2005 (Macías, 2006). L'any 2015 s'espera que la demanda mundial sigui de 150.000 tones (ASIF, 2005). En aquest context qui controli la tecnologia de la purificació i el creixement de silici tindrà el control sobre el desenvolupament fotovoltaïc dels propers anys (ASIF, 2005).

25. Segons la revista *Energías Renovables*, la planta d'Aleo Solar a Santa Maria de Palautordera inicia l'activitat amb un contracte per subministrar 24.000 unitats a l'empresa espanyola Solartia (4 MW), per a un parc fotovoltaïc a Viana, Navarra, i ja té altres contractes amb empreses espanyoles. (<http://www.energiarenovables.com/paginas/ContenidoSecciones.asp?Id=10129>).

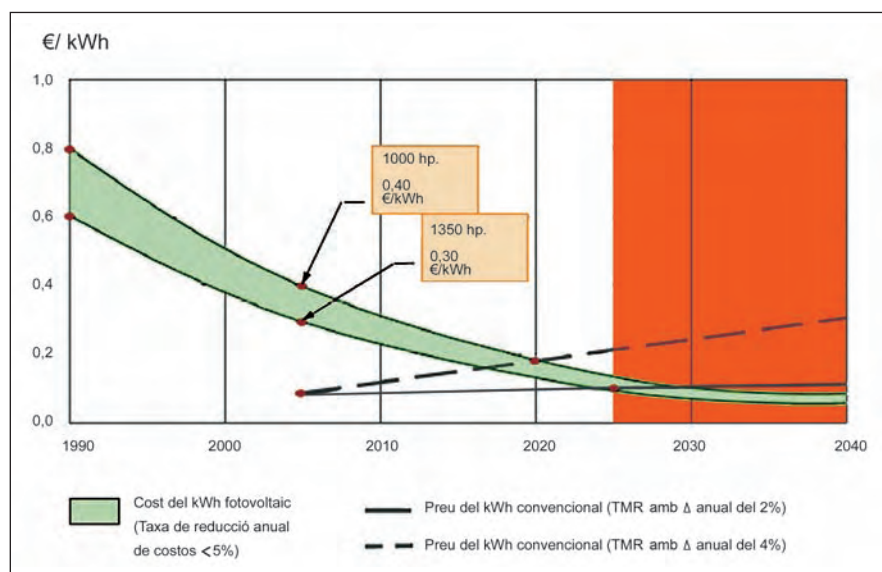


Fig. 25. Evolució del cost del kWh fotovoltaic

Font: Anta, 2006.

De fet, a l'estat només falta capacitat de purificació i creixement de silici per cobrir totes les fases per a la instal·lació de sistemes fotovoltaics. És previst que el 2007 hi hagi una planta de creixement (que passi del polisilici a les oblees que s'utilitzen per fabricar les cel·les), i el 2008 hi hagi una planta per a la purificació del silici (ASIF 2006b). Isofotón i Endesa Solar van anunciar el juliol de 2006 una acció conjunta per crear la primera planta de fabricació de polisilici a l'Estat espanyol a Los Barrios (Cadis), que comporta una inversió de 250 milions d'euros. La planta serà operativa a finals de 2008, fabricarà 2.500 tones de polisilici en grau fotovoltaic i crearà 340 llocs de treball.

L'escassetat de polisilici de grau solar té, per tant, una solució senzilla ja que existeix la tecnologia per a la purificació; només manca la voluntat política per fomentar aquest tipus d'inversió. Aquesta inversió permetrà afrontar els costos de generació elèctrica solar, i crearà ocupació en un sector amb bones perspectives de creixement de la demanda al món a curt i mitjà termini, que, a més, compta amb una taxa molt alta d'exportacions, per la qual cosa ajudaria d'alguna manera a *revertir* la dependència energètica del país. Catalunya hauria de tenir un paper fonamental en la indústria del sector i una manera de fer-ho és donant suport a les iniciatives en aquests sectors, és a dir, promovent la instal·lació de fàbriques tant de silici en grau solar com de plaques fotovoltaïques al nostre territori.

En relació amb la formació del personal del sector, el creixement futur de les instal·lacions, amb tecnologia pròpia o importada i produïdes aquí o fora de Catalunya, requerirà una mà d'obra preparada i qualificada tant per a les indústries del sector com en el cas dels instal·ladors

dels sistemes solars. La formació d'aquest personal, a més de millorar les seves possibilitats d'ocupació, ha de ser un incentiu per a la localització a Catalunya de les indústries del sector, especialment important pel desavantatge comparatiu que implica tenir un sol industrial dels més cars de l'Estat.

Finalment, la recerca tant pública com privada no es pot limitar a les perspectives de la tecnologia cristal·lina, sinó que s'ha d'obrir també a altres tecnologies bastant madures actualment com són les làmines fines (*thin film*), que tot i tenir eficiències més

baixes tenen un cost menor i un alt grau de flexibilitat, que permet moltes altres aplicacions, i els concentradors d'energia, particularment interessants per a les granges o horts solars. Cal incidir també en la necessitat d'un major suport institucional a la recerca en nous materials i en millora tecnològica.

En resum, Catalunya disposa del recurs (sol) i la tecnologia es troba a l'Estat però manca l'impuls polític i el suport suficient que permeti que la indústria fotovoltaica arrel·li a Catalunya i formi part clara de les opcions energètiques de futur, amb els efectes positius de la creació de llocs de treball, del foment de les exportacions i de la seva contribució al canvi de model energètic que necessita el país.

2.5.4.2. L'energia solar tèrmica

L'energia solar tèrmica té un potencial enorme d'utilització al nostre territori, més clar encara que en el cas de la solar fotovoltaica. Les possibles aplicacions van des de les instal·lacions de baixa temperatura per a l'escalfament de l'aigua calenta sanitària (ACS) o per a la calefacció amb terra radiant, a les aplicacions industrials basades en col·lectors de buit que poden servir tant per les necessitats de calor com per a la refrigeració solar per absorció. El principal avantatge respecte la solar fotovoltaica és que es tracta d'una tecnologia molt més madura i amb més presència a Catalunya, tot i que encara les empreses que s'hi dediquen són d'una dimensió molt reduïda que no aprofita economies d'escala per fer més econòmics els components.

L'any 2004 hi havia a Catalunya 82.358 m², gairebé un 12 % del total de l'Estat espanyol,²⁶ que era de 700.433 m². Les previsions del PER per a Catalunya són

de 571.881 m² instal·lats el 2010, la qual cosa implica multiplicar gairebé per set la superfície del 2004, però l'objectiu del PEC és encara més ambiciós i arriba als 730.000 m² el 2010 i 1.250.000 m² el 2015 (Generalitat de Catalunya 2006: 209), tot i que es reconeix que el potencial és al voltant dels 2,5 milions de m² (p. 213). Això vol dir que Catalunya necessita que el sector creixi a una taxa anual del 38 %. Com ja s'ha comentat anteriorment, l'aplicació del Decret català d'ecoeficiència als edificis i el nou codi tècnic de l'edificació²⁷ donarà un impuls molt fort a les instal·lacions d'aquest tipus, tot i que el sector encara posa en dubte si serà suficient.²⁸ Segons l'Associació Solar de la Indústria Tèrmica, ASIT (2006), Europa és líder d'aquesta tecnologia, però només representa un 9 % del mercat mundial. El mercat espanyol ha crescut entre 1998 i 2004 un 15 % anual, però caldran creixements molt més forts per assolir els objectius del PER.

Pel que fa a l'oferta, com en el cas fotovoltaic, calen inversions per augmentar la capacitat de producció de col·lectors solars. Per exemple, el 2005 es van produir a Espanya 159.000 m² de col·lectors solars, i es van instal·lar uns 150.000 m², fet que posa de manifest la poca capacitat de resposta que té actualment el sector davant d'increments de la demanda que certament es produiran. Aquesta producció estava controlada per dotze empreses dedicades a la fabricació de col·lectors solars, cap d'elles amb seu a Catalunya. Segons el PER (Ministeri d'Indústria, 2005) aquesta producció està poc mecanitzada i es fa a factories petites, per la qual cosa hi ha un enorme marge d'actuació per millorar la productivitat i la competitivitat. La innovació s'ha de dirigir, doncs, a assolir majors nivells d'automatització per reduir costos, però també al foment d'altres aplicacions com ara la refrigeració per absorció i la dessalinització.

Les dificultats principals que afronta el sector són econòmiques, lligades a l'eficiència en la conversió de l'energia i el cost de les instal·lacions. L'elevat cost inicial no afavoreix que el sector residencial faci seva aquesta tecnologia, tot i que a mitjà termini és rendible també en instal·lacions familiars. El sector també identifica un problema de manca d'homogeneïtzació i garantia de qualitat de les instal·lacions (Ministeri d'Indústria, 2005), per la qual cosa ASIT evidencia la necessitat de millorar la qualificació dels instal·ladors en previsió de l'augment de càrrega de treball. Una altra barrera, aquesta amb possibilitats de ser solucionada per l'acció pública, és la man-

ca de coneixement per part del gran públic dels grans avantatges d'aquest tipus de tecnologia.

Finalment, s'ha de tenir en compte que amb el nou marc legislatiu i de retribució de les energies renovables s'espera que es potenciï l'energia solar termoelèctrica, que, com ha passat amb l'eòlica, podria tenir en les empreses generadores i distribuïdores d'electricitat les seves grans valedores a mitjà termini. De fet, la revisió del Reial decret 436/2004 recull establir un sistema de primes que garanteixi una rendibilitat mitjana del 8 % si el productor opta per la tarifa regulada.

En conclusió, com en el cas anterior, Catalunya es troba en una situació favorable per esdevenir un centre tant de recerca, com de producció i d'aplicacions de l'energia solar tèrmica, si tant l'Administració com el món privat fan l'esforç conjunt d'invertir en aquest sector amb una gran perspectiva de creixement. Si es deixa escapar aquesta oportunitat ens veurem, en el millor dels casos, comprant els equips a altres zones de l'Estat o a l'estranger per mirar de complir els compromisos del Pla de l'energia de Catalunya.

2.5.4.3. L'energia eòlica

L'energia eòlica és la tecnologia de generació renovable més madura que hi ha al mercat, fet que explica la seva recent evolució a l'Estat, que és la segona potència mundial darrere d'Alemanya. Com hem vist, la potència instal·lada a Espanya era de 10.028 MW a finals del 2005, i a Catalunya només de 143,87 MW o un 1,43 % del total,²⁹ dada que demostra que Catalunya s'està quedant una mica enrere en el creixement de l'eòlica al conjunt de l'Estat. Aquesta potència instal·lada a l'Estat espanyol representa un 12,86 % del total del sistema elèctric, que ja és superior a l'energia nuclear, i la generació de 20.236 GWh el 2005 va superar la hidràulica (AEE, 2006). A més a més, les previsions del PER són arribar a una potència instal·lada de 20.155 MW el 2010 i una producció de 45.500 GWh. Això implicarà que entre la hidràulica i l'eòlica se subministraran un 30 % de l'electricitat (Ministeri d'Indústria, 2005).

El mercat de generació eòlica a l'Estat està dominat per Iberdrola amb un 32,51 % de la potència instal·lada, seguida d'Acciona (10,47 %) i d'Endesa (8,66 %), com es pot veure a la figura 26.

26. A finals de 2005 a l'Estat espanyol hi havia 795.500 m² de col·lectors solars instal·lats, un 16,23 % del que el PER estableix com a objectiu per al 2010 (4.900.000 m²).

27. Decret 21/2006, de 14 de febrer, pel qual es regula l'adopció de criteris ambientals i d'ecoeficiència en els edificis i Reial decret 314/2006, de 17 de març, disponible al web del Ministeri de l'Habitatge: http://www.mviv.es/es/index.php?option=com_content&task=view&id=552&Itemid=226.

28. L'Associació Solar de la Indústria Tèrmica, ASIT (2006) estima que les ordenances solars que molts municipis apliquen i el nou codi tècnic d'edificació poden ajudar a assolir el 56 % dels objectius del PER, però encara s'ha de veure si la resta es podrà assolir només amb la iniciativa privada.

29. Amb dades de l'Associació Empresarial Eòlica: http://www.aeeolica.org/html/datos_potencia_2005.html.

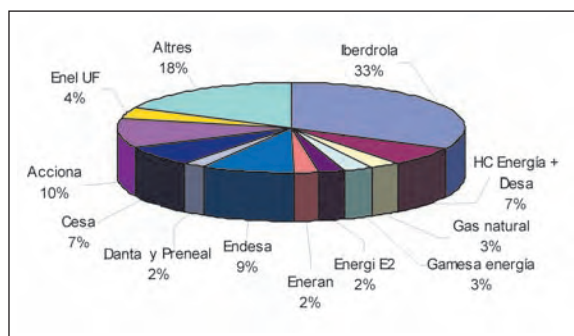


Fig. 26. Empreses del sector eòlic a l'Estat espanyol (finals de 2005)

Font: Elaboració pròpia a partir de les dades d'AEE, 2006: 47.

Com hem vist, la situació actual està molt lluny dels objectius tant estatals com catalans, i això es deu a múltiples causes, entre les quals destaca, segons el PER (Ministeri d'Indústria, 2005), la manca de noves infraestructures d'evacuació de l'electricitat produïda especialment en zones aïllades o en àrees properes a xarxes saturades. En aquest sentit també es manifesta el PEC (Generalitat de Catalunya 2006: 244), que proposa com a alternativa a la manca d'acció per part de Red Eléctrica millorar la connexió amb xarxes de transport amb la resta de l'Estat i amb França per poder donar sortida a la producció excedentària en les hores de menys consum (*hores vall*). El mateix IDAE en el PER (Ministeri d'Indústria, 2005) va indicar la necessitat d'actualitzar l'obsoleta (sic!) normativa de connexió, accés a la xarxa i les condicions d'operació que estan en vigor des de 1985, i que el mateix PER estableix com a objectiu.

Un altre factor que ha dificultat un major desenvolupament de l'energia eòlica és la incertesa sobre quina serà la situació de les primes un cop s'assoleixi el llindar que el Reial decret 436/2004 estableix per a la seva revisió. Com ja hem comentat, actualment s'està duent a terme la revisió del decret, que garanteix un sistema de primes flexibles en funció del preu de mercat de l'electricitat amb l'objectiu d'ajudar a assolir els objectius marcats al PER. Aquestes primes es revisaran el 2010. D'altra banda, és previsible que l'expansió de l'eòlica tindrà lloc al mar, així que s'ha de fer una regulació específica per a aquestes instal·lacions que seran en aigües de domini públic. Aquest subsector d'eòlica marina no evoluciona tan ràpidament com s'esperava perquè l'Administració demana al productor la predicció de producció, quan aquesta és més difícil que a terra ja que no es disposa de tants mesuraments, per la qual cosa manca que hi hagi més recerca en aquest àmbit.

Finalment, encara no s'ha transposat la legislació europea que estableix l'obligatorietat per part dels distribuïdors d'especificar l'origen del mix energètic de l'electricitat

que arriba al consumidor (Directiva 2003/54/EC), de tal manera que aquest pugui escollir lliurement quin tipus d'energia utilitza. Això permetria que el consumidor pogués impulsar el desenvolupament d'energies renovables si escull l'opció de subministrament que li ofereixi una major proporció de renovables al mix.

Tot i aquestes limitacions es tracta d'un mercat madur quant a la generació i la distribució d'electricitat d'origen eòlic, però també des del punt de vista tecnològic de fabricació dels aerogeneradors. El 2004 (Ministeri d'Indústria, 2005), el 100 % de la potència que es va instal·lar va ser produïda a l'Estat espanyol i el 70 % era tecnologia domèstica, fet que demostra la capacitat que hi ha en aquest sector i que Catalunya hauria d'aprofitar per fomentar que s'establís al nostre territori.

Així, quant a la producció dels aerogeneradors, el sector és capaç de fabricar maquinària per a 2.500 MW l'any i dona feina a 31.500 persones. El 2005, Gamesa comptà amb una gran quota de mercat amb el 42,96 % de la producció, seguida d'Ecotècnia (19,82 %) i Vestas (14,82%). Pel que fa a la potència total acumulada, Gamesa té un 62,10 % del total, seguida de Vestas (12,91 %) i d'Ecotècnia (8,45 %). En l'àmbit mundial, Vestas continua com a líder, amb Gamesa com a tercera empresa i Ecotècnia com a desena. La indústria compta amb més de 30 factories d'aerogeneradors, torres, pales, de muntatge, components, etc. (AEE, 2006), de les quals només n'hi ha una de components a Catalunya.

Pel que fa als costos, segons l'Associació Empresarial Eòlica (AEE, 2006) el 2005 el cost per MW instal·lat va ser d'1.150.000 euros, tot i que el Ministeri d'Indústria al PER doni valors inferiors als 1.000 euros per kW, com hem vist a la secció 2.4.3. Aquest cost tendirà a créixer per l'augment en el preu de les matèries primeres, especialment l'acer, però també per l'increment de preus de llicències d'ocupació del terreny i pels costos d'interconnexió, que cada cop més es fa amb xarxes de transport i no de distribució. El reforçament de les infraestructures a Catalunya es considera primordial per garantir l'expansió de l'energia eòlica (AEE, 2006). La innovació empresarial s'està dirigint cap a la millora de la qualitat de l'energia vessada a la xarxa, a la fabricació d'aerogeneradors de més de 2 MW de potència nominal, i la fabricació d'aerogeneradors capaços d'operar al mar.

2.6. El cas particular del biodièsel: anàlisi dels impactes dels objectius per al biodièsel a Catalunya³⁰

2.6.1. Introducció

Els biocombustibles estan tenint un paper important a les polítiques energètiques tant en l'àmbit europeu com a les polítiques nacionals i autonòmiques. L'any 2003 la Unió Europea va publicar una directiva³¹ que establí que l'any 2005 un 2 % de tota l'energia usada en el sector del transport, i el 5,75 % l'any 2010, havia de provenir de biocombustibles. El 2005 no s'ha arribat a l'objectiu (ara estem aproximadament al 0,8 %), però s'estan portant a terme mesures a tot Europa per incentivar l'ús de biocombustibles. El Pla de l'energia de Catalunya (PEC) preveu augmentar la producció de biocombustibles des de les 25.300 tep el 2003 a 844.100 tep el 2015, la qual cosa significaria un 13 % de l'energia destinada al transport.

No obstant això, els biocombustibles encara no són competitius per si mateixos respecte dels combustibles fòssils. Perquè ho siguin necessiten que l'Estat els doni suport. A Catalunya, els biocombustibles són incentivats de tres maneres: 1) subsidis agrícoles atorgats per la Unió Europea en el marc de la política agrària comuna (45 €/ha, més la possibilitat de conrear biocombustibles a les terres que estan en guaret, anomenades *set-aside*³²); 2) desfiscalització total; 3) ús de biodièsel en projectes pilot per empreses de transport públic, com per exemple CTSA Mataró Bus i TMB de Barcelona.

Aquest estudi pretén mostrar quines són les conseqüències per a diverses variables de tres escenaris hipotètics de compliment dels objectius del PEC en matèria de biocombustibles, en particular, en el cas del biodièsel. Per a això, es portarà a terme una anàlisi integrada tenint en compte els impactes més importants de la producció a gran escala de biodièsel, juntament amb els seus beneficis en termes de reducció de gasos amb efecte d'hivernacle, contaminació urbana i impuls al desenvolupament rural.

2.6.2. Biocombustibles i biodièsel a Catalunya

El 79 % de l'energia utilitzada a Europa prové de combustibles fòssils (segons dades d'Eurostat per a l'any 2002). Aquests són els principals responsables del canvi climàtic, àmpliament reconegut com un dels problemes ambientals més preocupants a escala global i, a més a

més, generen també greus problemes de contaminació en l'àmbit local, que poden tenir efectes sobre la salut humana. D'altra banda, l'ús de combustibles fòssils fa que Europa depengui molt de l'exterior, ja que la majoria són importats d'altres regions: el 48 % de les necessitats energètiques primàries europees es cobreixen amb importacions. Europa és, doncs, molt vulnerable davant les variacions de preu dels combustibles fòssils. Un altre problema relacionat amb l'ús de combustibles fòssils és la seva escassetat, ja que es tracta de recursos destinats a exhaurir-se en un futur no massa llunyà.

En aquest context, la recerca de fonts d'energia alternatives és molt important. Diversos autors indiquen els biocombustibles com a possible alternativa als combustibles fòssils per al sector del transport (que el 2005 va significar el 37,7 % del consum final d'energia a Catalunya). Tant en l'àmbit europeu com espanyol es promou l'ús de biocombustibles i se n'ha previst un progressiu augment de l'ús en els propers anys. De fet, la Directiva 2003/30/CE estableix que l'any 2010 el 5,75 % de l'energia utilitzada al sector del transport provingui dels biocombustibles. La nova estratègia energètica europea, presentada el mes de gener de 2007,³³ proposa que els biocarburants han de representar almenys el 10 % del combustible per a vehicles l'any 2020. Són objectius molt ambiciosos, ja que, com hem dit, encara no s'ha assolit l'1 % a tot Europa, però a Catalunya el Pla de l'energia de Catalunya planteja objectius encara més alts (que el biodièsel sigui el 12 % del combustible per a transport l'any 2015).

L'argument principal que justifica les polítiques a favor dels biocombustibles es basa que aquests no augmenten la presència de CO₂ a l'atmosfera, ja que el CO₂ que desprenen en la fase de combustió és la que han absorbit en la fase de creixement de les plantes que s'usen per produir-los. A més a més, l'ús de biocombustibles en lloc dels combustibles fòssils resoluria en part el problema d'escassetat de matèria primera i de dependència energètica. Finalment, un sector energètic basat en la biomassa crearia ocupació i afavoriria el desenvolupament rural. No obstant això, han aparegut algunes veus crítiques davant el desenvolupament a gran escala dels biocombustibles, que dubten que puguin resoldre les necessitats de combustibles actuals i futures per al transport (Giampietro *et al.*, 1997; Ulgiati, 2001; Giampietro i Ulgiati, 2005). En aquest capítol analitzarem els efectes tant positius com negatius del compliment dels objectius del PEC en matèria de biocombustibles.

30. Autora: Daniela Russi.

31. Directiva 2003/30/EC del Parlament Europeu i del Consell, de 8 de maig de 2003, *La promoció de l'ús de biocombustibles i altres combustibles renovables per al transport*.

32. Terres retirades de la producció per no incórrer en sobreproducció d'aliments. Els propietaris cobren per no conrear-les.

33. Comunicació de la Comissió al Consell Europeu i al Parlament Europeu. *Una política energètica per a Europa* (COM(2007) 1 final; Brussel·les, 10.1.2007).

Els dos biocombustibles més usats són el bioetanol i el biodièsel. El primer s'obté a través d'un procés de fermentació i destil·lació a partir de plantes sucreres (canya de sucre, remolatxa) i plantes amb un alt contingut de midó (blat de moro, cereals). També s'està posant a punt una tecnologia per obtenir bioetanol de biomassa lignocel·lulòsica (fusta), que s'espera que tingui rendiments més alts que el bioetanol tradicional, però que encara necessita més recerca (biocombustibles de segona generació).

El biodièsel deriva de llavors oleaginoses (majoritàriament colza, gira-sol i soja), que s'assequen, es couen, es molen i es premsen per obtenir oli vegetal. A l'oli vegetal s'afegeix un alcohol (en general metanol, que s'obté principalment del gas natural i és el més barat) en un procés anomenat transesterificació (figura 27). Per cada 100 kg de biodièsel es necessiten 11 kg de metanol. El resultat són 100 kg de biodièsel i 11 kg de glicerina, que pot ser usada en diversos processos industrials (APPA & PricewaterhouseCoopers, 2005). En lloc d'oli vegetal també es pot fer servir oli usat, amb el doble avantatge de reduir la contaminació produïda per la disposició de l'oli usat i reduir la necessitat de matèries primeres per a la producció de biodièsel.

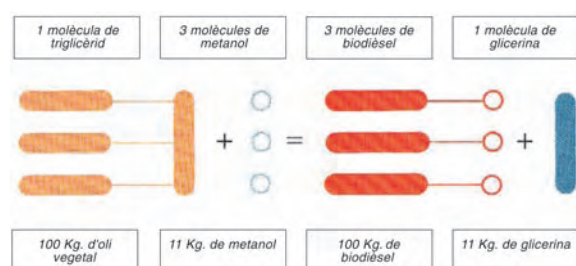


Fig. 27. La transesterificació

Font: Rocchetta, 1992.

El bioetanol substitueix la gasolina, mentre que el biodièsel té característiques tècniques molt semblants al gasoil. Cap d'ells no pot ser usat de forma pura en motors dissenyats per a combustibles fòssils, però si es barregen en baixos percentatges no requereixen modificacions tècniques. De fet, la Directiva europea 2003/17/EC estableix que el combustible venut a les gasolineres pot contenir un màxim del 5 % de bioetanol, 15 % d'etilèrbutil èter (ETBE), una barreja de bioetanol i isobutillè, i 5 % de biodièsel. Si el biocombustible es barreja en un percentatge superior, ha de tenir una etiqueta pròpia. Als Estats Units i al Brasil es comercialitza I85, una barreja de bioetanol

Nom	Percentatge biodièsel	Percentatge gasoil
BIO 100	100	0
BIO 70	70	30
BIO 50	50	50
BIO 30	30	70
BIO 10	10	90

Taula 9. Mescles més usades de biodièsel

Font: <http://www.petromiralles.com/Biodièsel/MercatBio.htm>.

al 85 % i gasolina. Les mescles de biodièsel més usades són les que apareixen a la taula 9.

Actualment a Catalunya es produeix més bioetanol que biodièsel, encara que el consum de gasoil és major que el de benzina. L'Estat espanyol produeix gairebé la meitat de tot el bioetanol europeu (His, 2004).

El PEC (Generalitat de Catalunya, 2006) preveu augmentar la producció de biodièsel en un percentatge que oscil·la entre el 45 i el 51 % a l'any. D'altra banda, segons el mateix PEC la producció de bioetanol augmentarà en l'escenari més optimista un 9,4 % anual (escenari IER), mentre que en l'escenari més pessimista fins i tot disminuirà una mica. La taula 10 mostra les previsions del PEC sobre el consum dels diferents combustibles per al transport.

	2003	%	2015, escenari IER	%	Taxa de variació interanual
Benzina	1.402,1	24	824,8	13	-4,3 %
Gasoil	3.506,7	61	3.579,6	56	0,2 %
Querosè ³⁵	741,2	12,9	961,6	15	2,2 %
GLP ³⁶	1,8	0,03	0,8	0,01	-6,3 %
Gas natural	3,4	0,1	19,2	0,3	15,6 %
Electricitat	63,6	1	135,1	2	6,5 %
Bioetanol	19,9	0,3	58,7	1	9,4 %

Taula 10. L'ús d'energia en el sector del transport (milers de tep)³⁴

Font: Pla de l'energia de Catalunya (Generalitat de Catalunya, 2006).

Segons aquestes previsions, el biodièsel passarà de ser el 0,1 % del consum d'energia per al transport a cobrir des del 3 %, si no es porten a terme polítiques de promoció, al 12 % del total si es prenen les mesures del PEC (escenari IER), mentre que el bioetanol no arribarà a l'1 % en cap de tots dos escenaris.

34. Segons l'escenari IER del Pla de l'energia de Catalunya 2006-2015 (Generalitat de Catalunya, 2006). L'escenari IER és el resultat d'aplicar les mesures en estalvi energètic, eficiència i suport a les renovables previstes al Pla.

35. El querosè és un destil·lat del petroli, amb densitat intermèdia entre el gasoil i el dièsel. Es pot utilitzar com a combustible en els motors a reacció i turbina de gas, o s'afegeix al dièsel.

36. El gas líquid de petroli (GPL) és un combustible líquid que s'obté durant el procés de refinament del petroli, i s'usa com a combustible per al transport.

Per tant, en aquest informe ens ocuparem només del biodièsel, encara que moltes de les conclusions que traurem es poden estendre també al bioetanol. A més a més, com es pot observar a la taula 10, Catalunya consumeix dues vegades més gasoil (que pot ser barrejat amb biodièsel) que gasolina (que pot ser barrejada amb bioetanol). Una altra raó per privilegiar el biodièsel és que el gasoil és més abundant i consegüentment més barat: el procés de refinament del petroli cru produeix una fracció aproximadament del 21,5 % de gasoil i només el 13,5 % de gasolina (USES, 1980).

Producció de biodièsel a Catalunya i a l'Estat espanyol³⁷

A l'Estat espanyol es produeixen 426.000 tones (381.538 tep³⁸) de biodièsel l'any en set plantes. Actualment hi ha 11 plantes més en construcció, que produiran en total 586.000 tones anuals (524.839 tep), i n'hi ha planificades set més, amb una producció anual prevista de 746.000 tones (668.139 tep).

A Catalunya es produeix una cinquena part de tot el biodièsel espanyol en dues plantes. La primera és Estoc del Vallès (situada al municipi de Montmeló, Barcelona), que va ser la primera de l'Estat espanyol i és la segona planta d'Europa i tercera en el món en producció de biodièsel només amb olis usats. Produeix 31.000 tones de biodièsel anuals (27.765 tep). La segona és BioNet Europa, situada a Reus, que produeix 50.000 tones de biodièsel anuals (44.781 tep) fent servir tant oli usat de fregits com oli vegetal de primer ús, que processa l'empresa REAGRA. Una altra empresa, Transportes Ceferino Martínez, construirà una altra planta a Girona i produirà 5.000 tones de biodièsel (4.478 tep)³⁹. Les matèries primeres que s'usen a Catalunya per a produir biodièsel són sobretot olis usats, i en part olis vegetals obtinguts a partir de cultius energètics, gairebé tots importats.⁴⁰

Evidentment la producció actual no és suficient per arribar a les 785.000 tep (al voltant de 877.000 tones) establertes com a objectiu pel PEC. Per això, si es vol assolir aquest objectiu caldrà implementar unes polítiques que

permetin obtenir el biodièsel necessari. A continuació s'analitzen possibles alternatives d'actuació. El PEC ja preveu que no es podrà arribar a l'objectiu establert només amb olis vegetals produïts a Catalunya, i que part de la matèria primera necessària s'haurà d'importar.⁴¹

2.6.3. Avaluació dels impactes de l'aplicació dels objectius del biodièsel

2.6.3.1. Requeriments de sòl de cultiu i d'importació d'aliments

Amb la finalitat d'avaluar la producció a gran escala de biodièsel veurem quines serien les conseqüències d'arribar als objectius establerts pel PEC (Escenari IER). En l'Escenari IER el biodièsel passaria de 5.000 tep (el 0,1 % de l'ús d'energia per a transport) a 785.000 tep (12% de l'ús d'energia en el sector de transport). Això significa que es pretén substituir un 18 % del gasoil per biodièsel. En aquest apartat analitzarem els recursos necessaris per assolir aquests objectius a Catalunya, concretament analitzarem quins serien els requeriments en termes de superfície de sòl agrícola, aigua i fertilitzants.

Per poder fer els càlculs cal establir uns supòsits de partida, que en general seran molt favorables al biodièsel. Amb això es vol posar de manifest que si fins i tot en aquesta situació favorable els desavantatges superen els avantatges, no s'hauria d'incentivar la producció a gran escala de cultius energètics per a biodièsel. Els supòsits que es consideren són els següents:

- 1) El biodièsel seria produït amb gira-sol, la llavor oleaginosa més usada a Catalunya i l'Estat espanyol⁴² amb diferència. De fet, la colza, que és la que s'utilitza més a nivell europeu per a la producció de biodièsel necessita climes més freds.
- 2) Els rendiments agrícoles de gira-sol serien 1,3 tones per hectàrea.⁴³
- 3) El contingut d'oli a les llavors de gira-sol seria de 42 %.⁴⁴
- 4) La producció de llavors oleaginoses per a biodièsel es faria amb mètodes d'agricultura intensiva, que impli-

37. Les informacions d'aquesta secció es basen en les dades de l'Associació Catalana del Biodièsel (<http://www.acbiodiesel.net>).

38. 1 tona de biodièsel equival a 0,9 tep.

39. Segons l'informe de l'Associació Biocombustibles, disponible a: <http://www.biocombustibles>.

40. <http://news.soliclima.com/modules.php?name=Content&pa=showpage&pid=99>.

41. Segons reconeix el Pla de l'energia de Catalunya 2006-2015, (Generalitat de Catalunya, 2006), p. 234: "En la mesura que sigui possible, aquestes plantes tindran com a matèria primera olis vegetals produïts a Catalunya mitjançant el desenvolupament de cultius energètics, però atès que el potencial realitzable a Catalunya no és suficient, caldrà iniciar la recerca de matèria primera en els mercats internacionals de comercialització d'olis o de llavors d'oleaginoses per tal d'assolir els objectius establerts".

42. El gira-sol constitueix el 65 % dels cultius industrials a Catalunya (*Anuari Estadístic de Catalunya*, 2004) i el 99 % dels cultius industrials en l'Estat espanyol (*Anuari d'Estadística Agroalimentària d'Espanya*, 2004), mesurat en termes d'hectàrees. Els cultius industrials inclouen el cotó, el lli, el cànem, el cacauet, el gira-sol, el cànem, la soja i la colza.

43. Aquesta dada s'obté fent una mitjana ponderada entre el rendiment del gira-sol de secà (que ocupa el 60 % de tota la terra dedicada al gira-sol) i de regadiu (40 % de la terra) a Catalunya. El rendiment en terra de secà a Catalunya és 0,8 t/ha i en regadiu és 2 t/ha (*Anuario de Estadística Agroalimentaria*, 2003). Es nota, doncs, un vincle entre el rendiment i el rec: si es vol augmentar el rendiment s'han de regar les plantes de gira-sol. En un context d'escassetat on es vulgui o s'hagi d'estalviar l'aigua, els rendiments seran més baixos.

44. Venturi i Venturi (2003) indiquen un contingut d'oli de 40-48% en el gira-sol. Bona *et al.* (1999) usa un valor de 40%. Aquí prenem un valor mitjà entre aquests.

- ca l'ús de fertilitzants, pesticides i maquinària. Si no fos així el rendiment seria encara més baix, i tant el cost com el requeriment de terra serien inacceptables.
- 5) El biodièsel es produiria a Catalunya, important tot l'oli vegetal necessari per a la seva producció o aportant-ne una part de Catalunya.
 - 6) La matèria primera del biodièsel que no es produeix a Catalunya s'importaria ja en forma d'oli vegetal i no de llavors oleaginoses (de fet, així es necessitaria un menor ús d'energia per al transport).
 - 7) L'oli vegetal vindria d'Andalusia, la comunitat autònoma major productora de gira-sol de l'Estat espanyol (47 % de la producció total; els altres grans productors són Castella-Lleó [22 %] i Castella-La Manxa [19 %]).⁴⁵ Atès que és difícil preveure l'origen de les importacions de gira-sol, en l'òptica d'escollir supòsits favorables al biodièsel s'ha escollit un lloc proper en lloc d'una importació d'altres països, de manera que el requeriment energètic per al transport de l'oli vegetal resulta més baix.
 - 8) Els gira-sols a Andalusia no substituirien altres cultius, sinó que serien conreats en terres que ara estan abandonades o no estan conreades.⁴⁶
 - 9) Els tortons que s'obtenen com a subproducte del procés de premsa de les llavors oleaginoses, s'utilitzarien per a substituir el farratge que d'aquesta manera no es produiria a Catalunya. Aquest supòsit és molt favorable al biodièsel ja que redueix el requeriment de terra. És un supòsit molt optimista, ja que és improbable que els ramaders acceptessin usar una quantitat tan gran de tortons.

Com hem vist, una part del biodièsel es produeix a partir d'olis vegetals usats (oli de cuina). Com que estem fent els supòsits més favorables al biodièsel, assumim que l'oli usat serà suficient per obtenir els 194.000 tep de biodièsel de l'Escenari Base l'any 2015 (com hem dit abans, actualment ja es produeixen 72.546 tep i es preveu produir-ne 5.000 tep més en una nova planta). No obstant això, per arribar als objectius de l'Escenari IER necessitaríem encara [785.000-194.000=592.000 tep], és a dir, 661.000 tones de biodièsel. La demanda de biodièsel que excedeix la producció actual provindria probablement

de cultius específics d'oleaginoses. De fet, la recollida de l'oli usat és un procés amb costos alts i sembla improbable que pugui créixer massa. Tot i així, actualment la recollida d'olis de cuina usats arriba sobretot als establiments de restauració, però hi ha un gran potencial d'ampliació de recollida dels olis domèstics. Cal tenir en compte que la recollida i el reciclatge d'olis usats presenta grans avantatges també en relació amb la reducció de la contaminació de les aigües residuals i una menor dificultat (i menor cost) de depuració. Així, caldria incentivar encara més la generació de biodièsel partint d'aquests olis recuperats.

Com a conseqüència, i d'acord amb els supòsits anteriors, es necessitarien 1,6 milions de tones de llavors oleaginoses, que, considerant un rendiment d'1,3 tones de gira-sol per hectàrea, requeririen 1,2 milions d'hectàrees per al seu cultiu, com es mostra a la taula 11.

	Objectiu biodièsel (tep)	Quantitat de biodièsel (tones)	Llavors oleaginoses (tones)	Requeriment de terra (hectàrees)
Escenari IER 2015	592.000	661.000	1.573.000	1.210.000

Taula 11. Requeriment de llavors oleaginoses i de terra per assolir els objectius del PEC

Si comparem aquests resultats amb l'estructura d'usos del sòl actual a Catalunya, que es mostra a la taula 12, és fàcil observar que per satisfer el 12 % de la demanda d'energia del transport, és a dir, al voltant del 4 % del consum d'energia final,⁴⁷ caldria el 131 % de la terra usada actualment per l'agricultura a Catalunya o el 38 % de tot el territori català. És a dir, caldria augmentar la superfície de terra cultivable i, a més a més, amb regadiu i agricultura intensiva (amb un major consum d'aigua, fertilitzants i pesticides).

Evidentment, a Catalunya no hi ha tanta superfície de terra cultivable disponible. Per això, és molt probable que per tal d'assolir els objectius del PEC bona part de la matèria primera s'hagin d'importar, en forma de llavors o d'oli vegetal.

Superfície forestal			Sense Vegetació	Conreus		Urbà i altres	Total	Cultius biodièsel
Bosc	Bosquines	Altres		Secà	Regadiu			
937.784	472.514	490.208	175.775	660.149	261.768	209.844	3.208.042	1.210.000
29 %	15 %	15 %	5 %	21 %	8 %	7 %	100 %	38 %

Taula 12. Usos del sòl a Catalunya, 2004 (hectàrees), i superfície necessària per al cultiu d'oleaginoses per a biodièsel (total de la demanda prevista el 2015)

Font: Anuari Estadístic de Catalunya (IDESCAT, 2005).

45. Font: *Anuario de Estadística Agroalimentaria*, 2003.

46. Aquest supòsit és molt optimista, ja que és improbable que a Andalusia es dediquessin entre 600.000 i 1.200.000 d'hectàrees a produir gira-sols per obtenir oli vegetal per exportar a Catalunya.

47. El consum d'energia total és 20.105 milers de tep en l'Escenari Base i 17.968 milers de tep en l'Escenari IER. Com hem dit abans, el 2005 el consum d'energia per a transport va constituir el 37,7% de l'energia final.

Nom	Descripció	Augment de la producció de biodièsel (103 tep any)	Requeriment sup. de terra a Catalunya (103 ha)	Percentatge de terra conreada	Percentatge de territori català
IERimp	Es compleix escenari IER, amb oli de llavors importades	592	0	0	0
IERdom_0,25	Es compleix escenari IER, amb llavors conreades a Catalunya (25 %) i oli vegetal importat (75 %) ⁴⁹	592	302	33	9
IERdom_0,5	Es compleix escenari IER amb llavors conreades a Catalunya (50 %) i oli vegetal importat (50 %)	592	605	66	19

Taula 13. Alternatives considerades en l'anàlisi**Font:** elaboració pròpia.

Si prenem com a hipòtesi que l'oli vegetal s'importa d'Andalusia, i no de països estrangers (tot i que, com s'ha explicat abans aquest és un supòsit molt optimista i, a més a més, poc realista), això vol dir que es necessitarien a tot l'Estat espanyol al voltant d'1,2 milions d'hectàrees per arribar a l'objectiu establert pel PEC. Aquesta és una superfície molt elevada si pensem que l'any 2005 es van dedicar als cultius energètics només 0,2 milions d'hectàrees a tot l'Estat, i que s'està parlant de la possibilitat d'arribar a 1,5 milions d'hectàrees, a través d'un seguit de mesures a favor dels agricultors. Catalunya per si mateixa absorbiria gairebé tota la matèria primera produïda a l'Estat espanyol.⁴⁸ Si consideréssim que les llavors o l'oli vegetal s'importen de l'estranger (països d'Amèrica llatina o d'Àsia), obtindríem resultats més negatius dels que s'obtenen aquí, ja que s'hauria de tenir en compte llargs distàncies de transport.

En aquesta anàlisi farem tres hipòtesis: a la primera, que anomenarem IERimp, Catalunya importaria l'equivalent en oli de totes les llavors necessàries; a les altres, IERdom_0,25 i IERdom_0,5 es cultivarien a Catalunya respectivament una quarta part i la meitat de les llavors i s'importaria la resta (taula 13). No és imaginable que la proporció de llavors conreades a Catalunya creixi molt més, a causa de limitacions d'espai, com es veurà a la secció següent.

Com es pot observar a la taula 13, el cultiu de part dels gira-sols necessaris per arribar a l'objectiu del PEC implicaria un enorme ús de superfície de terra cultivada. Si es decidís conrear a Catalunya només una quarta part de les oleaginoses necessàries, s'hauria d'ocupar gairebé una tercera part del sòl agrícola català i un 9 % de tot el territori. Conrear la meitat dels gira-sols necessaris implicaria utilitzar més de la meitat de la terra actualment dedicada a l'agricultura, és a dir, el 19 % de Catalunya.

La conseqüència seria un gran augment de les importacions d'aliments i de farratge, i impactes ambientals molt seriosos, com s'explicarà més endavant.

Si part dels gira-sols necessaris per produir biodièsel es conreessin a Catalunya, haurien de substituir altres cultius existents. De fet, gairebé el 60 % del sòl català està ocupat per boscos o altres tipus de formacions vegetals, gairebé el 30 % per cultius, i el 10 % que queda està en part urbanitzat (taula 11). Però, quins cultius se substituirien? La taula 14 mostra la distribució de cultius en el sòl agrícola català. La hipòtesi més probable és que els cultius substituïts fossin cereals (que ocupen ara el 25 % del sòl agrícola català) i farratges (que representen el 8 %). De fet, els altres cultius, com les verdures, la fruita, les vinyes i les oliveres, ofereixen un valor afegit més alt i no seria una bona idea substituir-los amb gira-sol per al biodièsel.

	Tones	Hectàrees	%	t/ha
Cereals	1.346.628	355.392	24,6	3,8
Lleguminoses en gra	6.657	4.989	0,3	1,3
Farratges	3.437.284	112.601	7,8	30,5
Tubercles	75.850	3.633	0,3	20,9
Hortalisses	405.906	16.985	1,2	23,9
Cítrics	145.954	10.077	0,7	14,5
Fruita dolça	1.026.039	48.647	3,4	21,1
Fruita seca	31.062	73.755	5,1	0,4
Vinya (raïm)	487.564	60.480	4,2	8,1
Olivera (olives)	142.098	108.187	7,5	1,3
Conreus industrials	13.809	12.276	0,8	1,1
Total		1.445.377	100	

Taula 14: Producció agrícola a Catalunya, 2003**Font:** Anuari Estadístic de Catalunya (IDESCAT, 2005).48. *El País*, 15 01 07.

49. Obviament els percentatges adoptats aquí són arbitraris, però serveixen per donar una indicació. Canviant la proporció de llavors conreades a Catalunya, les conclusions d'aquesta anàlisi no canviarien.

Alternatives	Cereals		Farratge (*)		Prod. coques oleaginoses (10 ³ t)	Farratge		
	Substitució (10 ³ ha)	Percentatge respecte superfície actual	Substitució (10 ³ ha)	Substitució (10 ³ t)		Subst. farratge (10 ³ t)	Substit. farratge (10 ³ ha)	Percentatge respecte superfície actual farratge
IERimp	0	0	0	0	0	0	0	0
IERdom_0,25	202	57 %	101	3.078	208 (1.250)**	1.827	60	53 %
IERdom_0,5	403	113 %	202	6.155	417 (2.501)**	3.654	120	106 %

Taula 15. Canvis en l'ús de la terra⁵²

(*) sense tenir en compte els tortons

(**) Les dades entre parèntesis es refereixen a l'equivalent fresc, calculat considerant que el farratge fresc té aproximadament un contingut d'aigua del 85 % i el farratge sec en pellets al voltant del 10 %⁵³.

Per tant, prendrem com a hipòtesi que dues tercers parts de les hectàrees dedicades als gira-sols substituirien cultius de cereals i la resta cultius de farratge.⁵⁰ Suposem també que totes les coques oleaginoses que es produirien en el procés de premsa de les llavors conreades a Catalunya, és a dir, 208.000 i 417.000 tones, respectivament, per les alternatives IERdom_0,25 i IERdom_0,5,⁵¹ serien usades com a farratge (hem suposat que s'importaria d'Andalusia oli vegetal i no llavors de gira-sol, així que els tortons que s'obtidrien en el procés de premsa de les llavors importades no es tindran en compte). Per fer-nos una idea de l'ordre de magnitud, es pot recordar que a l'Estat espanyol es produeixen cada any 603.200 tones de tortons de gira-sol. Gairebé tots es destinen a l'alimentació animal (Ministeri d'agricultura, 2003). En total es produeixen 6,2 milions de tones de tortons de tots els cultius industrials (sobretot colza, gira-sol i soia). D'aquests, el 67 % s'usa per a alimentació animal i el 33 % per a usos industrials (Ministeri d'Agricultura, 2003).

Fins i tot fent el supòsit optimista que part del farratge que es deixaria de produir fos substituït per les coques oleaginoses derivades del procés de premsa de les llavors de gira-sol, el resultat de conrear les llavors a Catalunya seria una gran reducció de la terra dedicada a cereals i farratge, com es mostra a la taula 15.

Com es pot observar a la taula 15, si es volguessin conrear a Catalunya un quart de les llavors necessàries per arribar als objectius del PEC, s'hauria de substituir el 57 % del terreny usat actualment per al cultiu de cereals i el 53 % de l'actualment dedicat al farratge. Conrear la meitat dels gira-sols necessaris implicaria utilitzar més de la superfície actualment destinada al conreu de cereals i farratge.

Aquest canvi en el tipus de cultiu, aplicat a gran escala, podria comportar canvis importants en el paisatge rural català. En aquest sentit, podríem dir que una producció a gran escala de biocombustibles a Catalunya contradiria els objectius establerts al Programa de desenvolupament rural (Generalitat de Catalunya, 2005), concretament el tercer objectiu del programa "Manteniment i millora del medi ambient i gestió sostenible dels boscos", que inclou la protecció del paisatge.

Les importacions d'aliments

La taula 15 mostra clarament que, fins i tot amb els supòsits més favorables al biodièsel, una producció a gran escala de llavors oleaginoses tindria com a conseqüència que gairebé no es produirien més cereals ni farratge a Catalunya. El resultat seria un augment de les importacions d'aliments per al consum humà i animal, que provindrien tant de la resta de l'Estat espanyol com de la resta del món (taula 16).

Alternatives	Importació de cereals (milers de t)	Percentatge d'importacions netes de cereals 2003	Importació de farratges (milers de t)	Percentatge d'importacions netes de farratges i llavors 2003
IERimp	0	0	0	0
IERdom_0,25	764	24	1.827	105
IERdom_0,5	1.528	48	3.654	209

Taula 16. Variació en la importació de cereals i farratge

Font: elaboració pròpia.

50. S'han escollit els percentatges de manera que, per a cap dels escenaris, el requeriment de terra dedicada a cereals i farratge anteriorment no excedeixi l'actual.

51. Per cada quilogram de biodièsel s'obté al voltant d'1,3 kg de coques oleaginoses (Bernesson *et al.*, 2004).52. Es considera un rendiment mitjà de cereals i farratges de 4 i 31 t/ha respectivament (*Anuari estadístic de Catalunya*).53. Lardy G., Vern Anderson V., 1999, *Alternative Feeds for Ruminants*, <http://www.ext.nodak.edu/extpubs/ansci/livestoc/as1182-3.htm>.

L'augment de les importacions de productes alimentaris pot representar una de les conseqüències negatives d'una producció de biodièsel a gran escala. La perspectiva d'augmentar molt les importacions d'aliments és més preocupant si es pensa que Catalunya ja és importadora neta de gairebé tots els gèneres alimentaris, com es mostra a la taula 17 (que, a més a més, no inclou el comerç amb la resta de l'Estat espanyol).

	Importacions	Exportacions	Importacions netes (imp-exp.)
Animals vius	58.028	42.485	15.543
Carn i despulls	65.712	434.932	-369.220
Peixos, crustacis i altres	132.529	41.153	91.375
Llet i lactis, ous i altres	254.492	167.552	86.940
Altres productes animals	25.303	85.447	-60.144
Plantes vives	32.537	20.929	11.608
Hortalisses, llegums	976.050	114.793	861.257
Fruita	370.327	433.210	-62.883
Cereals en gra	3.397.881	215.943	3.181.938
Llavors i farratges	2.072.871	327.164	1.745.708
Greixos i olis	566.587	430.841	135.746

Taula 17. Comerç exterior de productes alimentaris a Catalunya, 2003 (t)
Font: Anuari Estadístic de Catalunya (IDESCAT, 2005).

2.6.3.2. L'impacte ambiental dels cultius energètics

En relació amb l'impacte ambiental dels cultius energètics, analitzarem en primer lloc les necessitats d'aigua i, posteriorment, l'ús de fertilitzants. Per tal de calcular com influiria arribar als objectius del PEC en el consum d'aigua del sector agrícola, s'ha considerat un requeriment d'aigua per al gira-sol en terres de regadiu de 3.129 m³ per hectàrea i any a Catalunya⁵⁴ (segons dades de FAO Cropwat Software⁵⁵). Com que hem suposat que part de l'oli vegetal s'importaria d'Andalusia, hem de considerar el requeriment més alt d'aigua d'aquesta regió, és a dir, 5.010 m³ d'aigua per al cultiu del gira-sol (FAO Cropwat Software). No obstant això, aquestes dades només es refereixen a la irrigació teòricament necessària, mentre que part de la producció de gira-sols s'obté en terra de secà. En particular, a Catalunya només el 40 % de tota la terra dedicada al gira-sol es rega, mentre que a Andalusia aquest percentatge baixa fins a l'11 %. Fent una mitjana

	Augment del consum d'aigua a Catalunya	Augment del consum d'aigua total	Percentatge d'augment Estat
IERdom_0,25	129	1.002	6 %
IERdom_0,5	300	1.255	7 %
IERimp	0	667	4 %
Consum d'aigua total Estat espanyol en el sector agrícola: 16.909			
Total Estat espanyol:			26.050

Taula 18. Augment en el consum d'aigua (milions de metres cúbics).

ponderada i assumint que la quota de terra regada a Catalunya i Andalusia es mantingui igual, s'obté que per produir 1,6 milions de tones de llavors de gira-sol, caldria la quantitat extra d'aigua mostrada a la taula 18.

Les dades presentades a la primera columna s'han calculat restant a l'ús d'aigua per a gira-sols l'ús d'aigua per als cereals i el farratge que els gira-sols substituirien.⁵⁶ La segona columna expressa l'augment total de consum d'aigua a l'Estat espanyol, i la tercera indica el percentatge que aquest augment implicaria sobre el total d'aigua del sector agrícola a l'Estat espanyol.

La taula 18 mostra que substituint part dels cultius de cereals i farratges amb gira-sol, el consum d'aigua a Catalunya augmentaria 129 i 300 milions de m³, si respectivament un quart i la meitat dels gira-sols es produïssin a Catalunya. A escala global, arribar als objectius del PEC i produir el 4 % de l'energia necessària a Catalunya requeriria un ús d'aigua igual a un percentatge entre el 4 % i el 7 % de tot l'ús en el sector agrícola de l'Estat espanyol.

Una altra conseqüència d'una producció a gran escala de cultius oleaginosos per a la producció de biodièsel seria un augment de l'ús de fertilitzants a l'agricultura. Els elements químics més importants continguts en els fertilitzants són el nitrogen (N), el fòsfor (P) i el potassi (K). Per convenció, els dos últims es mesuren en termes d'òxid fosfòric (P₂O₅) i òxid de potassi (K₂O). Considerant un ús de N, P₂O₅ i K₂O, respectivament, de 9.000, 5.000 i 5.000 kg/ha (segons la base de dades FAO per a l'Estat espanyol⁵⁷), s'obté que arribar als objectius del PEC s'hauria d'utilitzar la quantitat de fertilitzants indicada a la taula 19.

Un dels efectes més preocupants de l'ús de fertilitzants en l'agricultura és l'eutrofització; es pot calcular l'impacte conjunt dels fertilitzants usant els factors de poten-

54. S'assumeix que els gira-sols es planten a l'abril, com és habitual.

55. El FAO Cropwat Software és un programa desenvolupat per la FAO que es pot utilitzar per a determinar les necessitats d'irrigació d'un gran nombre de conreus tenint en compte les característiques del lloc i el moment de la sembra. Es pot consultar a l'adreça <http://www.fao.org/ag/AGL/aglw/cropwat.stm>.

56. Per als cereals s'han pres els valors del blat d'hivern: 3.174 i 3.890 m³ per any i hectàrea, respectivament, a Catalunya i a Andalusia (FAO Cropwat Software, assumint que el blat es planti al novembre). Es va assumir que el 17 % de la terra dedicada a cereals es regaria (mitjana espanyola, segons l'*Anuari d'Estadística Agroalimentària d'Espanya*, 2004). Per al farratge s'ha fet una mitjana entre el requeriment d'aigua de l'herba típica de climes calents i del blat de moro usat per a farratge. El resultat és un requeriment d'aigua de 2.856 i 5.030 m³ per any i per hectàrea a Catalunya i Andalusia. La font és FAO Cropwat Software (assumint que es plantin al juny), i es va considerar que només el 27 % es regaria (mitjana espanyola, segons l'*Anuari d'Estadística Agroalimentària d'Espanya*, 2004).

57. <ftp://ftp.fao.org/agl/agll/docs/fubc99.xls>, any 1996.

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Total
Ús total	10.888	6.049	6.049	22.986
Ús a Catalunya				
IERdom_0,25	-20.415	-11.846	-7.511	-39.772
Ús a Catalunya				
IERdom_0,5	-40.830	-23.692	-15.021	-79.543
Total actual a				
l'Estat espanyol	896.300	562.000	414.000	1.873.000

Taula 19. Ús de fertilitzants (kg/ha per any).

cial d'eutrofització (PE), que s'utilitzen molt sovint a les anàlisis del cicle de vida (ACV).⁵⁸ Així, la contribució potencial dels diferents fertilitzants a l'eutrofització es calcula multiplicant el pes de cada tipus de fertilitzant per un factor que compara el seu impacte en termes d'eutrofització amb el de l'ortofosfat (PO₄³⁻). Els factors PE per a les substàncies mencionades abans són 0.42 kg/kg(PO₄³⁻) per a N, 1.34 kg/kg (PO₄³⁻) per a P₂O₅, i 0 kg/kg(PO₄³⁻) per a K₂O. Utilitzant aquestes aproximacions, l'impacte en termes d'eutrofització d'arribar als objectius del PEC es mostren a la taula 20.

	N	P ₂ O ₅	Total
Ús total	4.573	8.106	12.679
Ús a Catalunya			
IERdom_0,25	-8.574	-15.873	-24.448
Ús a Catalunya			
IERdom_0,5	-17.149	-31.747	-48.895
Total Estat			
espanyol actualitat	376.446	753.080	1.129.526

Taula 20. L'augment del potencial d'eutrofització (tones de PO₄³⁻ eq).

Aquí també es pot observar que si bé una substitució dels cultius de cereals i farratge amb gira-sol reduiria una mica l'ús de fertilitzants a Catalunya, a escala global, l'ús de fertilitzants augmentaria de 12.679 tones de PO₄³⁻ equivalents, que constitueix l'1 % de l'ús de fertilitzants a tot l'Estat espanyol.

L'augment de l'impacte ambiental que es produiria per una producció a gran escala de biocombustibles es troba en contradicció amb els objectius ambientals establerts al Programa de desenvolupament rural de Catalunya (Generalitat de Catalunya, 2005) i, en particular, a l'apartat del tercer objectiu, (manteniment i millora del medi ambient i gestió sostenible dels boscos), prioritat VII (millora i manteniment del medi ambient), on es menciona explícitament la intenció de reduir la contaminació deguda a l'ús excessiu de fertilitzants.

2.6.3.3. Les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle

Com a contrapartida dels impactes ambientals descrits anteriorment (un gran ús de terra i el consegüent augment en les importacions d'aliments, l'augment de l'ús d'aigua per a irrigació i fertilitzants), els avantatges d'una producció de biodièsel a gran escala no serien tan importants com se sol indicar.

L'avantatge més important del biodièsel, segons els seus promotors, és l'estalvi en les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle i, en conseqüència, una contribució a assolir els objectius establerts pel Protocol de Kyoto. De fet, el CO₂ emès durant el procés de combustió és idèntic a l'absorbit per la planta durant el procés fotosintètic en el mateix any, i per això no augmenta la concentració de gasos amb efecte d'hivernacle a l'atmosfera.

Però no es pot oblidar que al llarg de tot el procés de producció de biodièsel s'usa energia provinent dels combustibles fòssils: en forma de fertilitzants, pesticides i maquinària en la producció de llavors oleaginoses; en la transesterificació en forma de metanol i electricitat; en forma de combustible per al transport de les llavors des del camp a la planta de transformació, i després el biodièsel fins a les gasolineres.

Per calcular les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle, en primer lloc cal avaluar la relació *output/input*, que expressa quantes unitats de biodièsel s'obtenen per una unitat d'energia invertida en el procés, mesurades en termes energètics. A la literatura científica es troben diverses relacions *output/input* (Kallivroussis *et al.*, 2002; Bernesson *et al.*, 2004; Cardone *et al.* 2003; Venturi i Venturi, 2003; Janulis, 2004; Giampietro *et al.* 1997; Giampietro i Ulgiati, 2005). Els resultats varien molt segons els diferents supòsits, els límits del sistema analitzat i sobretot les regles d'assignació del consum energètic entre biodièsel i els seus subproductes. Aquests subproductes són, principalment, els tortons (obtinguts de la premsa de les llavors oleaginoses, i que s'utilitza com a aliment per a animals) i glicerina (produïda en el procés de transesterificació, i que s'utilitza en molts processos industrials).

Moltes anàlisis del cicle de vida atribueixen part dels *inputs* energètics, i consegüentment de les emissions, als subproductes, calculant el grau d'assignació en termes de pes o de contingut energètic. Òbviament, com més ús d'energia sigui atribuït als subproductes, més eficient semblarà el procés de producció de biodièsel (i més alta serà la relació *output/input*). Però si podem acceptar aquest procediment a petita escala, no és correcte si ho

58. Gorree *et al.*, 1999.

	IERimp	IERdom_0,25	IERdom_0,5
Emissions causades per la producció de biodièsel (fertilizants, pesticides, maquinària, transesterificació, etc.)	204.107	335.885	467.662
Emissions causades pel transport dels olis vegetals, dels cereals i del farratge (sec)	423.975	421.610	314.245
Estalvi d'emissions ⁶²	1.199.961	1.222.491	1.350.021
Canvi en relació amb el consum d'energia en el 2003 ⁶³	2,9 %	2,9 %	3,3 %
Canvi en relació amb el consum d'energia del 2015 segons l'escenari IER ⁶⁴	2,6 %	2,9 %	2,6 %

Taula 21. Emissions de CO₂ relacionades amb els objectius de l'escenari IER (592.000 t)⁶¹, en tones.

estem a una escala més gran (Giampietro *et al.*, 1997) perquè després d'arribar a una certa quantitat seria difícil trobar un mercat que donés sortida als subproductes, especialment si tot Europa augmentés molt la producció de biodièsel, com estableix la Directiva europea 30/2003/CE sobre biocombustibles. Per tant, els subproductes (en aquest cas, els tortons amb destinació a l'alimentació animal) podrien deixar de ser un producte amb un valor, i convertir-se en un residu, amb els respectius costos econòmics i energètics del seu tractament i la seva disposició.

Per aquesta raó, en aquest informe s'ha decidit no atribuir part del consum energètic de la producció de biodièsel a la glicerina que s'obté com a subproducte de la transesterificació. No obstant això, sí que s'ha restat al consum energètic del biodièsel el cost energètic evitat per a la producció del farratge substituït amb els tortons.⁵⁹

Com que s'han fet les hipòtesis més favorables al biodièsel, s'ha pres la relació *output/input* més alta de les proposades per les referències citades anteriorment, que és de 2,5 (Bernesson *et al.* 2004). Inclou tant l'ús directe d'energia com l'energia incorporada en els fertilitzants. Aquesta relació és bastant més alta que les altres i, per tant, molt probablement està sobreestimant l'eficiència del biodièsel. Per al biodièsel produït amb oli vegetal importat s'ha considerat un cost energètic de 0,1 tep per tona per a la transesterificació (Bernesson *et al.* 2004, Cardone *et al.*, 2003).

Amb aquests supòsits, i considerant un cost energètic per al transport de 40 g/tona de combustible per quilòmetre (Federici *et al.*, 2003) i un trajecte de 1.100 km d'anada i

tornada (aproximadament la distància des de Barcelona fins a Sevilla, que produeix el 26 % de tot el gira-sol de l'Estat espanyol⁶⁰), s'obtenen els resultats que es mostren a la taula 21.

Com es pot observar, arribar als objectius de l'escenari IER del PEC, que impliquen substituir el 18 % del gasoil català per biodièsel, permetria reduir les emissions de CO₂ en un 3 %. Recordem que aquest resultat s'ha obtingut amb totes les hipòtesis més favorables a la producció de biodièsel.

Òbviament, es poden obtenir resultats contraris en part si no es comptabilitzen les despeses energètiques que tenen lloc fora de Catalunya, com per exemple l'ús d'energia per als gira-sols, els cereals i el farratge que s'haurien d'importar a causa d'una producció a gran escala de biodièsel, però això no seria correcte, ja que Catalunya en seria responsable.

2.6.3.4. Efectes sobre la qualitat de l'aire

Pel que fa a la qualitat de l'aire, els indicadors més importants són les partícules en suspensió,⁶⁵ els òxids de nitrogen (NO_x)⁶⁶ i els compostos orgànics volàtils (VOC)⁶⁷ (Manahan, 2004; Brimblecombe, 1996).

L'ús de biodièsel per al transport tindria conseqüències en la qualitat de l'aire, ja que les emissions de la combustió de biodièsel són lleugerament diferents de les emissions del gasoil. En general, la substitució de gasoil per biodièsel té com a conseqüència un petit augment d'emissions d'òxids de nitrogen (NO_x) i una disminució

59. S'ha considerat un ús d'energia evitat per a la producció de farratge de 0,04 tep per tona (Biondi *et al.*, 1989).

60. Font: *Anuari d'Estadística Agroalimentària d'Espanya*, 2004.

61. S'ha considerat una relació de 3,1 tones de CO₂ per tona de combustible fòssil, fent la hipòtesi simplificadora que tot el combustible fòssil usat fos gasoil.

62. L'estalvi d'emissions s'ha calculat restant les emissions de CO₂ per al transport de l'oli vegetal i la producció de biodièsel a les emissions associades a 592.000 tep, és a dir, 1,8 milions de tones de CO₂.

63. 41.457 milers de tones de CO₂.

64. 46.442 milers de tones de CO₂.

65. Les partícules en suspensió penetren en el sistema respiratori i irriteren les cavitats nasals, la faringe i els pulmons, amb la conseqüència d'afavorir l'asma i els problemes respiratoris. També contenen hidrocarburs policíclics aromàtics (PAH), que són cancerígens, i també nitrogen, òxid de sofre i metalls pesants, absorbits de l'aire i concentrats en les partícules.

66. L'NO s'uneix a l'hemoglobina, substituint l'oxigen i reduint d'aquesta forma l'oxigenació de la sang; l'NO₂ forma àcid nítric (HNO₃), que irrita els ulls, la pell i el sistema respiratori, malmet plantes i edificis, i contribueix a la pluja àcida.

67. Els compostos orgànics volàtils produeixen irritació dels ulls, de la pell i del sistema respiratori, així com risc de càncer. També contribueixen al *fotosmog*.

de les partícules en suspensió, segons diferents estudis (Altin *et al.*, 2001; Cardone *et al.*, 2003; Graboski and Mc Cormick, 1998; Kalligeros *et al.*, 2003; Labeckas and Slavinskas, 2005; Mc Cormick and Alleman, 2005; Turrio-Baldassarri *et al.*, 2004).

Un estudi que ha portat a terme l'Agència de Protecció Ambiental (EPA, per les sigles en anglès), dels Estats Units (2002), conclou que si se substitueix el gasoil amb una barreja de biodièsel al 20 % (B20), els òxids de nitrogen augmenten un 2 %, mentre que les partícules en suspensió, els hidrocarburs i el monòxid de carboni disminueixen respectivament del 10,1 %, 21,1 % i 11 %, com es mostra a la figura 28.⁶⁸ En el cas que ens ocupa, on es proposa substituir un 18 % del gasoil per biodièsel (pur), les emissions resultants serien equivalents a les de l'estudi de l'EPA (2002).

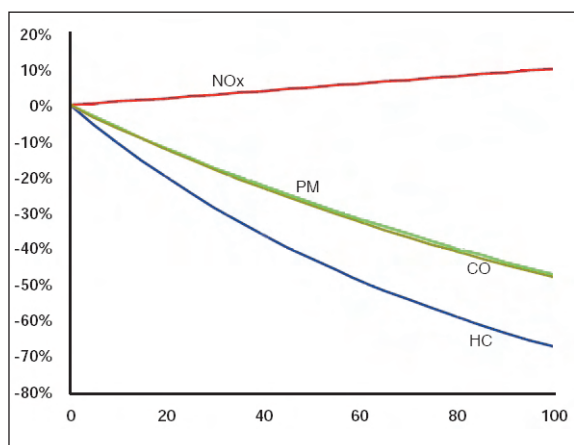


Fig. 28. Canvi en les principals emissions del biodièsel B20

Font: EPA, 2002.

Encara que és cert que el biodièsel redueix la contaminació urbana en termes de partícules en suspensió i compostos orgànics volàtils, si aquest fos l'objectiu de la seva introducció seria millor privilegiar altres combustibles actualment disponibles en el mercat, com s'observa a la figura 29. De fet, la gasolina, els GLP i el gas natural asseguren un estalvi en les emissions d'òxids de nitrogen comparat amb el gasoil del 88 %, el 96 % i el 89 %, respectivament. Aquests tres combustibles permeten, a més a més, reduir el 95 % aproximadament de partícules en suspensió en relació amb el gasoil. Pel que fa als compostos orgànics volàtils, el B20 redueix les emissions en un 24 % comparat amb el gasoil, i en aquest sentit és millor que la gasolina, que permet una reducció de només el 9 %. No obstant això, l'ús del gas natural i GLP redueixen

respectivament el 73 % i el 36 % les emissions de partícules en suspensió (Ulgiati *et al.*, propera publicació).⁶⁹ No obstant això, no es pretén donar a entendre que s'ha de potenciar l'ús d'aquests combustibles fòssils per motius de salut o de contaminació urbana, sinó posar de manifest que no és un argument adequat per defensar els biocombustibles.

Aquestes dades són importants sobretot tenint en compte que el Pla d'actuació sobre qualitat de l'aire⁷⁰ per a gran part de la regió metropolitana de Barcelona que actualment elabora el Departament de Medi Ambient i Habitatge centra la seva atenció en dos d'aquests indicadors: els òxids de nitrogen i les partícules en suspensió (concretament les partícules inferiors a les 10 micres, PM10). Aquests dos contaminants han assolit nivells bastant superiors als permesos en els darrers anys a les quatre comarques recollides al Pla d'actuació, i la font principal d'emissió és el transport terrestre (40 % de les emissions de NOx el 2004, i un 52 % de les emissions de partícules en suspensió PM10). És per això que el mateix Pla estableix una sèrie de mesures encaminades a reduir-les.

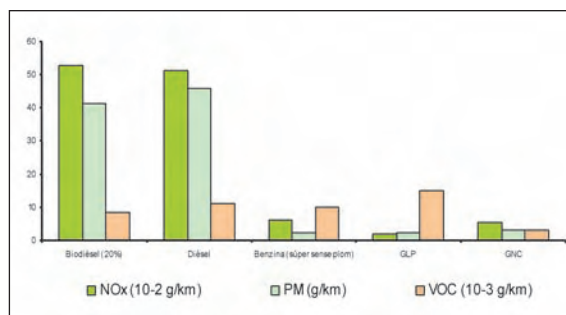


Figura 29. Factors d'emissió dels principals contaminants associats al transport dels combustibles més utilitzats en el mercat

Font: Ulgiati *et al.* (en premsa).

La promoció de l'ús del biodièsel podria generar problemes de contaminació atmosfèrica a causa de l'augment de les emissions d'òxids de nitrogen causades pel biodièsel amb relació al gasoil convencional, però encara més respecte de la benzina, tot i que disminueix les emissions de PM10 en relació al dièsel, però no a la benzina.

2.6.3.5. El desenvolupament rural

L'agricultura europea està experimentant cada vegada més dificultats per liberalitzar el comerç internacional d'aliments. Els productes alimentaris europeus són cada vegada menys competitius si els comparem amb els pro-

68. Aquí s'han considerat els hidrocarburs (HC) en lloc dels compostos orgànics volàtils. De totes maneres, el resultat no canvia, ja que els HC són el principal component dels VOC. A més dels components citats abans, l'anàlisi de l'EPA inclou també el monòxid de carboni (CO), que aquí no es té en compte perquè el seu efecte tòxic és limitat a les àrees de tràfic més intens, i en condicions normals pot ser metabolitzat pel cos humà.

69. Les dades s'han obtingut d'un document del CSIRO australià (un equivalent del Consell Superior d'Investigacions Científiques) (Beer *et al.*, 2004), i d'un document publicat per l'American National Renewable Energy Laboratory (Morris *et al.*, 2003).

70. Pla d'actuació per restablir la qualitat de l'aire als 40 municipis de les comarques del Barcelonès, el Vallès Occidental, el Vallès Oriental i el Baix Llobregat, definits pel Decret 226/2006, de 23 de maig, com a zona de protecció especial. Disponible a: http://mediambient.gencat.net/cat/el_medi/atmosfera.

ductes venuts en els mercats internacionals. No obstant això, es reconeixen en l'agricultura europea molts més valors que la simple creació de renda (Gómez-Limón i Atance, 2004).

De fet, l'agricultura protegeix el paisatge, manté la biodiversitat agrícola, crea ocupació, evita l'abandonament de les àrees rurals, etc. A més a més, les àrees rurals constitueixen el 90 % del territori europeu, on viuen al voltant del 50 % de la població europea (dades de la Direcció General d'Agricultura de la Comissió Europea). Per aquestes raons, la Unió Europea inverteix gairebé la meitat del seu pressupost (al voltant de 54.771 milions d'euros l'any 2006⁷¹) en subsidis agrícoles a través de la Política Agrícola Comuna (PAC). Sense els subsidis, l'agricultura europea no seria rendible i probablement moltes zones rurals serien abandonades. No obstant això, els subsidis atorgats en el marc de la Política Agrària Comuna de la Unió Europea són molt criticats per la seva distorsió dels mercats, donant lloc a una competència deslleial amb els agricultors dels països del sud.

Els biocombustibles poden veure's com una part de la solució a aquest problema, ja que permeten protegir el sector agrícola a través de subsidis directes (PAC) i indirectes (desfiscalització dels biocombustibles) i al mateix temps sense interferir en els mercats internacionals d'aliments. Els biocombustibles poden constituir una alternativa a la producció d'aliments, sobretot amb vista a la possible reducció dels subsidis agrícoles a l'exportació d'aliments, que podria derivar de les creixents pressions internacionals.

1993	1995	1997	1999	2003
28.410	22.695	16.799	20.368	10.210

Taula 22. Cultius industrials, hectàrees

Font: Anuari Estadístic de Catalunya (IDESCAT, 2005).

Com es pot observar a la taula 22, la superfície dedicada a cultius industrials (gairebé tot gira-sols) a Catalunya ha disminuït en els últims deu anys gairebé en dues terceres parts. La raó és una reducció de les ajudes europees dirigides a llavors oleaginoses establerta en el programa de la Política Agrícola Comuna Europea del període 2000-2004, juntament amb una creixent competència del blat de moro, que va gaudir d'incentius majors. De totes maneres, les ajudes van augmentar l'any 2005, produint també un cert augment de la producció.

Un fort augment de la demanda de llavors oleaginoses per a la producció de biodièsel podria canviar aquesta situació, ja que faria augmentar els preus i potser les ajudes econòmiques al sector. Actualment la PAC estableix un incentiu per als cultius energètics de 45 €/ha, que poden

ser atorgats només als agricultors que demostrin tenir un contracte amb una planta de processament. A més, les matèries primeres per als biocombustibles es poden conrear a la terra retirada de la producció (*set-aside*). Per aquesta raó, una part del sector agrícola acull de forma molt positiva el biodièsel, ja que es veu com una oportunitat d'augmentar la producció de llavors oleaginoses i d'incentivar el desenvolupament rural.

És difícil quantificar l'augment de la renda del sector agrícola gràcies a una producció a gran escala de biocombustibles perquè això dependria de diferents factors difícils de predir.

En general, atès que molts dels cultius energètics substituirien altres cultius, els avenços en desenvolupament rural dependrien de la diferència entre el valor afegit obtingut dels cultius que serien substituïts i el valor afegit obtingut de les llavors oleaginoses. Aquesta diferència dependria de factors com el preu dels productes alimentaris, la necessitat de treball, i el cost i l'ús de fertilitzants, pesticides, energia, maquinària per tona, etc., tots difícils d'estimar.

De totes maneres, se'n poden fer algunes consideracions. En primer lloc, si la demanda d'oleaginoses augmenta molt, algunes terres marginals i abandonades es podrien fer servir per als cultius energètics. D'aquesta manera augmentaria la renda dels seus propietaris. A més a més, a la terra per la qual els propietaris cobren per mantenir-la fora d'ús (terra *set-aside*) s'hi poden conrear matèries primeres per a biocombustibles. En segon lloc, si la demanda d'oleaginoses augmenta molt com a conseqüència de les polítiques a favor dels biocombustibles, el preu també podria augmentar, la qual cosa provocaria un increment del valor afegit. També podria passar que la Unió Europea augmentés la quantitat de subsidis agrícoles per incentivar els agricultors a conrear oleaginoses als seus camps.

Davant de les dificultats de fer una estimació quantitativa, en aquest informe preferim donar simplement una mesura qualitativa. Utilitzant una escala qualitativa constituïda pels valors *cap*, *baix*, *mitjà* i *alt*, podem dir que el desenvolupament rural dels agricultors catalans impulsat per una producció a gran escala de biodièsel dependrà de la quantitat de gira-sols que es conreen a Catalunya. Llavors els valors que obtindrem per a les alternatives analitzades seran *cap* a l'escenari IERimp, *baix* a l'alternativa IERdom_0,25 (només un quart de les llavors oleaginoses es conreen a Catalunya) i *mitjà* a l'alternativa IERimp_0,5 (la meitat dels gira-sols es produeixen a Catalunya). A escala global, aleshores, el desenvolupament rural impulsat pel biodièsel seria *alt*.

71. http://eur-lex.europa.eu/budget/data/D2006_VOL4/EN/nmc-titleN123A5/index.html.

En aquest sentit, potser la major contribució dels biocombustibles no seria la reducció de l'ús d'energia i de l'emissió de gasos amb efecte d'hivernacle, sinó impulsar el desenvolupament del sector rural en un context en què la producció d'aliments europea és cada vegada menys competitiva en els mercats internacionals. Així, una producció a gran escala de biocombustibles seria coherent amb els objectius del Programa de desenvolupament rural de Catalunya (Generalitat de Catalunya, 2005), que administra el pressupost de la PAC dedicat al desenvolupament rural (al voltant del 10 % del total).

2.6.3.6. Impactes en països del sud

Tot i que en aquesta anàlisi hem considerat la hipòtesi que la matèria primera provingués d'importacions de dins de l'Estat espanyol, la situació actual a escala mundial fa que ja s'estigui produint un fenomen molt clar d'importació de llavors oleaginoses o d'olis vegetals des de països en desenvolupament cap a països desenvolupats per a la fabricació de biodièsel (també passa amb la importació de matèria primera per la producció de bioetanol). Aquest fet té conseqüències en molts casos ja que les plantacions i els cultius no es fan en condicions adequades en els àmbits social i ambiental i, per tant, es produeixen impactes negatius com la desforestació o la substitució de cultius alimentaris o la sobreexplotació de la terra, tal com es presenta a continuació.

A l'annex 11 del *Pla d'acció sobre biomassa* de la Unió Europea (COM/2005/628 final) es calcula que per arribar a l'objectiu de la Directiva europea 2003/30/EC sobre biocombustibles (5,75 % de la energia usada en el sector del transport), caldria utilitzar com a mínim una cinquena part del territori europeu. Per aquesta raó la Comissió estableix molt clarament tant al *Pla d'acció sobre biomassa* com a l'*Estratègia europea sobre biocombustibles* (COM/2006/34 final) que Europa haurà d'impulsar i incentivar els cultius energètics en els països del sud, on la productivitat de la biomassa és més alta i els costos de producció són més baixos. És fàcilment previsible que si la demanda de biocombustibles a Europa augmenta molt, els països del sud podrien ser estimulats a substituir cultius alimentaris i boscos tropicals per grans monocultius energètics, com succeeix a Malàisia i a Indonèsia, països que són, respectivament, els productors del 48 % i del 36 % de l'oli de palma a escala mundial, del que la UE ja és el segon consumidor mundial amb un 13 % l'any 2002 (Friends of the Earth, 2004).

Els biocombustibles jugaran presumiblement un paper important en els processos de desforestació de països com Malàisia, Indonèsia i Filipines, afavorint la pèrdua de biodiversitat silvestre, una reducció de la fertilitat del sòl i de la disponibilitat i qualitat de l'aigua, així com, paradoxalment, un possible empitjorament de les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle a causa de la desforestació, ja que els arbres són embornals de diòxid de carboni. Per exemple, el monocultiu de palma ha estat responsable del 87 % de tota la desforestació de Malàisia des de 1985 (Monbiot, 2005). Ja ara, la *palma d'oli* (*Elaeis guineensis*) és la causa principal de desforestació a Indonèsia.

Els grans monocultius de llavors oleaginoses (sobretot soja i palma) són responsables de greus impactes ambientals al Brasil, Colòmbia i l'Argentina (vegeu el butlletí del *World Rainforest Movement* de novembre 2006,⁷² totalment dedicat als impactes ambientals i socials dels biocombustibles). De fet, provoquen desforestació, erosió del sòl, consumeixen molta aigua i redueixen la biodiversitat (Carrere, 2006).

Un altre motiu de preocupació és l'ús de grans monocultius d'organismes genèticament modificats (OGM), que poden produir contaminació genètica. La soja i la colza (*canola*), els cultius més usats per al biodièsel, es troben entre els OGM més utilitzats. L'any 2005, aproximadament 54,4 milions d'hectàrees es van conrear amb soja genèticament modificada (el 60 % del total) i 4,6 milions de hectàrees (el 18 % del total) es van conrear amb colza GM (Clive, 2005). A més a més, quan els biocombustibles de segona generació, és a dir, els que utilitzen com a matèria primera la fusta, siguin tecnològicament madurs es podria produir un incentiu encara més fort per a l'expansió de monocultius d'arbres de creixement ràpid, en substitució de boscos primaris o secundaris d'alt valor ecològic.

Finalment, la substitució de cultius d'aliments per cultius energètics és un problema seriós en molts països en termes de seguretat alimentària⁷³ i de sobirania alimentària,⁷⁴ que es podria agreujar si creixen les importacions d'oleaginoses tal com preveu la Unió Europea. La pèrdua d'explotacions d'autoconsum o destinades als mercats locals a favor de grans cultius industrials destinats a l'exportació significa tenir menys disponibilitat de terres adequades per al cultiu d'aliments.⁷⁵ A més a més de les conseqüències relacionades amb la disponibilitat d'aliments

72. <http://www.wrm.org.uy>.

73. Segons la FAO, hi ha seguretat alimentària quan totes les persones tenen en tot moment accés físic i econòmic a suficients aliments innocus i nutritius per satisfer les seves necessitats alimentàries. http://www.fao.org/spfs/index_es.asp.

74. El concepte de sobirania alimentària va més enllà de la seguretat alimentària i inclou el dret de decidir sobre les polítiques agrícoles pròpies. Es defineix com "el dret de tots els pobles, comunitats i països a definir les seves polítiques en matèria agrícola, laboral, de pesca, alimentació i terres, perquè s'adeqüi a les seves necessitats específiques des d'un punt de vista ecològic, social, econòmic i cultural. La sobirania alimentària inclou el dret real a l'alimentació i a produir aliments, que vol dir que totes les persones tenen dret a una alimentació segura, nutritiva i apropiada culturalment i també als recursos necessaris per produir aliments i a la capacitat per garantir la seva supervivència amb independència i la de les seves societats." (Ziegler, 2004).

75. A banda de problemàtiques socials i ecològiques sovint vinculades a aquestes explotacions.

Criteris	IERimp	IERdom_0,25	IERdom_0,5
Requeriment de terra total (milers d'hectàrees)	1.210	1.210	1.210
Requeriment de terra a Catalunya (milers d'hectàrees)	0	302	605
Variació de la importació cereals (milers de tones)	0	764	1.528
Variació de la importació farratge sec (milers de tones)	0	1.827	3.654
Estalvi de emissions de CO ₂ (milers de tones)	1.200	1.222	1.350
Variació de l'ús de fertilitzants a Catalunya (tones de PO ₄ ³⁻)	0	-24 448	-48.895
Variació de l'ús de fertilitzants total (tones de PO ₄ ³⁻)	12.679	12.679	12.679
Variació de l'ús d'aigua a Catalunya (10 ⁶ m ³)	0	129	300
Variació de l'ús d'aigua total (10 ⁶ m ³)	667	1.002	1.255
Variació de les emissions d'òxids de nitrogen (%)	2	2	2
Variació de les partícules en suspensió (%)	10,1	10,1	10,1
Incentiu al desenvolupament rural a Catalunya (qualitatiu)	Cap	Baix	Mitjà
Incentiu al desenvolupament rural en total (qualitatiu)	Alt	Alt	Alt

Taula 23. Matriu d'impactes de les alternatives estudiades

i la volatilitat dels preus,⁷⁶ aquest tipus d'explotacions impliquen canvis en l'estructura econòmica i social de les poblacions afectades, i una major dependència dels mercats internacionals i de decisions polítiques preses a l'exterior.

Per totes aquestes raons, si es vol importar oli vegetal o biodièsel, és molt important tenir-ne en compte l'origen i com s'ha dut a terme el cultiu, per tal d'assegurar-se que no s'han afavorit processos de desforestació, ni que el conreu ha donat lloc a impactes ambientals en termes d'erosió del sòl, contaminació i ús excessiu d'aigua, i reducció de biodiversitat. La Unió Europea ha reconegut ja aquestes problemàtiques, i ha plantejat la necessitat d'establir un sistema de certificació que garanteixi l'adequació dels cultius, com proposa el Pla d'acció de la biomassa publicat el desembre de 2005.

2.6.4. Conclusions sobre el biodièsel

La taula 23 mostra els impactes de les alternatives analitzades en aquest estudi sota els diversos criteris escollits. Les columnes ombrejades indiquen els valors que són favorables pel biodièsel a gran escala, mentre que les columnes transparents inclouen els aspectes que són desfavorables.

La valoració global és que un ús a gran escala del biodièsel no és recomanable. Es vol subratllar que, com ja s'ha dit al text, en aquesta anàlisi s'han utilitzat els supòsits més favorables al biodièsel. Amb supòsits més *realistes*, com ara una relació *output/input* més baixa o un menor

aprofitament de les coques oleaginoses per part dels ramaders, els desavantatges del biodièsel serien encara més grans.

En el que queda de secció compararem els diferents impactes, positius i negatius, del biodièsel. Subratllem que aquestes conclusions es refereixen únicament a la producció de biodièsel a gran escala i de cultius específicament dedicats a aquesta finalitat. La producció de biocombustibles a petita escala i en condicions particulars (per exemple, en els casos en què es poden aprofitar sinergies amb altres produccions o en el cas de productors agrícoles que utilitzen biodièsel per al seu autoconsum) és positiva en diversos sentits. A més a més, l'ús de residus agrícoles⁷⁷ i d'olis vegetals reciclats per a la producció de biocombustibles és sempre aconsellable i hauria de ser incentivada, ja que d'una banda redueix els costos i l'impacte ambiental de la disposició de residus, i de l'altra permeten produir energia, augmentant l'eficiència del sistema.

En primer lloc, cal destacar que a causa dels baixos rendiments de la producció de biodièsel (0,5 tep per hectàrea), la superfície de sòl agrícola necessària per arribar als objectius del PEC seria enorme. De fet, si es volgués conrear tot el gira-sol a Catalunya es necessitarien al voltant d'1,2 milions de hectàrees, més del territori utilitzat actualment per a cultius, i el 40 % de la superfície de Catalunya. Com a conseqüència, bona part de la matèria primera necessària per produir el biodièsel hauria de ser importada en forma de llavors oleaginoses o d'oli vegetal. Això és el que ja preveu el PEC (pàgina 150).

76. Per exemple, el president de Mèxic, Felipe Calderón, va reconèixer a principis de gener de 2007 que l'augment de la demanda de blat de moro als Estats Units per a la producció de bioetanol és la causa principal de l'augment del preu de la farina de blat de moro, que afecta greument l'economia i la seguretat alimentària de Mèxic, ja que aquest és un aliment bàsic en aquest país (vegeu l'article d'*El País*, 12/01/06).

77. Per exemple, la Generalitat Valenciana vol promoure l'ús de restes de taronges per a la producció de bioetanol (<http://www.energias-renovables.com/paginas/Contenidosecciones.asp?id=9725>).

Utilitzar part del territori català per produir gira-sols per al biodièsel causaria una substitució de cultius alimentaris, amb la conseqüència d'un gran augment de les importacions. Sota els nostres supòsits, les importacions de cereals augmentarien en 0,8 milions de tones si només produïssin a Catalunya una quarta part de les oleaginoses necessàries per arribar a l'objectiu de l'Escenari IER. Aquest valor pujaria a 1,5 milions de tones si es produís a Catalunya la meitat de les llavors. Quant a les importacions de farratge, l'augment seria d'1,8 milions de tones en el primer cas i de 3,6 milions de tones en el segon.

A més a més, molt lluny de ser *verd* com s'afirma sovint, el biodièsel té un gran impacte ambiental associat a la fase agrícola, a causa d'una producció amb agricultura intensiva per obtenir els rendiments més alts possibles (si no fos així el biodièsel no seria rendible). En particular, a escala global el consum de fertilitzants augmentaria en 22.986 tones (equivalents a 12.679 tones de PO_4^{3-} ; és a dir, al voltant de l'1 % del consum total de fertilitzants de l'Estat espanyol). A més a més, el consum d'aigua de l'Estat espanyol augmentaria entre el 4 i el 7 %.

Quins serien els avantatges de produir uns impactes tan seriosos? Utilitzant les hipòtesis més favorables, arribar als objectius de l'Escenari IER implicaria reduir les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle d'un 3 % en relació amb les emissions previstes per a Catalunya en l'Escenari IER (i del 8-9 % pel que fa a les emissions previstes en el sector del transport).

En el cas de la contaminació urbana els resultats són ambivalents. D'una banda, un ús a gran escala de biodièsel reduiria la contaminació urbana en termes de PM10, tot i que l'augmentaria amb relació als òxids de nitrogen. De fet, si el biodièsel constituís el 20 % de tot el combustible usat a Catalunya, les partícules en suspensió es reduirien un 10,1 % (encara que les emissions de NOx augmentarien un 2 %). No obstant això, si l'objectiu de les polítiques sobre biodièsel fos la reducció de la contaminació urbana, seria més efectiva una política que afavorís l'ús de combustibles amb menors emissions de NOx i PM10 ja presents en el mercat (gasolina, metà, GLP). És, per tant, un argument feble per defensar els biocombustibles.

Finalment, el biodièsel podria impulsar el desenvolupament rural, és a dir, podria augmentar la renda dels agricultors catalans (òbviament, només si part de les llavors fossin conreades en territori català, amb la contrapartida d'un major impacte ambiental a Catalunya). La magnitud dels avantatges per al desenvolupament rural dependrà de factors difícilment previsible com el preu relatiu de les oleaginoses, l'evolució dels mercats internacionals de productes alimentaris, etc.

Una altra consideració que sorgeix d'aquesta discussió sobre l'oportunitat política del biodièsel és que com que el requeriment de terra és tan alt, la conseqüència probable d'un augment de l'ús de biodièsel a Catalunya seria un augment de les importacions d'olis vegetals de països del sud, amb el risc d'incentivar processos de desforestació i de substitució de cultius alimentaris, provocant l'erosió del sòl i la pèrdua de biodiversitat agrícola i forestal. En altres paraules, promovent els biocombustibles a gran escala, Catalunya podria reduir de manera modesta el seu impacte ambiental, tant en termes de contaminació urbana i d'emissió de gasos amb efecte d'hivernacle, a costa d'un gran impacte ambiental fora de les seves fronteres.

Per això, si es decideix produir biodièsel a Catalunya amb olis vegetals importats, s'hauria de vigilar atentament l'origen de la matèria primera per assegurar-se que no hagi substituït boscos humits al Brasil, Colòmbia o el sud-est asiàtic, i que no hagi produït un gran impacte ambiental. Sota aquest punt de vista, importar oli vegetal d'Andalusia (com s'assumeix en aquesta anàlisi) o d'altres parts de la Unió Europea podria oferir millors garanties en aquest sentit, a banda de reduir la despesa energètica per al transport.

En conclusió, encara que produir biocombustibles amb oli usat sempre és aconsellable i s'hauria d'incentivar tant com fos possible, no seria recomanable incentivar la producció de biodièsel a gran escala a partir de cultius específics, per raó del gran impacte que això comporta en comparació amb els petits avantatges relatius a l'estalvi energètic i la reducció d'emissions de gasos amb efecte d'hivernacle.

La idea que el biodièsel podria contribuir a solucionar els problemes d'alta dependència de la nostra societat respecte els combustibles fòssils no és només falsa, sinó també perillosa. De fet, podria facilitar una espècie d'optimisme tecnològic i de confiança en una solució tècnica al problema energètic, quan l'única solució és modificar els patrons de consum, incentivant l'estalvi i l'eficiència energètica.

2.7. Conclusions sobre l'energia primària

Aquest extens capítol ha presentat les dades i l'anàlisi sobre la producció i el consum d'energia primària a Catalunya en les seves diverses formes.

La principal conclusió és tornar a posar de manifest que l'evolució del país i el desenvolupament econòmic van lligats a un major consum d'energia. Aquest major consum té una sèrie d'impactes segons siguin les fonts energètiques que s'utilitzin per satisfer-lo. Catalunya no n'és

un bon exemple, ja que té una gran dependència respecte de combustibles fòssils i d'importació.

Catalunya gairebé ha doblat el consum d'energia primària en el període 1990-2005, amb un creixement interanual del 3 %, superior al creixement del PIB.

La dependència respecte dels combustibles fòssils s'ha accentuat tant en termes absoluts com relatius, a causa de l'estancament de la generació d'origen nuclear, i l'any 2005 era del 70 %. Tenint en compte que la dependència respecte la nuclear (la qual depèn també d'urani importat) és del 20 %, Catalunya se situa en una dependència exterior del 90 % per l'energia primària consumida.

Quant a la utilització de l'energia pels diferents sectors, el sector de l'energia, tot i utilitzar més energia en termes absoluts (perquè transforma més energia que serà usada per la resta de l'economia), ho fa amb més eficiència. És a dir, necessita menys energia per fer disponible la mateixa quantitat d'energia a la resta de sectors consumidors finals. Això és degut al canvi de combustible cap al gas natural (que assoleix eficiències més altes) i a les millores tècniques.

Després del sector de l'energia els sectors més importants són el transport (que està creixent força en els darrers anys), i la indústria (que retrocedeix en termes relatius). Més petits, però amb creixements forts de consum tenim el sector domèstic i els serveis.

És important assenyalar com el transport i el sector primari estan dominats pels productes petrolífers, que creixen amb força, mentre que a la resta de sectors els vectors energètics que més creixen són el gas natural (indústria i domèstic) i l'electricitat (domèstic i serveis).

La generació amb renovables només representava el 2005 un 2,5 % del consum total d'energia a Catalunya. A més, hem de tenir en compte que gran part d'aquesta generació és hidràulica (incloent-hi la gran hidràulica).

L'energia solar fotovoltaica és pràcticament inexistent, la solar tèrmica té poca presència i un creixement baix, i només l'eòlica i el biogàs sembla que creixen a ritmes més alts, tot i que encara estan a nivells molt baixos.

D'aquesta manera, Catalunya està molt lluny dels objectius del Pla de l'energia, i calen taxes de creixement interanual entre el 2005 i el 2015 molt elevades per poder assolir aquests objectius, com ara del 43 % per l'eòlica, o del 38 % per la fotovoltaica i del 35 % pels biocarburants. Això vol dir que la societat ha de fer un esforç considerable en els propers anys, i tot això per arribar només a una participació de les renovables del 9 % respecte del total el 2015.

En definitiva, la dependència energètica respecte de l'exterior que pateix el país augmentarà en el temps, i tindrà una sèrie de riscos per a l'economia. Aquest elevat risc associat a la dependència ve donat per la concentració de les importacions d'uns determinats països tant pel gas (Algèria) com pel petroli (països de l'OPEP), però també per l'estat de les infraestructures, com és el cas del gas natural, que no permeten diversificar les fonts d'origen perquè les plantes gasificadoras i la resta d'equipament ja han assolit la seva màxima utilització.

Davant d'aquesta situació Catalunya té encara l'oportunitat de posicionar-se com a país rellevant en el foment de les energies renovables i és per això que s'han detallat les barreres que frenen la seva expansió al país.

L'anàlisi exhaustiva de l'acompliment dels objectius previstos al Pla de l'energia de Catalunya per al biodièsel mostra que l'assoliment dels objectius amb producció autòctona és impossible, ja que es requeriria un 131 % de la terra cultivable i, per tant, s'hauran d'importar les llavors oleaginoses o bé directament l'oli vegetal, externalitzant a altres territoris els impactes ambientals associats.

Referències

- AEE (2006). *Eólica 2006*. Madrid: Asociación Empresarial Eólica. <http://www.aeeolica.org>
- AIE (2005). *Energy Statistics Manual*. París: Agència Internacional de l'Energia. http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2005/statistics_manual.pdf
- ALTIN R.; ÇETINKAYA S.; YUCESU H. Y., (2001). "The potential of using vegetable oil fuels as fuel for diesel engines", *Energy Conversion and Management* 42:529-538.
- ANTA, J. (2006). *Energía solar fotovoltaica*. Presentació del president d'ASIF a la Jornada d'energia solar fotovoltaica "Una oportunidad para todos", organitzada per la revista *Energías Renovables* a Madrid el 22 de novembre de 2006.
- APPA & PRICEWATERHOUSECOOPERS (2005). *Una Estrategia de Biocarburantes para España (2005-2010) Adaptación a los objetivos de la Directiva 2003/30/CE*, http://www.appa.es/descargas/Estrategia_Biocarbur_APPA.pdf
- ASIF (2005). *Hacia una electricidad respetuosa con el medio ambiente*. Informe ASIF. Octubre 2005. http://www.asif.org/files/INFORME_ASIF_OCTUBRE_05_Revisado_Final.pdf
- ASIF (2006). *Situación de la Energía Solar Fotovoltaica (Resumen)*. http://www.asif.org/files/ASIF_Situac_FV_Spain_Resumen_2005_Rev_sep2006.pdf
- ASIF (2006b). *Hacia una generación eléctrica competitiva*. Informe ASIF. Octubre 2006. http://www.asif.org/files/INFORME%20ASIF%202006_E3.pdf
- ASIT (2006). *Promoción y despliegue industrial de la energía solar térmica: Desarrollo industrial y comercial de la energía solar térmica en España*. Presentació al Seminari sobre energia solar de la Universitat Politècnica de Madrid, el 22 de febrer de 2006.
- BEER, T.; GRANT, T.; WATSON, H.; OLARU, D. (2004). *Life-Cycle Emissions Analysis of Fuels for Light Vehicles*. Report HA93A-C837/1/F5.2E to the Australian Greenhouse Office.
- BERNESSON, S.; NILSSON, D.; HANSSON, P.A. (2004). "A limited LCA comparing large- and small- scale production of rape methyl ester (RME) under Swedish conditions". *Biomass and Bioenergy*, 26, p. 545-559.
- BIONDI, P.; PANARO, V.; PELLIZZI G. (ed.) (1989). *Le richieste d'energia del sistema agricolo italiano*. Roma: CNR i ENEA.
- BONA, S.; MOSCA, G.; CAMERALI, T. (1999). "Oil crops for biodiesel production in Italy", *Renewable Energy*, 16, p. 1053-1056.
- BRIMBLECOMBE, P. (1996). *Air composition and chemistry*. Cambridge Environmental Chemistry Series (2nd edition).
- CARDONE, M.; MAZZONCINI, M.; MENINI, S.; ROCCO, V.; SENATORE A.; SEGGIANI M.; VITOLO, S. (2003). "Brassica carinata as an alternative oil crop for the production of biodiesel in Italy: agronomic evaluation, fuel production by transesterification and characterization", *Biomass and Bioenergy*, 25(6), p. 623-636.
- CARRERE, R. (coord.) (2006), Oil Palm. From Cosmetics to Biodiesel, Colonization lives on, World Rainforest Movement, www.wrm.org.uy
- CENER; SOCINTEC; FUNDACIÓN PARA EL FOMENTO DE LA INNOVACIÓN INDUSTRIAL (2005). *Renovalia. Situación de las energías renovables en España. Informe final*. Madrid: Ministeri d'Educació i Ciència (març de 2005).
- CLIVE, J. (2005). "Global status of commercialized biotech/gm crops". *ISAAA BRIEFS NO. 34-2005*, <http://www.isaaa.org>.
- CNE (2006). *Informe sobre producción de energia en régimen especial el 2005*. Madrid: Comissió Nacional de l'Energia.
- COMISSIÓ EUROPEA (2007). *Comunicació de la Comissió al Consell Europeu i al Parlament europeu. Una política energètica per a Europa* (COM(2007) 1 final; Brussel·les, 10.1.2007).
- ENUSA (2005). *ENUSA Informa*, 36, maig de 2005. Madrid.
- ENUSA (2006). *Informe Anual 2005*. Madrid.
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (2002). *A Comprehensive Analysis of Biodiesel Impacts on Exhaust Emissions*, Draft Technical Report EPA420-P-02-001.
- ESPEJO MARÍN, C. (2002). "La producción de electricidad de origen nuclear en España", *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 33, p. 65-77.
- FEDERICI M.; ULGIATI S.; VERDESCA D.; BASOSI R. (2003). "Efficiency and sustainability indicators for pas-

senger and commodities transportation systems: The case of Siena, Italy”, *Ecological Indicators* 3(3), p. 155-169.

FOLCH, R.; CAPDEVILA, I.; OLIVA, A.; MORESCO, A. (2005). *L'energia en l'horitzó del 2030*. Barcelona: Generalitat de Catalunya, Departament de Treball i indústria.

FORO NUCLEAR (2004). *Energía Nuclear y Garantía de Suministro*. Madrid: Foro Nuclear.

FORO NUCLEAR (2005). *Resultados y Perspectivas Nucleares 2005*. Madrid: Foro Nuclear.

FRIENDS OF THE EARTH (2004). *Greasy Palms: European Buyers of Indonesian Palm Oil*. www.foe.co.uk/resource/reports/greasy_palms_buyers.pdf

GENERALITAT DE CATALUNYA (2005). *Programa de desenvolupament rural de Catalunya 2000-2006*. Barcelona: Generalitat de Catalunya, Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca.

GENERALITAT DE CATALUNYA (2006). *Pla de l'Energia de Catalunya 2006-2015. Pla Estratègic*. Barcelona: Generalitat de Catalunya, Departament de Treball i Indústria.

GIAMPIETRO, M.; ULGIATI, S. (2005). “Integrated assessment of large- scale biofuels”, *Critical Reviews in Plant Sciences*, 24, p. 1-20.

GIAMPIETRO, M.; ULGIATI, S.; PIMENTEL D. (1997). “Feasibility of Large- Scale Biofuel Production: does an enlargement of scale change the picture?” *BioScience*, 47(9), p. 587-600.

GÓMEZ-LIMÓN; ATANCE, I. (2004). “Identification of public objectives related agricultural sector support”, *Journal of Policy Modeling*, 26, p. 1045-1071.

GORREE M.; VAN OERS, L.; GUINÉE, J. (1999). *Impact categories and baseline characterisation factors proposed in the Guide (Thinktank DT.031)*, CML, Leiden, Països Baixos.

GRABOSKI, M.S.; ROBERT, L.; MCCORMICK, R.L. (1998). “Combustion of fat and vegetable oil derived fuels in diesel engines”. *Progress in Energy and Combustion Science* 24(2), p. 125-164.

HIS, S. (2004). *Panorama 2005. A look at Biofuels Worldwide*, Institut Français du Pétrole, Rueil-Malmaison France. http://www.ifp.fr/IFP/en/files/cinfo/IFP-Panorama05_07-BiocarburantVA.pdf.

ICAEN (2006). *Balanços d'Energia Primària 1990-2005*. Barcelona: Institut Català de l'Energia. (Mimeo)

IDESCAT (2005). *Anuari Estadístic de Catalunya*. Barcelona: Generalitat de Catalunya, Institut d'Estadística de Catalunya.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (IGME) (2002). *Panorama Minero: Uranio* <http://www.igme.es/internet/RecursosMinerales/panoramaminero/minerales/uranio03.htm>

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (2006). *Anuario Estadístico de España 2006*. Madrid.

JANULIS, P. (2004). “Reduction of energy consumption in biodiesel fuel life cycle”. *Renewable Energy*, 29(6), p. 861-871.

KALLIGEROS, S.; ZANNIKOS, F.; STOURNAS, S.; LOIS, E.; ANASTOPOULOS, G.; TEAS, CH.; SAKELLAROPOULOS, F. (2003). “An investigation of using biodiesel/marine diesel blends on the performance of a stationary diesel engine”. *Biomass and Bioenergy* 24(2), p. 141-149.

KALLIVROUSSIS, L.; NATSIS, A.; PAPADAKIS, G. (2002). “Rural Development: The Energy Balance of Sunflower Production for Biodiesel in Greece”. *Biosystems Engineering* 81(3), p. 347-354.

LABECKAS, G.; SLAVINSKAS, S. (2005). “The effect of rapeseed oil methyl ester on direct injection. Diesel engine performance and exhaust emissions”. *Energy Conversion and Management* 47(13-14), p.1954-1967.

MACÍAS, E. (2006). *Situación actual de los fabricantes de módulos fotovoltaicos*. Presentació del representant d'ISOFOTON a la Jornada d'energia solar fotovoltaica “Una oportunitat para todos”, organitzada per la revista *Energías Renovables* a Madrid el 22 de novembre de 2006.

MANAHAN, S.E., (2004). *Environmental Chemistry* - 8th edition, CRC Press.

MC CORMICK; ALEMAN, T.L. (2005). “Effect of biodiesel fuel on pollutant emissions from diesel engines”. A: KNOTHE, G.; VAN GERPEN, J.; KRAHL, J. (editors), *Biodiesel Handbook*, AOC.

MINISTERI D'AGRICULTURA, PESCA I ALIMENTACIÓ (2003). *Anuari d'estadística agroalimentària*. <https://www.mapa.es/ca/estadistica/pags/anuario/introduccion.htm>

MINISTERI D'INDÚSTRIA, TURISME I COMERÇ – IDAE (2005). *Plan de Energías Renovables en España 2005-*

2010 (PER). Instituto para la Diversificación y el Ahorro Energético (IDAE). Madrid: Ministeri d'Indústria, Turisme i Comerç.

MINISTERI D'INDÚSTRIA, TURISME I COMERÇ (2006). *La Energía en España 2005*. Madrid.

MONBIOT, G. (2005). "Worse than fossil fuels". *The Guardian* (6 de desembre, 2005)

MORRIS, R.E.; POLLACK, A.K.; MANSELL, G.E.; LINDHJEM, C.; JIA, Y.; WILSON, G. (2003). *Impact of Biodiesel Fuels on Air Quality and Human Health*. Report NREL/SR-540-33793 to National Renewable Energy Laboratory, USA.

MOSQUERA, P.; MERINO, L. (2006). *Empresa y energías renovables: lo que su empresa debe saber sobre energías renovables, eficiencia energética y Kioto*. Fundacion confemetal. Fc editorial / energías renovables.

OCDE (2006). *Uranium 2005: Resources, Production and Demand*. Organització per a la Cooperació i el Desenvolupament Econòmic. París.

ROCCHETTA, C. (1992). "Le esperienze sul biodiesel in Italia ed in Europa". *Notiziario dell'Enea e di Renagri*. Gennaio-Marzo, 1992, Agricoltura e innovazione. Nuove Tecnologie, Energia, Biotecnologia, p. 67-71.

THE ECONOMIST (2006). *Uranium. Glowing*. p. 49-50 (19-25 d'agost de 2006).

TURRIO-BALDASSARRI, L.; BATTISTELLI, C.L.; CONTI, L.; CREBELL, R.; DE BERARDIS, B.; IAMICELI, A.L.; GAMBINO, M.; IANNACCONE, S. (2004). "Emission comparison of urban bus engine fueled with diesel oil and 'biodiesel' blend", *Science of the Total Environment* 355(1-3), p. 64-77.

UIC (2006a). *Nuclear Issues Briefing Paper 36*, May 2006. Uranium Information Centre, Melbourne, Australia.

UIC (2006b). *Nuclear Power in Spain*, Briefing Paper #85, May 2006. Uranium Information Centre, Melbourne, Australia.

ULGIATI, S. (2001). "A comprehensive Energy and Economic Assessment of Biofuels: When "Green" is not enough", *Critical Reviews in Plant Sciences* 20(1), p. 71-106.

ULGIATI, S., RUSSI, D.; RAUGEI, M. (propera publicació). "Biofuel production in Italy and Europe: benefits and costs, in the light of the present European Union biofuel

policy", A: Pimentel D. (ed.), *Renewable Energy Systems: Environmental and Energetic Issues*, Springer Science.

UNDP (2006). *Human Development Report 2006: Beyond Scarcity: Power, poverty and the global water crisis*. New York. Disponible online a <http://hdr.undp.org/hdr2006/>

USES (1980). *Enciclopedia della Scienza*, vol. VII, 436. USES, Ed. Scientifiche, Firenze.

VENTURI, P.; VENTURI, G., (2003). "Analysis of energy comparison for crops in European agricultural systems", *Biomass and Bioenergy* 25(3), p. 235-255.

ZIEGLER, JEAN (2004). *El dret a l'alimentació al món*. Informe del relator especial de les Nacions Unides pel Dret a l'Alimentació. Àgora Nord-Sud.

3. Consum final d'energia

Vicent Alcàntara, Emilo Padilla i Jordi Roca Jusmet

Vicent Alcàntara és economista i professor titular del Departament d'Economia aplicada de la UAB. Investigador adscrit a l'Institut de Ciència i Tecnologia Ambiental (ICTA) de la UAB. Expert en taules *Input-Output* monetàries i físiques, en la relació entre economia i energia i emissions de CO₂, així com en indicadors biofísics de sostenibilitat, ha publicat articles en revistes internacionals sobre el consum d'energia i les emissions de CO₂ associades, tant a Espanya com arreu del món.

A/e: Vicent.Alcantara@uab.cat

Jordi Roca Jusmet és doctor en Economia i catedràtic en el Departament de Teoria Econòmica de la Universitat de Barcelona. Especialitzat en economia ecològica, ha fet diversos treballs sobre energia, emissions de gasos amb efecte d'hivernacle, comptabilitat econòmica i ambiental i fiscalitat ambiental. Entre les seves publicacions destaca el llibre *Economía ecológica y política ambiental* (amb Joan Martínez Alier), publicat pel Fondo de Cultura Económica, l'informe *Experiències autonòmiques de fiscalitat ambiental i propostes per a Catalunya* (amb Ignasi Puig i Enric Tello; Departament de Medi Ambient i Habitatge de la Generalitat de Catalunya, 2005) i la seva contribució a *El final de la era del petróleo barato* (coordinat per Joaquím Sempere i Enric Tello, editorial Icaria, 2008). També ha publicat nombrosos articles en altres llibres col·lectius i revistes (*Ecological Economics*, *Energy Economics*, *Energy Policy*, *Environmental and Resource Economics*, *Ecología Política*,...).

A/e: jordiroca@ub.edu

Emilio Padilla és economista i professor titular d'Economia Aplicada a la UAB, especialitzat en economia ecològica, fiscalitat ambiental, equitat, canvi climàtic i economia de l'energia. Ha publicat articles en revistes internacionals sobre el consum d'energia a Espanya i les emissions de CO₂ associades, així com sobre fiscalitat ambiental.

A/e: Emilio.Padilla@uab.cat

Capítol 3. Consum final d'energia

- 3.1. Introducció: objectiu i base de dades
- 3.2. Evolució dels consums finals d'energia (1990–2005)
- 3.3. Dels consums finals d'energia als requeriments d'energia primària: plantejament metodològic i limitacions
- 3.4. Aplicació de la metodologia a l'anàlisi dels consums finals i requeriments d'energia primària a Catalunya 2005
- 3.5. Els canvis en les matrius de transformació de Catalunya entre 1990–92 i 2003–05
- 3.6. Els factors explicatius dels canvis en els requeriments d'energia primària associats al consum final: metodologia
- 3.7. Els factors explicatius dels canvis en els requeriments energia primària associats al consum final: Catalunya 1990-92/2003-05
- 3.8. Conclusions

3.1. Introducció: objectiu i base de dades

Aquest capítol presenta una metodologia d'anàlisi de les dades de consums finals d'energia que és complementària a la resta de l'anàlisi de l'estudi. La metodologia permet veure fàcilment la quantitat d'energia primària que *arrossega* un determinat nivell de consum d'energia final per als diferents sectors o activitats.

Per tant, la perspectiva d'aquest capítol no tan sols és descriure les tendències en els consums finals d'energia a Catalunya durant el període 1990-2005, sinó veure les seves implicacions en requeriments d'energia primària. Per desenvolupar aquesta tasca necessitem una base de dades que permeti establir aquestes relacions.

La base de dades utilitzada és la mateixa que hem fet servir al capítol 2 en parlar d'energia primària, és a dir, els balanços energètics de Catalunya, facilitats per al període 1990-2005 per l'Institut Català de l'Energia (ICAEN). Agraïm a l'ICAEN, i especialment a Joan Esteve i Albert Casanovas, no només haver-nos facilitat aquesta base de dades sinó la seva predisposició constant a aclarir tots els nostres dubtes sobre aquesta informació. Les dades de 2004 i 2005 són avanços que poden experimentar variacions significatives quan es considerin definitives.

Les fonts d'energia primària considerades en aquests balanços són les següents. En primer lloc, els tres combustibles fòssils: el carbó, el petroli i el gas natural¹. D'altra banda, tenim també com a fonts primàries diferents formes d'obtenir electricitat com són l'energia nuclear, la hidroelectricitat, l'eòlica i la solar fotovoltaica. Tal com fa la metodologia actual de l'Agència Internacional de l'Energia, l'energia nuclear es comptabilitza per la calor generada a les centrals nuclears, mentre que en els altres casos es comptabilitza com a energia primària només el valor energètic de l'electricitat efectivament generada.² En tercer lloc, tenim la captació de calor a partir de l'energia solar (*solar tèrmica*). En quart lloc, es comptabilitzen també com a fonts primàries diversos aprofitaments energètics –de vegades en forma d'electricitat i de vegades en forma de calor– principalment de fluxos residuals que l'ICAEN classifica com a: *biomassa* (forestal i agrícola), *biogàs* (aprofitat dels abocadors i també de llots de depuradora, purins i residus de la indústria agroalimentària), *residus renovables* (les plantes d'incineració de residus sòlids urbans) i *residus no renovables* (l'hidrogen i altres gasos residuals de procés, bàsicament del sector químic, i altres residus industrials). En darrer lloc, tenim els biocarburants classificats en bioeta-

nol i biodièsel que inclouen tant l'aprofitament de residus –com ara olis vegetals utilitzats– com els anomenats *cultius energètics*. Respecte a aquests darrers, caldria fer un parell de precisions. La primera, terminològica, és que la producció d'aliments també es pot qualificar, òbviament, com a cultiu energètic;³ però atès que aquest treball estudia només l'energia *exosomàtica* (és a dir, la controlada pels humans però consumida fora del nostre cos), els únics *cultius energètics* rellevants per a nosaltres són els que no estan destinats a alimentar la població humana (és a dir, a proveir energia *endosomàtica*). La segona qüestió que cal destacar és que per obtenir aquests cultius es produeix una forta despesa energètica que no està inclosa en el balanços energètics ja que forma part d'altres sectors –com ara l'agrari– per la qual cosa la mateixa classificació com a font primària –que mantenim– pot portar a confusió perquè dona la impressió que s'afegeix sense més a l'oferta energètica.⁴

Hi ha alguns petits problemes en la continuïtat de la sèrie temporal de dades, però afecten fonts energètiques amb molt poc pes relatiu i gairebé no alteren els resultats globals. Els principals són que hi ha un salt en la informació sobre l'ús de biomassa, que sembla molt incompleta fins a l'any 1997 i que per als anys anteriors a 1996 no hi ha informació sobre *residus no renovables*.

L'energia disponible també es veu augmentada quan s'importen energies ja transformades, com ara l'electricitat o els productes del petroli ja refinats. D'aquest fet també n'informen els balanços energètics. En un apartat posterior ens referirem al tractament d'aquestes importacions.

Els balanços d'energia posen de manifest les interrelacions entre els sectors energètics i també mostren el consum final d'energia per part de diferents sectors o activitats. Les fonts de consum final considerades són les mateixes que abans exceptuant-ne el petroli cru, l'energia nuclear, la hidràulica, la fotovoltaica i afegint-hi l'electricitat i els derivats del petroli. Lamentablement, la informació sectorial del consum final facilitada per l'ICAEN és força agregada de manera que considera només cinc sectors: *primari*, *industrial* (que inclou la construcció), *serveis*, *transport* i *domèstic*. Per fer aquest treball no hem disposat, doncs, d'informació desagregada en diferents sectors industrials (que seria força important per situar les responsabilitats relatives de diferents activitats i que, a més, podria permetre una anàlisi *input-output* més completa). Tampoc no tenim estimacions –i això és molt difícil de resoldre– sobre com el consum energètic en transport es distribueix entre el *sector transport* com a sector

1. Respecte al carbó, a les dades dels balanços es distingeix entre el lignit i altres tipus de carbó. Nosaltres els hem considerat de forma agregada.

2. Això és important tenir-ho en compte a l'hora de valorar les xifres: una unitat d'energia primària d'energia nuclear correspon a una quantitat d'electricitat molt més petita –aproximadament la tercera part– que una unitat d'hidroelectricitat.

3. I, de fet, el cost d'oportunitat dels cultius per *alimentar* cotxes pot ser de vegades deixar de cultivar aliments per a les persones.

4. Si féssim tots els càlculs, l'energia gastada per obtenir l'energia en forma de biocombustible seria molt gran (fins i tot podria resultar, en alguns casos extrems, que l'activitat –potser viable gràcies a subvencions– fos absurda energèticament, en consumir més energia de la que s'obté). Vegeu l'apartat 6 del bloc 2 d'aquest estudi.

econòmic i el transport privat particular, de forma que sempre tractem el *transport* com un tot.⁵ Aquesta és una diferència metodològica respecte del treball del capítol 6, on s'atribueix al sector domèstic part de l'energia consumida al sector del transport. En tot cas, la complementarietat de totes dues anàlisis fa que aquesta diferència aportí més informació que no pas en tregui. Com ja s'ha mencionat, una millor disponibilitat de dades ajudaria a resoldre aquesta situació. A més dels cinc usos anteriors de l'energia final, cal afegir també la demanda dels *usos no energètics* (especialment derivats del petroli utilitzats com a matèria primera de la indústria petroquímica) i del *saldo exportador energètic* que en el primer cas no és pròpiament una demanda energètica i en el segon cas es pot considerar *responsabilitat* dels territoris importadors.

3.2. Evolució dels consums finals d'energia (1990-2005)

Com ja hem apuntat, l'objectiu d'aquest capítol és analitzar quanta energia primària cal per proveir els diferents consums finals d'energia d'empreses, ciutadans i administracions públiques. Començarem, però, donant una perspectiva general sobre l'evolució d'aquests consums finals.

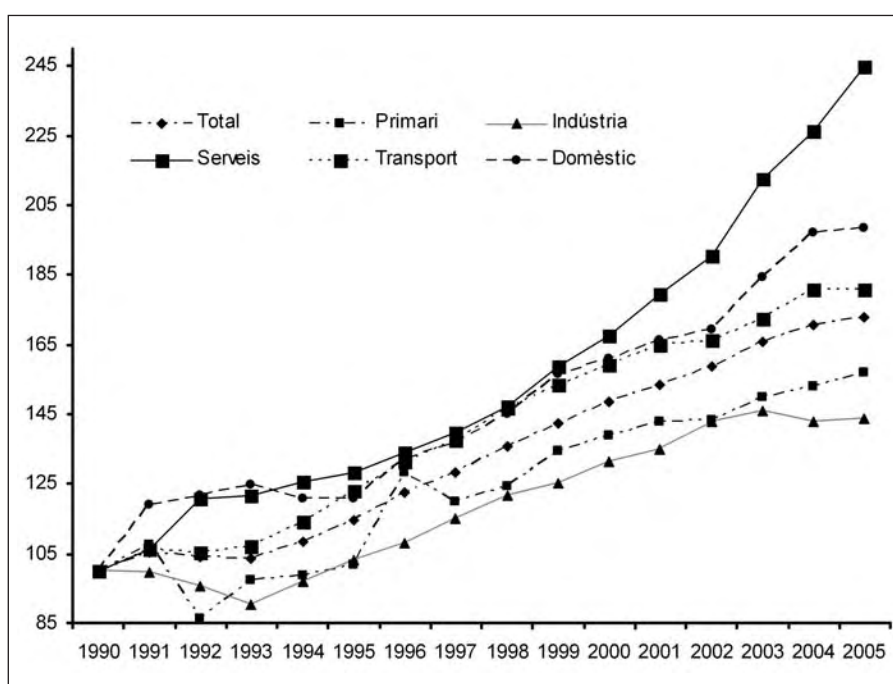


Fig. 30. Evolució dels consums finals d'energia total i per sectors. Catalunya, 1990-2005, base 1990=100

Font: elaboració pròpia a partir dels balanços d'energia facilitats per l'ICAEN.

Al capítol 2 ja es presenten dades en aquest sentit, però la diferència és que aquí no considerarem l'ús del propi sector de l'energia, ja que aquest té, des del nostre punt de vista, un paper merament de proveïdor i transformador de les energies primàries en energies disponibles per al seu ús. A diferència del que succeïa al capítol 2, que s'ocupava del consum total d'energia primària del país, les que ens interessin en aquest capítol són les energies disponibles per ser usades.

A la figura 30 podem veure com evoluciona el total del consum final d'energia i els cinc components en què podem dividir-lo, segons les dades disponibles, expressat en números índex (base 1990=100).

	1990		2005		Augment en termes absoluts	Percentatge d'augment sobre augment total
	ktep	percentatge sobre el total	ktep	percentatge sobre el total		
Primari	405,3	4,4	635,6	4,0	230,3	3,4
Indústria	3.605,9	39,1	5.178,2	32,5	1.572,3	23,4
Serveis	788,4	8,5	1.930,0	12,1	1.141,6	17,0
Transport	3.329,1	36,1	6.018,4	37,7	2.689,3	40,1
Domèstic	1.099,9	11,9	2.180,7	13,7	1.080,8	16,1
Totals	9.228,6	100	15.943,0	100	6.714,4	100

Taula 24. Consums finals d'energia per sectors. Valors absoluts, pes relatiu i variació. Catalunya, 1990-2005

Font: elaboració pròpia a partir dels balanços d'energia facilitats per l'ICAEN.

5. També cal dir que, quan parlem d'energia del transport, ens referim a una part –la més important, però no l'única– del cicle total del transport. En sentit més ampli, podríem incloure –en una perspectiva de cicle de vida– la despesa energètica de fer cotxes, construir i mantenir carreteres, etc. Vegeu Antonio Estevan (2005).

En aquesta figura podem veure dos comportaments molt diferenciats. D'una banda, els sectors primari i industrial pels quals hi ha una certa disminució en el consum energètic a començament dels anys noranta tot i que, en conjunt, l'augment de consum d'energia és molt important; d'altra banda, els serveis, el transport i el consum residencial amb un augment del consum d'energia durant pràcticament tots els anys i relativament molt més important per al conjunt del període de setze anys analitzat.

A la taula 24 hem vist el pes relatiu sobre el consum final dels cinc sectors considerats. Podem veure com, des del punt de vista del consum final d'energia, el transport s'ha convertit en l'activitat més important per sobre de la indústria. Alhora, el transport ha estat l'activitat que, en termes absoluts, ha experimentat un major augment en el consum d'energia.

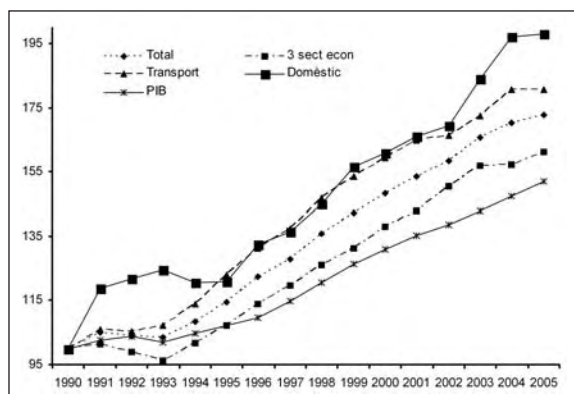


Fig. 31. Evolució dels consums finals d'energia total i per sectors i del PIB real. Catalunya, 1990-2005, base 1990=100

Font: elaboració pròpia a partir dels balanços d'energia facilitats per l'ICAEN. Per al PIB: sèrie homogenia a preus constants.

A la figura 31 apareix la comparació de l'evolució del PIB català a preus constants amb la dels diferents consums finals d'energia, ara distingint només entre el total dels tres grans sectors econòmics (primari, indústria i serveis excloent-ne el transport), el transport (privat i comercial) i el domèstic. Podem veure que, com a tendència, tots els consums d'energia van superar en creixement el PIB català, un fet que es tradueix en una creixent intensitat energètica de l'economia catalana.

Pel que fa a les formes d'energia final utilitzades, la taula 25 en resumeix els canvis més significatius.

Podem veure com el consum final de carbó –ja molt petit el 1990– pràcticament desapareix, mentre que totes les altres formes d'energia creixen en valor absolut. En pes relatiu creix, sobretot l'ús del gas; l'electricitat també augmenta el seu pes però de manera molt més moderada. Aquestes tendències ja han estat analitzades al capítol 2, on també es fa atenció especialment a l'evolució de l'ús d'energies renovables distingint-ne les diverses fonts

	1990		2005	
	ktep	% del total	Ktep	% del total
Carbó	355,6	3,9	24,2	0,2
P. petrolífers	5.195,4	56,3	8.219,0	51,6
Gas	1.437,0	15,6	3.632,0	22,8
Residus no renovables	0	0	44,4	0,3
Electricitat	2.165,3	23,5	3.873,5	24,3
Renovables	75,3	0,8	150,0	0,9
TOTAL	9228,6	100	15943,0	100

Taula 25. Consums finals d'energia segons tipus d'energia. Valors absoluts i proporció respecte del total. Catalunya, 1990-2005

Font: elaboració pròpia a partir dels balanços d'energia facilitats per l'ICAEN.

agrupades en aquest epígraf. L'evolució del consum final segons diferents formes d'energia sector a sector apareix a l'annex F; aquesta informació és clau per a l'anàlisi que en fem, tant en aquest capítol com al capítol 6.

3.3. Dels consums finals d'energia als requeriments d'energia primària: plantejament metodològic i limitacions

Tant la prospectiva sobre usos futurs d'energia com la política energètica –a l'hora d'establir prioritats– han de considerar no només quins són els consums finals d'energia sinó tenir en compte el conjunt de requeriments d'energia primària –la seva magnitud i la seva composició– que possibiliten aquest consum final d'energia. És aquest requeriment d'energia primària el que determina la quantitat total de recursos que hem d'extreure de la natura (internament o en altres llocs) i les pressions ambientals generades.

D'altra banda, tant per la prospectiva com per orientar les decisions polítiques, és fonamental saber quines són les responsabilitats relatives en l'ús energètic total dels diferents tipus d'activitats. Per exemple, és important saber quin és i com evoluciona el requeriment d'energia del transport, del consum residencial o d'un determinat sector econòmic. L'aproximació habitual d'aquesta anàlisi consisteix a desagregar les dades sobre consum (o demanda) final d'energia tal com hem fet a l'apartat anterior. Aquesta perspectiva dona una informació important però és insuficient i pot portar alguns cops a conclusions errònies. Per posar un exemple, si una família utilitza una cuina elèctrica i ens limitem a mesurar aquest consum d'energia en forma d'electricitat, ens oblidem que per obtenir aquesta electricitat s'ha hagut de disposar d'una quantitat d'energia primària que és molt superior a l'energia finalment obtinguda. Si ens fixem només en el consum final podríem concloure que un creixent ús

d'electricitat per part de les llars o les indústries per obtenir les mateixes prestacions o els mateixos productes augmenta l'*eficiència energètica*, quan en realitat és possible que les necessitats totals d'energia augmentin si tenim en compte tota l'energia primària dissipada. Expressat en altres termes, és important saber quina és l'energia (primària) requerida per disposar de l'energia utilitzada per les indústries, els agricultors, les llars, els serveis privats i públics, etc.

L'objectiu principal d'aquest capítol és utilitzar una metodologia que és molt simplificadora però que permet donar una bona aproximació a partir de les dades disponibles a Catalunya sobre l'evolució del total i la composició de l'energia primària necessària per satisfer les necessitats dels diferents sectors econòmics.

La idea bàsica de la metodologia és partir de les relacions energètiques (en termes físics) *input-output* que ens proporcionen els balanços energètics de Catalunya per estimar els requeriments directes i indirectes d'energia primària per proporcionar una unitat de les diferents formes d'energia final.⁶

Per exemple, per cada kg d'equivalent petroli en forma d'electricitat en realitat necessitem una energia molt més gran, ja que cal produir més electricitat perquè una part es perd en les xarxes de distribució, es consumeix a les centrals elèctriques, s'utilitza per bombejar aigua que es farà servir per obtenir electricitat, etc.; a més, i encara molt més important, la producció d'aquesta electricitat en gran part es fa en centrals tèrmiques (nuclears o alimentades amb combustibles fòssils) en les quals la major part d'energia primària es dispersa en forma de calor en el procés de transformació. De la mateixa manera, el procés de transformació de petroli cru en els seus derivats utilitza energia, de forma que l'ús d'un kg d'equivalent petroli en forma de productes derivats de petroli comporta disposar de més d'un quilogram de petroli cru.

A l'apartat següent il·lustrarem la metodologia a partir de les dades reals de l'any 2005.

El primer pas consisteix a trobar els coeficients d'energia (primària i secundària) directes per unitat de consum final que s'utilitzen en processos de transformació, consums interns o en pèrdues de distribució. Aquests serien els components de la matriu *A* de coeficients energètics, on *A* és una matriu quadrada d'ordre *n* (*n* x *n*), essent *n* el nombre total de tipus d'energia (primària i secundària) considerats.

Com és habitual en la perspectiva *input-output*, si volem calcular les necessitats totals –directes i indirectes– per disposar d'una unitat d'energia en les seves diverses formes –per exemple, en forma d'electricitat– haurem de calcular la matriu inversa: $(I - A)^{-1}$ on *I* representa la matriu unitària d'ordre *n*.

Com que la matriu obtinguda contindrà fonts d'energia primàries i secundàries, per evitar dobles comptabilitats ens limitarem a considerar les fileres corresponents a fonts primàries d'energia i les columnes corresponents a energies secundàries. Cal aclarir, però, que algunes energies apareixeran amb el mateix nom com a fonts energètiques primàries i secundàries, com és el cas del carbó o el gas natural, mentre que altres només apareixeran com a primàries (per exemple, nuclear) o secundàries (per exemple, electricitat).

Abans de passar a l'exemple numèric assenyalarem algunes limitacions. La primera és que una anàlisi més completa requeriria tenir en compte que part dels usos que aquí es consideren com a *finals* són en realitat utilitzats per proveir el *sector energètic*, com és el cas de l'energia utilitzada per produir els *inputs* industrials que s'utilitzen per part de les centrals tèrmiques o en el transport de carburants. Aquesta limitació només podria superar-se fent ús de taules *input-output* del conjunt de l'economia (que per l'economia catalana recent només estan disponibles per l'any 2001 i, a més, requeriria disposar d'una desagregació de les dades sectorials d'ús d'energia superior a la que tenim).⁷ Com a conseqüència, estem infravalorant l'"energia requerida per disposar d'energia", però pensem que aquesta infravaloració és poc important en la majoria dels casos. Hi ha, però, una excepció ja apuntada anteriorment per una font energètica avui per avui de molt poca importància quantitativa però que pot adquirir un pes creixent: es tracta dels anomenats *cultius energètics*, que hem vist al capítol 2. El motiu és que el sector agrari no s'incorpora dins dels balanços energètics en considerar-se un sector no energètic, però consumeix una quantitat d'energia considerable per a la producció de la collita que es considera *energia primària*. Un altre exemple rellevant és el de l'energia fotovoltaica; la nostra metodologia considera tota la producció elèctrica com a nova oferta energètica sense tenir en compte les necessitats energètiques per produir els components necessaris.

Una segona limitació prové de l'àmbit territorial. Com que partim dels balanços energètics de Catalunya, només disposem d'informació sobre l'energia importada, transformada i utilitzada en aquest àmbit. Així, no considerem, per exemple, les despeses energètiques per extreure

6. Per l'explicació metodològica i l'aplicació al conjunt espanyol, vegeu: Alcántara, V. i Roca, J. (1995); Alcántara, V. i Roca, J., (2003).

7. Vegeu l'annex F sobre les possibilitats de l'anàlisi *input-output* amb taules *mixtes* i les dificultats actuals per aplicar-lo a Catalunya.

i transportar el petroli o el carbó que importem.⁸ Aquesta és una raó addicional per la qual els nostres càlculs infravaloren l'energia necessària per disposar d'energia. De fet, tampoc no s'està tenint en compte els consums energètics produïts fora de Catalunya per a tots els béns (energètics o no) que s'importen, de manera que si el *cost energètic* dels béns importats és superior al *cost energètic* dels exportats estarem infravalorant l'impacte associat. Tot i la rellevància d'aquesta qüestió en la valoració dels impactes ambientals atribuïbles a la societat catalana, queda fora de l'abast d'aquest estudi.

En darrer lloc, la nostra perspectiva és força agregada, de manera que, per exemple, considera implícitament que qualsevol usuari d'electricitat arrossega les mateixes necessitats d'energia primària per cada kWh utilitzat i això no és així. Per exemple, les instal·lacions industrials que autoprodueixen electricitat o les cases aïllades amb cèl·lules fotovoltaïques no són responsables de les pèrdues de distribució, i aquestes també són diferents segons la tensió a què es distribueix l'electricitat. Amb la informació disponible de l'ICAEN en el futur podrien tenir-se en compte aquestes diferències per arribar a resultats més afinats.

3.4. Aplicació de la metodologia a l'anàlisi dels consums finals i requeriments d'energia primària a Catalunya 2005

La matriu de la taula 26 resumeix la informació que hem obtingut a partir dels balanços energètics de l'any 2005. Les *entrades* es consideren en sentit molt ampli incloent els *consums en transformació* en sentit estricte, els *consums propis del sector energètic* i les pèrdues de transport i distribució. Tant el *consum total d'energia* com les

necessitats d'energia sumen fonts primàries i secundàries de manera que per saber quanta energia primària s'utilitza hem d'evitar aquesta doble comptabilitat.

La consideració dels saldos importadors de derivats de petroli i d'electricitat com a fonts d'energia primària requereix fer un comentari específic, ja que en realitat deriven de transformar el cru i de generar electricitat per diversos mitjans. L'economia catalana importa i exporta productes refinats del petroli i l'electricitat. Considerem que una unitat importada es compensa amb una unitat exportada, i així, ens centrem només en quin és el saldo net.⁹ Quan el saldo és importador no podem deixar de considerar, òbviament, que aquesta entrada d'energia implica una major disponibilitat d'energia primària. Això pot fer-se de dues maneres. La primera opció, que és la que aquí hem utilitzat (com fa l'ICAEN en els seus balanços), és tractar aquestes importacions com una font d'energia primària valorada pel seu contingut energètic, de forma que tindríem dues noves fonts d'energia primària: el saldo net d'electricitat importada i el saldo net de derivats del petroli importats. La segona opció consistiria a estimar quanta energia primària cal per obtenir aquestes energies (vegeu l'annex F). Quan el saldo és exportador no apareix el problema assenyalat i en aquest cas considerem –com és lògic– que aquesta energia exportada no forma part dels requeriments d'energia primària de Catalunya.¹⁰

A la taula 27 reproduïm la matriu de relacions directes *E* on els coeficients s'han calculat dividint les entrades per la disponibilitat total de cadascuna de les formes d'energia, és a dir, la suma de l'energia requerida com a *input* dels processos d'extracció, distribució i transformació energètica més la destinada al consum final (o a usos no energètics o exportació neta).

8. Que es podrien estimar si sabéssim la procedència de les importacions, els consums energètics de l'extracció en els llocs d'origen, els consums de transformació i els de transport. La importació (neta) d'electricitat i de derivats de petroli de Catalunya també la valorarem com si fos una font d'energia primària pel seu contingut energètic, tot i que a l'annex F presentarem resultats sobre una valoració basada a quant representaria obtenir-los internament.

9. Tot i això, mentre que l'electricitat es pot considerar un producte homogeni (i encara en aquest cas el que importa és disposar d'electricitat en un moment determinat del temps i en aquest sentit un kWh generat en un moment no és el mateix que un kWh generat en un altre moment), els derivats de petroli són productes molt heterogenis i això explica els forts saldos importadors i exportadors que es donen.

10. De fet, en coherència amb la nostra metodologia, en càlculs posteriors considerem que tota l'energia primària necessària utilitzada a Catalunya per disposar de l'energia (neta) exportada forma part dels requeriments d'energia primària de fora de Catalunya. En qualsevol cas, la diferència per al període analitzat és, quantitativament, gairebé insignificant.

	Carbó	Petroli	Saldo ref. Petroli	Gas natural	Biomassa	Solar tèrmica	Solar fotov.	Eòlica	Nuclear	Hidràulica	Saldo elec. import.	Residus renovables	Residus no renovables	Bioetanol	Biodièsel	Biogàs	Ref. petroli	Electricitat	Consums intermedis	Consums intermedis	Consums fina	Usos no energètics	Saldo energètic exportador	CONSUM TOTAL D'ENERGIA	
Carbó	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	237,2	237,2	24,2	0	0	0	261,3	
Petroli	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9.194,9	9.194,9	0	0	0	0	0	9.194,9	
Saldo ref. petroli	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.950,9	3.950,9	0	0	0	0	0	3.950,9	
Gas natural	0	0	0	45,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	69,7	3.004,5	3.120,1	3.632	11	0	0	6.763,1	
Biomassa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	95,2	0	0	0	0	0	95,5	
Solar tèrmica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6,2	0	0	0	0	0	6,2	
Solar fotovoltaica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4	0	0	0	0	0	0	0,4	
Eòlica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20,8	20,8	0	0	0	0	0	20,8	
Nuclear	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5.231	5.231	0	0	0	0	0	5.231	
Hidràulica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	323,5	323,5	0	0	0	0	0	323,5	
Saldo elec. import	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	599,6	599,6	0	0	0	0	0	599,6	
R. renovables	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	117,2	117,2	0	0	0	0	0	117,2	
R. no renovables	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12,6	12,6	44,4	0	0	0	0	57	
Bioetanol	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21,6	0	0	21,6	0	0	0	21,6	
Biodièsel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	0	0	18	0	0	32,4	50,4	
Biogàs	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29,1	29,1	8,9	0	0	0	0	38	
Ref. petroli	1,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.367,7	207,8	1.576,6	8.219	3.338,6	0	0	13.134,2	
Electricitat	0,5	0,5	0	6,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50,5	598,8	657,1	3.873,5	0	0	0	4.530,6	
Consums intermedis	1,6	0,5	0	52,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14.633,7	10.382,6	25,071	15,943	3.349,6	32,4	0	44.396,1	
USOS TOTALS ENERGIA (PRIMÀRIA I SECUNDÀRIA)																									
Producció	74,5	163,0	0	2,0	95,5	6,2	0,4	20,8	5.231,0	323,5	0	117,2	57,0	0	50,4	38,0	9.183,3	3931,1							19.293,9
Saldo importador d'energia	186,8	9.031,8	3.950,9	6.761,1	0	0	0	0	0	0	0	599,6	0	0	21,6	0	3950,9	599,6							25.102,2
Necessitats d'energia	261,3	9.194,9	3.950,9	6.763,1	95,5	6,2	0,4	20,8	5.231,0	323,5	599,6	117,2	57,0	21,6	50,4	38,0	13134,2	4530,6							44.396,1
total primària (*) 26.698,9																									

Taula 26. Entrades i sortides d'energia a Catalunya, 2005 (en ktep)

(*) Total primària és la suma dels consums totals d'energia excloent-ne les fonts secundàries (refinats de petroli i electricitat) per evitar una doble comptabilitat: al mateix resultat s'arriba sumant les necessitats d'energia, de nou excloent-ne les fonts secundàries). Del total s'exclou també el saldo energètic exportador de biodièsel, que no forma part de l'energia primària utilitzada a Catalunya.

	Carbó	Petroli	Saldo ref. de petroli	Gas natural	Biomassa	Solar tèrmica	Solar fotov.	Eòlica	Nuclear	Hidràulica	Saldo import. d'electricitat	Residus renovables	Residus no renovables	Bioetanol	Biodièsel	Biogàs	Ref. petroli	Electricitat
Carbó	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,052
Petroli	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,7	0
Saldo refinats del petroli	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,301	0
Gas natural	0	0	0	0,007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,005	0,663
Biomassa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	< 10-3
Solar tèrmica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Solar fotov.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	< 10-3
Eòlica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,005
Nuclear	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,155
Hidràulica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,071
Saldo import. d'electricitat	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,132
Residus renovables	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,026
Residus no renovables	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,003
Bioetanol	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Biodièsel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Biogàs	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,006
Refinats de petroli	0,004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,104	0,046
Electricitat	0,002	< 10-3	0	0,001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,004	0,132

Taula 27. Matriu de relacions energètiques directes

Font: elaboració pròpia a partir dels balanços d'energia facilitats per l'ICAEN. Pel significat d'aquesta matriu vegeu l'explicació metodològica del text.

NOTA: en aquesta taula i a les següents els valors 0 i 1 sense decimals s'usen quan el valor és exacte; en els altres casos hem conservat els valors decimals.

	Carbó	Gas natural	Biomassa	Solar tèrmica	Residus no renovables	Bioetanol	Biodièsel	Biogàs	Ref. petroli	Electricitat
Carbó	1,000	<10 ⁻³	0	0	0	0	0	0	<10 ⁻³	0,060
Petroli	0,003	<10 ⁻³	0	0	0	0	0	0	0,782	0,042
Saldo ref. petroli	0,001	<10 ⁻³	0	0	0	0	0	0	0,336	0,018
Gas natural	0,001	1,008	0	0	0	0	0	0	0,009	0,771
Biomassa	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Solar tèrmica	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Solar fotovoltaica	<10 ⁻³	<10 ⁻³	0	0	0	0	0	0	<10 ⁻³	<10 ⁻³
Eòlica	<10 ⁻³	<10 ⁻³	0	0	0	0	0	0	<10 ⁻³	0,005
Nuclear	0,002	0,001	0	0	0	0	0	0	0,006	1,332
Hidràulica	<10 ⁻³	<10 ⁻³	0	0	0	0	0	0	<10 ⁻³	0,082
Saldo elec. import.	<10 ⁻³	<10 ⁻³	0	0	0	0	0	0	0,001	0,153
Residus renov.	<10 ⁻³	<10 ⁻³	0	0	0	0	0	0	<10 ⁻³	0,030
Residus no renov.	<10 ⁻³	<10 ⁻³	0	0	1	0	0	0	<10 ⁻³	0,003
Bioetanol	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Biodièsel	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Biogàs	<10 ⁻³	<10 ⁻³	0	0	0	0	0	1	<10 ⁻³	0,007
Total primària	1,009	1,009	1	1	1	1	1	1	1,134	2,503

Taula 28. Matriu de necessitats d'energia primària lligades als diferents tipus de consums finals d'energia, Catalunya, 2005.

Font: elaboració pròpia a partir dels balanços d'energia facilitats per l'ICAEN.

Nota: per al significat d'aquesta matriu vegeu l'explicació metodològica del text.

La matriu de la taula 28 és la matriu inversa $(I - E)^{-1}$ però suprimint les columnes que només corresponen a energies primàries i les fileres que només corresponen a energies finals. És la matriu que efectivament utilitzem per traduir els consums finals a energies primàries. Té tantes fileres com energies primàries considerades i tantes columnes com energies secundàries considerades (recordeu que moltes formes d'energia apareixen amb el mateix nom com a primàries i secundàries).

Els resultats de l'any 2005 mostren que per cada unitat consumida d'electricitat hem de considerar una equivalència d'una mica més de 2,5 unitats d'energia primària. La composició d'aquesta energia primària va ser la següent: més de la meitat en forma de calor nuclear (1,332); el gas natural té també un paper considerable (0,771); una importància molt més petita van tenir el saldo elèctric importador (0,153), la hidroelectricitat (només 0,082)¹¹ i el carbó i el conjunt "petroli i els seus derivats importats" (0,06 en els dos casos); les altres fonts van tenir un paper marginal. Podem fer el mateix tipus d'anàlisi als derivats del petroli, per als quals, evidentment, la relació entre l'energia primària total / el consum final és

molt més petita i les necessitats es concreten, com és lògic, de forma pràcticament total en petroli cru i en derivats importats ja transformats. Per diferents formes de consum –com ara els biocarburants– per la pròpia metodologia no captem les despeses energètiques (vegeu la nota 99) –i per als casos del carbó i del gas natural apareixen molt infravalorades, ja que els consums associats a l'extracció es fan principalment en altres països. Aquestes són, però, limitacions ja prou assenyalades anteriorment.

Aplicant aquesta matriu als consums energètics finals dels diferents sectors obtenim una estimació de les necessitats d'energia primària associades a aquests consums que apareixen a la taula 29, la qual cosa aporta una perspectiva més completa que les simples dades de consum final.¹²

11. No oblidem la forma de comptabilització: vegeu la segona nota d'aquest capítol.

12. Aquesta taula no considera –com tampoc no ho fan les taules anteriors– els usos no energètics que sí que considerarem en apartats posteriors.

	Ktep	% sobre el total
Primari	769,8	3,4
Indústria	7.912,3	34,5
Serveis	3.765,3	16,4
Transport	6.914,1	30,2
Domèstic	3.540,1	15,5
Total	22.901,6	100,0

Taula 29. Requeriments totals d'energia primària de les diferents activitats a Catalunya, 2005

Font: elaboració pròpia a partir dels balanços d'energia facilitats per l'ICAEN i de la metodologia explicada al text.

Si comparem aquesta taula amb la taula 24 veiem que, lògicament, totes les dades són superiors en valor absolut, però la diferència és particularment gran en els serveis i el consum domèstic; en canvi, per al transport –que depèn molt menys de l'ús de l'electricitat– les diferències són menys rellevants. En conseqüència, la *responsabilitat* del sector transport en la demanda d'energia passa de ser d'un 37,7 % del total, quan es mesura en termes de consum final, a un 30,2 % si fem les estimacions d'energia primària total, mentre que per als altres sectors (amb l'excepció del sector primari) la *responsabilitat* relativa augmenta quan la mesurem en termes d'energia primària total.

3.5. Els canvis en les matrius de transformació de Catalunya entre 1990–92 i 2000–05

En aquest apartat ens referirem als canvis en les matrius de transformació d'energia final a requeriments d'energia primària que s'han produït en tot el període considerat. En comptes de considerar l'any 2005 i l'any 1990, hem preferit utilitzar les mitjanes dels tres primers i dels tres darrers anys amb la finalitat que les dades no es vegin molt influïdes per factors molt específics d'un any concret, com poden ser una excepcionalment alta o baixa producció hidroelèctrica o una aturada de la producció nuclear que poden comportar, a més, canvis importants en els saldos d'importació–exportació. Recordem, però, que les dades de 2004 i 2005 són provisionals.

	Carbó	Gas natural	Biomassa	Solar tèrmica	Residus no renovables	Bioetanol	Biodièsel	Biogàs	Ref. petroli	Electricitat
Carbó	1,000	<10 ⁻³	0	0	0	0	0	0	<10 ⁻³	0,090
Petroli	0,002	0,006	0	0	0	0	0	0	1,156	0,103
Saldo ref. petroli	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gas natural	<10 ⁻³	1,041	0	0	0	0	0	0	<10 ⁻³	0,118
Biomassa	<10 ⁻³	<10 ⁻³	1	0	0	0	0	0	<10 ⁻³	0,003
Solar tèrmica	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Solar fotovoltaica	<10 ⁻³	<10 ⁻³	0	0	0	0	0	0	<10 ⁻³	<10 ⁻³
Eòlica	<10 ⁻³	<10 ⁻³	0	0	0	0	0	0	<10 ⁻³	<10 ⁻³
Nuclear	0,007	0,005	0	0	0	0	0	0	0,010	2,407
Hidràulica	<10 ⁻³	<10 ⁻³	0	0	0	0	0	0	0,001	0,141
Saldo elec. import	<10 ⁻³	<10 ⁻³	0	0	0	0	0	0	<10 ⁻³	0,071
Residus renov.	<10 ⁻³	<10 ⁻³	0	0	0	0	0	0	<10 ⁻³	0,024
Residus no renov.	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Bioetanol	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Biodièsel	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Biogàs	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Total primària	1,010	1,053	1	1	1	1	1	1	1,168	2,957

Taula 30. Matriu de necessitats d'energia primària lligades als diferents tipus de consums finals d'energia, Catalunya, 1990–1992

Font: elaboració pròpia a partir dels balanços d'energia facilitats per l'ICAEN i de la metodologia explicada al text.

	Carbó	Gas natural	Biomassa	Solar tèrmica	Residus no renovables	Bioetanol	Biodièsel	Biogàs	Ref. petroli	Electricitat
Carbó	1,000	<10 ⁻³	0	0	0	0	0	0	<10 ⁻³	0,054
Petroli	0,004	<10 ⁻³	0	0	0	0	0	0	0,767	0,044
Saldo ref. petroli	0,002	<10 ⁻³	0	0	0	0	0	0	0,351	0,020
Gas natural	0,001	1,009	0	0	0	0	0	0	0,009	0,650
Biomassa	<10 ⁻³	<10 ⁻³	1	0	0	0	0	0	<10 ⁻³	<10 ⁻³
Solar tèrmica	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Solar fotovoltaica	<10 ⁻³	<10 ⁻³	0	0	0	0	0	0	<10 ⁻³	<10 ⁻³
Eòlica	<10 ⁻³	<10 ⁻³	0	0	0	0	0	0	<10 ⁻³	0,005
Nuclear	0,003	0,002	0	0	0	0	0	0	0,007	1,564
Hidràulica	<10 ⁻³	<10 ⁻³	0	0	0	0	0	0	<10 ⁻³	0,115
Saldo elec. import.	<10 ⁻³	<10 ⁻³	0	0	0	0	0	0	<10 ⁻³	0,101
Residus renov.	<10 ⁻³	<10 ⁻³	0	0	0	0	0	0	<10 ⁻³	0,034
Residus no renov.	<10 ⁻³	<10 ⁻³	0	0	1	0	0	0	<10 ⁻³	0,003
Bioetanol	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Biodièsel	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Biogàs	<10 ⁻³	<10 ⁻³	0	0	0	0	0	1	<10 ⁻³	0,007
Total primària	1,011	1,011	1	1	1	1	1	1	1,135	2,595

Taula 31. Matriu de necessitats d'energia primària lligades als diferents tipus de consums finals d'energia, Catalunya, 2003-2005

Font: elaboració pròpia a partir dels balanços d'energia facilitats per l'ICAEN i de la metodologia explicada al text

Amb la metodologia explicada anteriorment hem arribat a les matrius de transformació de les taules 30 i 31. El canvi més rellevant és la disminució en l'energia primària, que estimem que s'ha utilitzat de mitjana per obtenir una unitat d'electricitat: de 2,96 a 2,59. Al darrere d'aquesta disminució hi poden haver fenòmens molt diferents. Així, una millora en l'eficiència en la distribució d'electricitat que hagués disminuït les pèrdues influiria en aquesta direcció. L'altre factor clau té a veure amb quines són les fonts d'energia primària a partir de les quals s'obté l'electricitat. En aquest sentit el canvi més important en la composició mitjana per fonts d'energia primària que s'utilitzen per obtenir una unitat d'electricitat ha estat que mentre que per cada unitat d'electricitat a començament dels anys noranta es gastaven 2,41 unitats de calor nuclear, ara –degut al menor pes relatiu de l'energia nuclear en el *mix* elèctric– es gasten 1,56; en canvi, les necessitats de gas natural han augmentat clarament: de 0,12 unitats a 0,65 unitats, la qual cosa reflecteix el creixent pes de les centrals tèrmiques d'aquest combustible. Aquest canvi d'energia nuclear a gas redueix les pèrdues de la transformació de calor en electricitat atesa la major eficiència de les centrals de gas. Totes les altres variacions en la composició del *mix* elèctric són de menor quantia: el carbó, el total “cru i saldo importador de derivats” i la hidroelectricitat disminueixen,

mentre que augmenten el saldo elèctric importador, els recursos renovables (incineradores de residus), el biogàs i l'energia eòlica. Els saldos importadors d'electricitat també augmenten el seu pes i aquest és un altre dels factors (però no l'únic) que contribueix –en aquest cas de manera només aparent ja que no es consideren les transformacions externes– a la disminució de l'energia primària necessària per disposar d'energia (vegeu l'annex F). La reducció de l'energia primària necessària per disposar dels derivats de petroli sí que s'explica amb tota probabilitat per l'*estalvi* energètic que acompanya la importació de productes ja refinats.

3.6. Els factors explicatius dels canvis en els requeriments d'energia primària associats al consum final: metodologia

Des dels anys anys setanta l'anàlisi energètica i ambiental ha utilitzat de manera creixent tècniques de descomposició en diversos factors o efectes per a analitzar els canvis en l'ús d'energia i/o en les emissions contaminants. Ja fa alguns anys Ang i Zhang (2000) van identificar més d'un centenar d'estudis en aquest sentit. Quan la metodologia que s'utilitza és la de l'enfocament *input-output* s'acostuma a fer servir el terme “anàlisi de des-

composició estructural” per referir-se a aquest tipus de descomposició (Hoekstra, 2005). Com ja hem indicat, la nostra perspectiva utilitza parcialment l'anàlisi *input-output*, ja que parteix de la matriu de relacions energètiques.

La nostra anàlisi explica els canvis totals (*efecte total*) en les necessitats d'energia primària –i en els seus components– a partir de la descomposició en tres efectes o factors que són: el canvi en el nivell de consum final dels diferents sectors (*efecte consum final d'energia*),¹³ els canvis entre diferents tipus d'energies finals (*efecte substitució*) i els canvis en les necessitats d'energia primària per a disposar de les energies finals (*efecte transformació*).

Els requeriments d'energia primària d'un període poden expressar-se com una matriu E ($j \times s$) on j és el nombre de fonts primàries considerades (carbó, nuclear, etc.) i s el nombre d'activitats considerades (primari, domèstic, transport, etc.).

$$E = T * P * \hat{c}$$

T representa la matriu de transformació de consums finals d'energia a energies primàries i és d'ordre $j \times k$ (k és el nombre d'energies finals considerades). P és una matriu que representa el pesos relatius de cada forma d'energia final en les diferents activitats i és d'ordre $j \times k$. $\hat{c}$ és una matriu diagonal que té per diagonal principal els consums finals de cada activitat i és d'ordre $s \times s$.

Les variacions dels requeriments d'energia primària entre dos períodes es poden expressar com:

$$\Delta E = E_1 - E_0 = T_1 * P_1 * \hat{c}_1 - T_0 * P_0 * \hat{c}_0 = \Delta T_{efecte} + \Delta P_{efecte} + \Delta \hat{c}_{efecte}$$

Els tres efectes corresponen al que hem denominat *transformació* (derivats dels canvis en T), *substitució* (canvis en P) i *consum final d'energia* (canvis en $\hat{c}$).

Com s'ha discutit en la literatura sobre la descomposició en factors, es podrien adoptar diverses tècniques de descomposició. La més *intuïtiva* és calcular cada efecte com els canvis que s'haguessin produït si només hagués canviat el factor considerat mantenint-se els altres invariables en el seu valor inicial. Tanmateix, aquesta alternativa –que s'anomena sovint de tipus Laspeyres– no dona una descomposició exacta, de manera que l'efecte total normalment no coincideix amb la suma dels diferents efectes considerats (en el nostre cas tres) ja que apareixen interaccions entre els efectes. Aquesta és la raó principal per la

qual molts estudis apliquen altres tècniques de descomposició per obtenir una descomposició exacta. Aquí adoptem la proposta de Sun (1998) que distribueix els efectes i la interacció entre els diferents efectes aplicant el principi *conjuntament creat, igualment distribuït*.¹⁴ És a dir:

$$\Delta T_{efecte} = \Delta T * P_0 * \hat{c}_0 + 1/2 (\Delta T * \Delta P * \hat{c}_0) + 1/2 (\Delta T * P_0 * \Delta \hat{c}) + 1/3 (\Delta T * \Delta P * \Delta \hat{c})$$

$$\Delta P_{efecte} = T_0 * \Delta P * \hat{c}_0 + 1/2 (\Delta T * \Delta P * \hat{c}_0) + 1/2 (T_0 * \Delta P * \Delta \hat{c}) + 1/3 (\Delta T * \Delta P * \Delta \hat{c})$$

$$\Delta C_{efecte} = T_0 * P_0 * \Delta \hat{c} + 1/2 (\Delta T * P_0 * \Delta \hat{c}) + 1/2 (T_0 * \Delta P * \Delta \hat{c}) + 1/3 (\Delta T * \Delta P * \Delta \hat{c})$$

3.7. Els factors explicatius dels canvis en els requeriments energia primària associats al consum final: Catalunya 1990-92 / 2003-05

Passarem ara a presentar els resultats de l'anàlisi d'efectes aplicada als canvis entre la mitjana dels anys 1990-92 i la mitjana dels anys 2003-05.

Per tenir en compte tots els usos de l'energia primària hem incorporat no només els diferents sectors de consum final d'energia sinó també els “usos no energètics” –particularment derivats del petroli utilitzats per la indústria química– comptant-ne no només el valor energètic sinó també l'energia estimada per obtenir-los. No hem considerat, en canvi, les exportacions netes de productes energètics que, de fet, no formen part de les necessitats internes d'energia primària i que, en qualsevol cas, representen una part molt petita del total i pràcticament no afecten al resultat.¹⁵

	Transformació	Substitució	Consum final d'energia	Total
Primari	-26,7	-1,6	278,0	249,7
Indústria	-608,8	-26,0	2.659,9	2.025,0
Serveis	-320,5	75,4	2.007,7	1.762,7
Transport	-175,0	-28,2	2.892,5	2.689,3
Domèstic	-282,4	-91,7	1.541,3	1.167,2
Usos no energètics	-85,4	-0,4	1.570,2	1.484,4
Total	-1.498,9	-72,5	10.949,6	9.378,2

Taula 32. Efectes per sectors. Canvis en valors absoluts (kteps). Mitjana de 2003-05 respecte de la mitjana de 1990-92. Catalunya.

Font: elaboració pròpia a partir dels balanços d'energia facilitats per l'ICAEN i de la metodologia explicada al text.

13. Per al càlcul d'aquest efecte hem considerat també els *usos no energètics* ja que aquests usos es consideren normalment com a part de l'energia primària. Tanmateix, estrictament no formen part del *consum final d'energia* (i no havien estat considerats en quadres i taules anteriors).

14. Sun, J.W., 1998.

15. Per als anys 1990-92 es tracta de l'exportació de 89,9 kteps de derivats de petroli i per als anys 2002-05 de 10,8 kteps de biodièsel. Els saldos importadors o exportadors sempre els hem considerat a partir del total dels tres anys.

Entre els dos períodes assenyalats, les necessitats d'energia primària de Catalunya van créixer (la mitjana anual dels tres anys considerats) en més de 9 milions de teps. La taula 32 resumeix els diferents efectes que expliquen aquest augment. En aquesta taula la desagregació dels efectes es fa per activitats (o sectors). Pot destacar-se que –segons aquesta perspectiva– el sector que més contribueix a l'augment és el transport, però el sector industrial, de serveis i el domèstic també impulsen considerablement el creixement com també ho fan els usos no energètics. Recordem que l'anàlisi en termes d'energia primària amplifica el paper relatiu dels sectors amb més pes de demanda elèctrica: si actualment el consum final del transport ja supera el de tota la indústria no és així en termes de l'energia primària estimada per proveir el consum final, que encara és superior en el cas del sector industrial.

Com calia esperar, l'efecte consum final d'energia –degut a l'augment dels consums finals– és el més important de tots tres, i amb diferència i per a totes les activitats. Dels comentaris d'un apartat anterior ja podíem esperar també que l'efecte transformació –és a dir, de reducció de l'energia primària necessària per disposar d'una unitat de les diferents formes d'energia final¹⁶– tingui en tots els casos un efecte de disminuir les necessitats d'energia primària, que és més fort en aquells sectors de demanda que més depenen de l'electricitat. L'efecte substitució, que té molta rellevància –com veurem– per explicar les variacions en els requeriments d'algunes fonts d'energia primària no té, en canvi, gaire rellevància per explicar els canvis en el total d'energia primària del període analitzat.

La taula 33 mostra l'anàlisi de l'efecte total i dels diferents efectes però amb una desagregació no per activitats sinó per fonts energètiques. Podem veure com l'efecte consum final d'energia, sobretot, provoca l'augment de necessitats de petroli cru (i dels derivats del petroli importats), un resultat lògic a causa del paper clau de l'augment de l'ús d'energia pel transport per carretera. Els augments de les fonts d'obtenció d'electricitat (sobretot nuclear) i de gas natural a conseqüència d'aquest factor també són remarcables. Pel que fa a l'efecte substitució, si bé el seu efecte sobre el total d'energia primària és molt petit, sí que explica una gran part de l'augment de la demanda de gas natural que es deu al creixent pes relatiu del gas natural en el consum final d'indústries, serveis i residencial en detriment dels derivats de petroli i també (en el cas industrial) del carbó. En darrer lloc, l'efecte transformació implica –com dèiem– una disminució dels requeriments totals d'energia primària, però en termes més desagregats podem veure com fa augmentar els requeriments de gas natural (ja que aquest combustible fòssil s'utilitza molt més en la producció d'energia elèc-

	Transformació	Substitució	Consum final d'energia	Total
Carbó	-109,6	-288,8	172,7	-225,6
Petroli	-3.844,7	-637,9	4.733,8	251,2
Saldo ref. petroli	3.355,1	-128,8	845,5	4.071,8
Gas natural	1.588,6	929,2	1.727,2	4.245,0
Biomassa	-9,5	-18,5	38,9	11,0
Solar tèrmica	0,0	3,5	1,0	4,4
Solar fotovoltaica	0,2	0,0	0,1	0,2
Eòlica	13,9	0,0	3,5	17,5
Nuclear	-2.561,1	0,3	3.033,0	472,3
Hidràulica	-81,0	0,0	195,7	114,8
Saldo elec. import.	89,2	0,1	131,3	220,5
R. renov.	29,6	0,0	44,3	73,9
R. no renov.	10,0	36,7	9,4	56,1
Bioetanol	0,0	17,0	4,5	21,5
Biodièsel	0,0	8,8	2,3	11,1
Biogàs	20,4	5,9	6,4	32,6
Total primària	-1.498,9	-72,5	10.949,6	9.378,2

Taula 33. Efectes per fonts energètiques. Canvis en valors absoluts (kteps). Mitjana de 2003-05 respecte de la mitjana de 1990-92. Catalunya.

Font: elaboració pròpia a partir dels balanços d'energia facilitats per l'ICAEN i de la metodologia explicada al text

trica) en lloc, sobretot, de l'energia nuclear que perd pes relatiu (però no absolut) en la generació d'electricitat; la disminució de les necessitats de petroli cru respon, en canvi, bàsicament al –abans inexistent– saldo importador de derivats del petroli ja refinats que en la nostra metodologia apareix com una forma d'energia primària per poder disposar de derivats de petroli. També pot veure's com el saldo importador d'electricitat contribueix més a l'oferta elèctrica.

Pot observar-se que en els comentaris anteriors no hem fet cap referència a fonts energètiques noves com l'eòlica, el biogàs o els biocarburants. La raó és que els comentaris han estat centrats en les variacions més importants en termes absoluts i avui per avui aquestes fonts, tot i el seu gran increment, són encara marginals dins l'oferta total d'energia.

A l'annex F apareixen les taules desagregades combinant sectors de demanda o d'activitat i fonts energètiques. Aquestes taules permeten una anàlisi més detallada dels canvis en la matriu *E* als quals ens referíem i dels tres efectes explicatius combinant les dues variables: tipus de font energètica i tipus d'activitat.

16. Recordem, però, que una part d'aquesta millora pot ser explicada per un major ús d'electricitat i perquè es passa a un saldo importador de derivats de petroli.

3.8. Conclusions

En aquest capítol hem analitzat l'evolució del consum final d'energia durant el període 1990–2005, i hem vist com els consums finals d'energia creixen per sobre del creixement del PIB en termes reals. Els augments relatius més importants es produeixen en els sectors serveis i domèstic i en el transport; és aquesta darrera activitat (que inclou el transport privat i comercial) la que experimenta un major augment en termes absoluts i arriba a representar un consum final d'energia superior fins i tot al del sector industrial.

Si en comptes de fer l'anàlisi en termes de consum final d'energia la fem en termes dels requeriments d'energia primària que permeten aquest consum final d'energia podem veure que el transport, tot i la seva gran importància, *arrossega* menys energia primària que el sector industrial.

En el conjunt del període analitzat l'energia primària necessària per disposar de les diferents formes d'energia final experimenta canvis significatius. El canvi més rellevant és la disminució en l'energia primària, que estimem que s'ha utilitzat de mitjana per obtenir una unitat d'electricitat –de 2,96 els anys 1990-92 a 2,59 els anys 2003-05– i encara més important és el en la composició mitjana per fonts d'energia primària que s'utilitzen per obtenir una unitat d'electricitat; mentre que per cada unitat d'electricitat a començaments dels noranta es gastaven 2,41 unitats de calor nuclear, en els anys finals –a causa del menor pes relatiu de l'energia nuclear en el *mix* elèctric– es gastaven 1,56; en canvi, les necessitats de gas natural van augmentar clarament: de 0,12 unitats a 0,65 unitats, reflectint el creixent pes de les centrals tèrmiques d'aquest combustible.

Els importants canvis en les necessitats totals d'energia primària de Catalunya entre 1990–92 i 2003–05 han estat analitzats mitjançant una descomposició en tres efectes o factors: efecte consum final d'energia (per raó dels canvis en els nivells de consum final d'energia), efecte substitució (a causa dels canvis en la composició del consum final d'energia) i efecte transformació (pels canvis en la matriu de transformació energètica que relaciona consums finals d'energia amb requeriments d'energia primària).

L'efecte consum final d'energia –per raó de l'augment dels consums finals– és el més important de tots tres, i amb diferència i per totes les activitats. L'efecte consum final d'energia provoca un augment dels requeriments de totes les fonts energètiques però particularment del petroli a causa del paper del transport i també de la creixent demanda de derivats de petroli per a usos *no energètics*.

L'efecte transformació fa disminuir les necessitats d'energia primària, i aquesta disminució és més forta en

els sectors de demanda que més depenen de l'electricitat. L'efecte substitució, que té molta rellevància per explicar les variacions en els requeriments d'algunes fonts d'energia primària no té, en canvi, gaire rellevància per explicar els canvis en el total d'energia primària del període analitzat.

Els requeriments d'energia primària que més creixen són els de gas natural ja que tant l'efecte transformació (major proporció de producció elèctrica en tèrmiques de gas) com l'*efecte substitució* (creixent pes relatiu del gas natural en el consum final d'indústries, serveis i residencial) són importants i se sumen a l'efecte consum final d'energia. En canvi, l'ús d'energia nuclear augmenta poc en termes absoluts perquè l'efecte transformació (pèrdua de pes relatiu de l'electricitat d'origen nuclear) actua en direcció contrària a l'efecte consum final d'energia. L'única font d'energia primària que disminueix en termes absoluts és el carbó. Això es deu al fet que l'efecte transformació (menor ús en el sector energètic) i substitució (menor ús en el consum final) contraresten l'efecte consum final d'energia. En darrer lloc, cal assenyalar com en els anys 2003-05 hi ha una important dependència de la importació de derivats del petroli ja refinats, mentre que en el conjunt del període 1990-92 el saldo global d'aquests derivats va ser, expressat en unitats energètiques, exportador.

Referències

- ALCÁNTARA, V.; ROCA, J. (1995). «Energy and CO₂ emissions in Spain. Methodology of analysis and some results for 1980-90», *Energy Economics*, vol.17, núm. 3, (juliol de 1995).
- ALCÁNTARA, V.; ROCA, J. (2003). “Consumo energético y actividad económica: Sobre el uso de los balances energéticos desde una perspectiva input-output”. A: CAMPOS PALACÍN, P.; CASADO RAIGÓN, J. M. (coord). *Contabilidad Nacional Ambiental Integrada*. Madrid: Consejo General de Colegios de Economistas de España, p. 163-178.
- ANG, B.W.; ZHANG, F.Q. (2000). “A survey of index decomposition analysis in energy and environmental studies”, *Energy*, 25, p. 1149-1176.
- ESTEVAN, A. (2005). “Modelos de transporte y emisiones de CO₂ en España”, *Revista de Economía Crítica*, núm. 4.
- HOEKSTRA, R. (2005). *Economic growth, material flows and the environment*. Cheltenham: Edward Elgar.
- SUN, J.W. (1998). “Changes in energy consumption and energy intensity: a complete decomposition model”, *Energy Economics*, 20, p. 85-100.

4. El sector de la transformació energètica i la generació d'electricitat

Juan José Iraegui

Juan José Iraegui és enginyer superior de telecomunicacions i màster en Enginyeria i Gestió Ambiental per la UPC. Des del 1998 ha treballat com a consultor energètic en diverses empreses, i actualment desenvolupa la seva activitat a ENT Medi Ambient i Gestió. És expert en temes com la generació distribuïda i les energies renovables, així com en les polítiques energètiques en general. És autor, amb Jesús Ramos, del llibre *Gestió Local de l'Energia*, publicat l'any 2004 per la Fundació Carles Pi i Sunyer.

A/e: jiraegui@ent.cat

Capítol 4. El sector de la transformació energètica i la generació d'electricitat

- 4.1. Introducció
- 4.2. La generació d'energia elèctrica
 - 4.2.1. El model de generació actual
 - 4.2.2. Escenaris i previsió de futur
 - 4.2.3. Tendències en el parc de generació
 - 4.2.4. Perspectives i altres aspectes de les tecnologies
- 4.3. Infraestructures de distribució i de transport
 - 4.3.1. Energia elèctrica
 - 4.3.2. Gas natural
- 4.4. Conclusions

4.1. Introducció

En el model de generació d'energia elèctrica a Catalunya es poden identificar un seguit d'aspectes que cal corregir i millorar si es vol assolir un desenvolupament més sostenible per als propers anys. A grans trets, aquest model es basa en una elevada dependència de combustibles fòssils, que provenen de l'exterior i que són fonts exhauribles, i de l'energia nuclear. Aquest model genera importants impactes ambientals (incloent-hi el risc de tenir accidents nuclears). És clar, doncs, que cal un canvi substancial en el model de generació d'energia elèctrica a Catalunya, una transformació profunda que redueixi –o fins i tot elimini– en el termini més breu possible, els forts impactes i riscos econòmics, ambientals i socials que ara existeixen.

El repte que es presenta en els propers anys és el d'iniciar els primers passos per introduir canvis significatius en el model de generació, però també assentar les bases per tal que en un termini mitjà es pugui dur a terme una transformació efectiva del model. A curt termini caldrà incrementar l'aprofitament de les energies renovables, millorar l'eficiència dels sistemes de generació d'energia elèctrica i potenciar la recerca i el desenvolupament tecnològic en aquests mateixos àmbits. A mitjà termini, caldrà plantejar la viabilitat de l'abandonament progressiu de l'energia nuclear i implementar els nous desenvolupaments per a l'aprofitament de les energies renovables i els sistemes de generació i distribució més eficients.

L'actual context en què la UE i l'Estat espanyol promouen aquests canvis hauria de ser aprofitat a Catalunya, de la mateixa manera que altres comunitats autònomes ho han fet amb antelació en els darrers anys, com és el cas de Navarra, Galícia i l'Aragó.

Tot i així, les previsions de futur no són massa esperançadores, ja que es preveu que la demanda d'energia elèctrica s'incrementarà a raó del voltant del 4 % anual. Això fa que un veritable canvi en el model de generació i ús de l'energia elèctrica hagi de comptar necessàriament amb canvis també en la demanda d'electricitat i en l'eficiència en l'ús de l'energia elèctrica. Tot i que no aprofundirem en aquest aspecte al llarg d'aquest capítol, ja que està centrat en el sector de generació d'electricitat, sí que serà incorporat a l'anàlisi que portarà a les reflexions finals.

Aquest capítol se centra en la descripció del sector de transformació energètica i la generació d'electricitat que hi ha actualment a Catalunya. S'estructura en quatre seccions. Després d'una breu introducció, la segona secció, titulada *La generació d'energia elèctrica*, analitza el

model de generació d'energia elèctrica i les previsions per a la seva modificació a curt termini. La tercera secció, *Infraestructures de distribució i transport*, analitza les infraestructures que actualment possibiliten el subministrament d'electricitat i de gas natural, així com les previsions de futur també a curt termini. Finalment, es presenten unes reflexions generals sobre el model energètic català i, més concretament, el sector elèctric, i se n'extrauen les conclusions, amb l'objectiu d'assolir un model energètic més sostenible i estable econòmicament per a Catalunya.

Les previsions i les dades del sector energètic es basen en les contingudes al Pla de l'energia de Catalunya 2006-2015, que la Generalitat de Catalunya va elaborar i aprovar l'any 2005 com a pla estratègic. Ens referirem d'ara en endavant al Pla de l'energia de Catalunya 2006-2015 (Generalitat de Catalunya, 2006) com a PEC 2006-2015, el Pla de l'energia o, simplement, el Pla.

4.2. La generació d'energia elèctrica

L'electricitat és una de les formes d'energia final que arriba als consumidors per obtenir diferents serveis energètics, i s'obté a partir de diversos tipus de fonts energètiques primàries. Si bé l'energia elèctrica és una bona forma d'energia perquè sigui subministrada al consumidor final, en la seva generació es produeixen un conjunt d'impactes de tipus econòmic, social, energètic i ambiental. Això fa que l'adopció d'un determinat model de generació d'energia elèctrica condicioni el desenvolupament sostenible d'un país. Aquests impactes depenen en gran mesura de la font d'energia primària, del tipus d'instal·lació de generació i la seva distribució geogràfica amb relació als centres de consum, entre altres.

4.2.1. El model de generació actual

El règim de generació d'energia elèctrica està regulat per la Llei 54/1997 del sector elèctric,¹ d'àmbit estatal, que a part d'establir les línies generals de la liberalització del mercat elèctric, també estableix dos règims de generació d'energia elèctrica: l'ordinari i l'especial. La finalitat d'aquesta classificació és establir les condicions adequades per augmentar la contribució dels sistemes de generació més eficients i menys contaminants que els sistemes convencionals. Així doncs, el règim especial presenta un sistema de primes que bonifiquen l'electricitat subministrada a la xarxa elèctrica, per compensar els costos d'aquestes instal·lacions. Aquest sistema d'ajuts es pot considerar com un mecanisme per a la internalització de costos que generen els sistemes de generació convencional.

1. Llei 54/1997, de 27 de novembre, del sector elèctric (BOE núm. 285 de 28 de novembre de 1997).

El règim especial està format per sistemes de generació d'energia elèctrica eficients (cogeneració) i que aprofiten les energies renovables i els residus. En el cas de la generació d'energia hidroelèctrica, es diferencien les centrals en funció de la potència, de manera que les centrals de menys de 50 MW pertanyen al règim especial i les que tenen una potència superior pertanyen al règim ordinari. El motiu el trobem en el fet que els orígens del règim especial es remunten als anys noranta, quan davant de la crisi del petroli es va aprovar la *Llei 82/1980 de conservació de l'energia* (lleï estatal). En el context d'aquells anys i atès el parc de generació d'energia elèctrica existent (amb la gran hidroelèctrica construïda) es va començar a afavorir les noves instal·lacions per a l'autogeneració i la minihidràulica.

El parc de centrals de generació d'energia elèctrica a Catalunya l'any 2003 es trobava format per la següent tipologia de centrals i instal·lacions amb la potència instal·lada indicada, agrupades segons el règim de producció (taula 34).

Règim de generació/ Tipus d'instal·lacions	Potència instal·lada [MW]
Règim ordinari	8.210,30
Hidràulica	2.088,30
Centrals tèrmiques de carbó	160,00
Centrals tèrmiques de fuel - gas i gasoil	1.235,90
Cicles combinats	1.579,30
Nuclear	3.146,80
Règim especial	1.653,80
Hidràulica	231,90
Incineració de residus (RSU i industrials)	54,40
Reducció de residus (purins i EDAR)	115,80
Metanització de residus	23,20
Biomassa forestal i agrícola	0,50
Cogeneració	1.139,10
Eòlica	86,70
Fotovoltaica	2,20
Solar termoelèctrica	0
TOTAL	9.864,10

Taula 34. Centrals de generació d'energia elèctrica i potència instal·lada l'any 2003 a Catalunya

Font: Pla de l'energia de Catalunya 2006–2015.

L'anàlisi del model de generació d'energia requereix del coneixement de l'energia produïda per aquestes centrals, ja que aquesta depèn del seu règim de funcionament, és a dir, de la disponibilitat de l'energia primària, de la demanda d'energia i de la gestió que en faci l'operador del sistema. Segons les estimacions fetes al Pla de l'ener-

gia de Catalunya 2006–2015 (PEC 2006–2015) la producció d'energia per a l'any 2003 va tenir la distribució següent:

Règim de generació/ Tipus d'instal·lacions	Energia bruta [GWh]
Règim ordinari	36.494,70
Hidràulica	5.005,40
Centrals tèrmiques de carbó	578,10
Centrals tèrmiques de fuel – gas i gasoil	1.586,60
Cicles combinats	3.949,80
Nuclear	25.374,80
Règim especial	8.956,00
Hidràulica	1.034,40
Incineració de residus (RSU i industrials)	348,70
Reducció de residus (purins i EDAR)	766,40
Metanització de residus	70,20
Biomassa forestal i agrícola	1,10
Cogeneració	6.570,10
Eòlica	163,10
Fotovoltaica	2,00
Solar termoelèctrica	0
TOTAL	45.450,70

Taula 35. Energia bruta produïda per les centrals de generació d'energia elèctrica l'any 2003 a Catalunya

Font: Pla de l'energia de Catalunya 2006–2015.

Els gràfics següents ens ajudaran a interpretar aquestes dades. La figura 32 mostra, d'una banda, la distribució de l'energia bruta produïda en cada tipus de central de generació d'electricitat i, de l'altra, la potència instal·lada per les diferents tipologies que operen en règim ordinari i el règim especial.

Els gràfics de la figura 32 mostren que el model de generació d'energia elèctrica es caracteritza, en primer lloc, per una presència important de les centrals nuclears, que dominen sobretot en el percentatge d'electricitat generada. A continuació, quant a generació, se situa el conjunt de les centrals en règim especial, les centrals hidroelèctriques, els cicles combinats i les centrals tèrmiques de gasoil i fuel-gas.

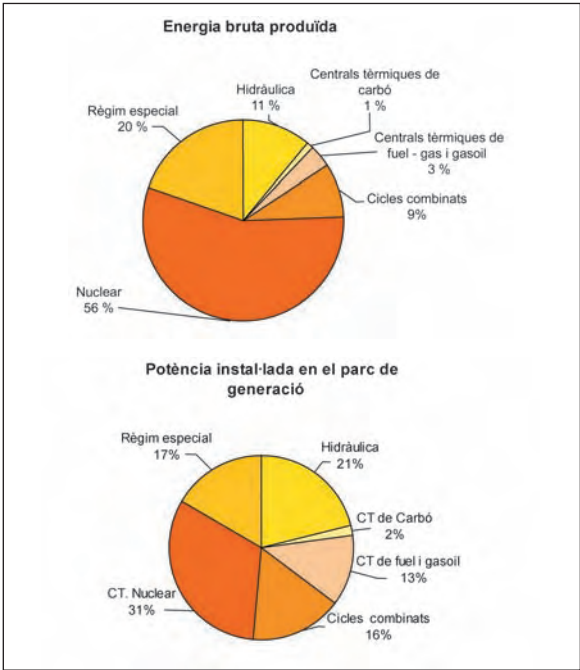


Fig. 32. Distribució de l'energia bruta produïda i de la potència instal·lada segons el tipus de central de generació a Catalunya l'any 2003
Font: elaboració pròpia a partir de dades del PEC 2006-2015.

Es pot constatar que l'energia nuclear aporta més de la meitat de l'electricitat produïda, un 56 % sobre el total, mentre que representa un 31 % de la potència instal·lada. Aquestes dades indiquen que les centrals nuclears funcionen amb una major intensitat comparada amb la resta de centrals.

L'energia hidràulica contribueix únicament en un 11 % de l'energia elèctrica total produïda, malgrat que la seva potència instal·lada arriba al 21 % sobre el total. Aquest tipus d'energia es veu molt condicionada per la disponibilitat del recurs hídic, cosa que pot arribar a reduir aquesta contribució en cas que es produeixi un període llarg de sequera, amb un règim de pluges reduït considerablement respecte d'altres anys amb més pluges.

S'ha de tenir en compte que l'operador del sistema prioritza el subministrament de les centrals a la xarxa segons criteris d'eficiència, entre altres, per la qual cosa sempre que és possible les centrals en règim especial tenen prioritat sobre les altres centrals. Aquest requeriment del sistema, i el fet que el règim especial produeix part de la seva electricitat per a l'autoconsum, explica que el règim especial contribueixi amb un 20 % sobre el total d'energia elèctrica produïda, quan la seva potència instal·lada és del 17 % sobre el total.

Les centrals tèrmiques de carbó i de gas/fuel arriben conjuntament fins al 4 % de l'energia bruta produïda, mentre que la seva potència instal·lada representa un 14 % sobre el total.

A la figura 33 s'observa com, segons les estimacions, les centrals nuclears operen durant tot l'any exceptuant-ne el mes necessari per a la recàrrega del combustible. D'altra banda, per a l'any 2003, els cicles combinats van estar en funcionament per un període inferior al de la central tèrmica de carbó i les centrals nuclears. En part, aquesta situació s'explica pel fet que la central de cicle combinat de Tarragona va entrar en funcionament aquell mateix any, cosa que no va fer possible la seva disponibilitat durant una part de l'any.

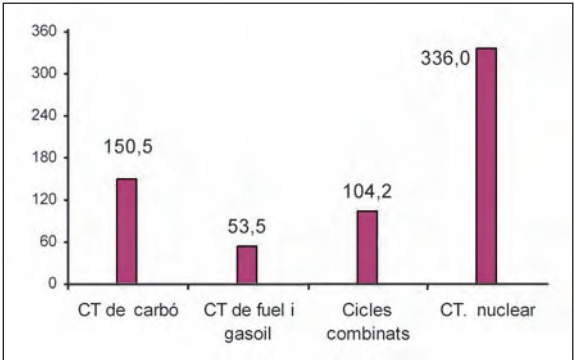


Figura 33. Nombre de dies de funcionament de les diferents centrals tèrmiques (CT) durant l'any 2003 a Catalunya, suposant l'operació a una potència nominal
Font: elaboració pròpia a partir de les dades del PEC 2006-2015.

Combustibles	Energia bruta [GWh]	Percentatge
Fòssil i nuclear	38.854,00	85,5 %
Carbó	578,1	1,3 %
Fueloil	1.049,40	2,3 %
Gasoil	137,3	0,3 %
Gas natural	11.555,10	25,4 %
Nuclear	25.374,80	55,8 %
Gas de refineria i altres gasos de procés	137,3	0,3 %
Residus no renovables	22	0,0 %
Renovables	6.596,70	14,5 %
Hidràulica	6.039,90	13,3 %
Eòlica	163,1	0,4 %
Fotovoltaica	2	0,0 %
Solar termoelectrica	0	0,0 %
Biomassa	1,1	0,0 %
Biogàs	78,2	0,2 %
RSU	312,5	0,7 %
TOTAL	45.450,70	100,0 %

Taula 36. Energia bruta produïda segons els combustibles
Font: PEC 2006-2015

Si bé fins a aquest punt s'ha analitzat la generació d'energia elèctrica a partir de les tecnologies de generació, a continuació es mostrarà quina és la contribució segons la font d'energia. L'interès d'aquesta anàlisi es troba en el fet que si bé gran part de les tecnologies ens permeten identificar el tipus de combustible utilitzat, n'hi ha algunes, com la cogeneració, que poden utilitzar diverses fonts (gas natural o energies renovables). A la taula següent es mostra la contribució de cada font energètica en termes de producció d'energia elèctrica bruta.

En termes d'energia primària el Pla de l'energia de Catalunya 2006-2015 (PEC 2006-2015) mostra les dades següents:

Combustibles	Energia primària [ktep]	Percentatge
Fòssil i nuclear	8.675,9	92,54 %
Carbó	142,2	1,52 %
Fueloil	213,5	2,28 %
Gasoil	23,5	0,25 %
Gas natural	1.846,2	19,69 %
Nuclear	6.419,8	68,48 %
Gas de refinaria i altres gasos de procés	17,6	0,19 %
Residus no renovables	13,2	0,14 %
Renovables	699,0	7,46 %
Hidràulica	519,4	5,54 %
Eòlica	14,0	0,15 %
Fotovoltaica	0,2	0,00 %
Solar termoelèctrica	0,0	0,00 %
Biomassa	0,4	0,00 %
Biogàs	17,3	0,18 %
RSU	147,7	1,58 %
TOTAL	9.375,0	100,00 %

Taula 37. Consum d'energia primària en (ktep) per a la generació d'energia elèctrica segons la font energètica el 2003

Font: PEC 2006-2015.

Aquestes dades mostren que les fonts energètiques del model de generació d'energia elèctrica són principalment l'energia nuclear i els combustibles fòssils. En termes d'energia bruta produïda s'observa com l'energia nuclear representa un 55,8 % respecte del total, mentre que els combustibles fòssils representen un 29,7 %. Aquesta relació és doncs pràcticament a l'inrevés a l'Estat espanyol, en què les contribucions passen a ser del 19,9 % per a l'energia nuclear i del 57,7 % per als combustibles fòssils, segons el Pla d'energies renovables a Espanya 2005-2010 (d'ara endavant, PER 2005-2010), elaborat pel Ministeri

Font energètica	Espanya 2004	Catalunya 2003
Fòssil i nuclear	80,8 %	85,5 %
Fòssil	57,8 % ²	29,7 %
Nuclear	23,1 %	55,8 %
Renovables	19,2 %	14,5 %
Total	100 %	100 %

Taula 38. Distribució de l'energia elèctrica bruta produïda, per tipus de font energètica per a Catalunya el 2004 i Espanya el 2003

Fonts: PEC 2006-2015 i PER 2005-2010.

d'Indústria, Comerç i Turisme. A la taula 38 es poden comparar les diferents contribucions:

Aquest model de generació presenta tot un seguit de conseqüències i característiques que requereixen d'importants canvis i millores en el futur més immediat.

L'elevada contribució de l'energia nuclear i la presència de tres centrals nuclears en el territori català comporta un risc i una problemàtica relacionats amb els residus nuclears, que no es pot obviar.

Les energies renovables representen un 14,5 % de l'energia produïda, principalment aportada per la contribució de la hidràulica, que representa el 13,3 %, de la qual aproximadament el 92 % es deu a les grans centrals hidroelèctriques. La contribució de les energies renovables és lleugerament inferior a Catalunya que al conjunt de l'Estat espanyol, on aquestes fonts d'energia contribueixen en un 19,2 % en la generació bruta d'electricitat (dades de l'any 2004, PER 2005-2010).

El fet que la major part de l'energia renovable depengui d'una sola font energètica, la hidràulica, que a més es caracteritza per la seva variabilitat en funció de la disponibilitat del recurs natural (pluviometria), fa que el model estigui poc diversificat i exposat a períodes no esperats amb baixa producció. Una de les conseqüències d'aquesta variabilitat és en l'àmbit econòmic, ja que un any amb una reducció en la producció hidràulica comporta una major despesa en termes de drets d'emissions de CO₂.

Aquesta contribució tan reduïda de les energies renovables ens situa bastant lluny de l'objectiu que estableix la *Directiva 2001/77/CE, relativa a la promoció de l'electricitat generada a partir de fonts d'energia renovables en el mercat interior de l'electricitat*, que fixa l'objectiu indicatiu per a l'Estat espanyol en un 29,4 % per a l'any 2010.

Com es pot veure a la taula 38 el nostre model de generació d'energia elèctrica és extraordinàriament dependent

2. Aquesta xifra inclou el 29,1 % corresponent al carbó.

de fonts energètiques exteriors, i arriba aproximadament al 90 % en termes d'energia primària i al 85 % en termes d'energia elèctrica bruta produïda. Aquesta dependència es deu fonamentalment, i en primer lloc, al combustible nuclear³ i, en segon lloc, al gas natural. L'energia nuclear contribueix en un 55,8 % de l'energia elèctrica generada, i és un recurs energètic que comporta una clara dependència energètica i tecnològica, tot i que els països o les regions subministradores actualment presenten major estabilitat que les subministradores de combustibles fòssils. El gas natural contribueix en un 25 % de l'energia elèctrica generada, i ho fa a través de les centrals de cycle combinat, les instal·lacions de cogeneració i en menor mesura de les centrals tèrmiques convencionals.

Les emissions de CO₂ a Catalunya atribuïbles a la generació d'energia elèctrica van ser de 6.334 milions de tones anuals l'any 2003, la qual cosa es tradueix en una ràtio de 139 g de CO₂/kWh. Aquest és un nivell molt baix si es compara amb l'espanyol (402 g de CO₂/kWh). El motiu el trobem en el fet que a Catalunya la contribució de les centrals nuclears i de les centrals tèrmiques de combustibles fòssils és a l'inrevés que a l'Estat espanyol. Aquesta és la situació que es dona malgrat que la contribució de les energies renovables és menor a Catalunya.

4.2.2. Escenaris i previsió de futur

L'escenari de futur més acurat que es pot tenir per a la generació d'energia elèctrica a Catalunya és la previsió feta en el *Pla de l'energia de Catalunya 2006–2015*. *Pla estratègic* realitzat per la Generalitat de Catalunya.

Aquest pla inclou dos escenaris: un escenari base, que segueix la tendència actual sense canvis significatius pel que fa a les energies renovables, i un escenari Intensiu en energies renovables (IER) en el qual es potencien les energies renovables. A la taula següent es mostra la potència instal·lada per a cadascun d'aquests escenaris l'any 2015 segons el tipus d'instal·lació i agrupats pel règim de generació:

Per poder analitzar aquests escenaris ens serà d'utilitat la taula següent (taula 40) en què es mostren els increments de potència instal·lada per cada tipologia de central elèctrica, així com la seva contribució a la producció d'energia total per a l'any 2003 i per als dos escenaris de l'any 2015.

El model de generació d'energia elèctrica previst per als propers anys es caracteritza principalment pel manteniment de l'energia nuclear, l'augment de les centrals de cycle combinat i l'augment de l'energia eòlica.

Règim de generació/ Tipus d'instal·lacions	Potència instal·lada [MW] per a l'escenari BASE l'any 2015	Potència instal·lada [MW] per a l'escenari IER l'any 2015
Règim ordinari	10.030,30	9.350,30
Hidràulica	2.088,30	2.088,30
Centrals tèrmiques de carbó	0	0
Centrals tèrmiques de fuel-gas i gasoil	15,9	535,9
Cicles combinats	4.779,30	3.579,30
Nuclear	3.146,80	3.146,80
Règim especial	3.429,50	6.215,00
Hidràulica	282,9	386,5
Incineració de residus (RSU i industrials)	83,4	83,4
Reducció de residus (purins i EDAR)	366,2	366,2
Metanització de residus	50,1	100,7
Biomassa forestal i agrícola	22,7	63,7
Cogeneració	1.284,60	1.564,00
Eòlica	1.313,20	3.500,40
Fotovoltaica	26,4	100
Solar termoelèctrica	0	50
TOTAL	13.459,8	15.565,30

Taula 39. Tipus de centrals de generació d'energia elèctrica i potència instal·lada a Catalunya segons el Pla de l'energia 2006-2015 l'any 2015

Font: PEC 2006–2015.

Les previsions apunten que cap central nuclear no es tancarà abans del 2015, per la qual cosa la potència instal·lada serà la mateixa, però a causa de l'increment d'altres tecnologies de generació el pes relatiu d'aquesta tecnologia es reduirà. La contribució de l'energia nuclear passarà del 55,8 % actual al 34,6 % i 35,3 % per a l'escenari Base i IER, respectivament.

Els augments de la demanda d'energia elèctrica esperats per a l'any 2015, un increment del 60,2 % respecte l'any 2003 en l'escenari Base, i un 57,1 % per a l'escenari IER, es cobriran principalment amb l'increment de les centrals de cycle combinat. Aquestes centrals augmentaran la seva potència instal·lada entre un 203 % (increment de 3.000 MW a l'escenari Base) i un 127 % (increment de 2.000 MW a l'escenari IER). Aquest increment del parc de generació farà passar la contribució d'aquesta tecnologia del 8,7 % sobre el total d'energia elèctrica bruta produïda per a l'any 2003, al 38 % i al 25,1 % per a l'escenari Base i l'IER, respectivament. Aquest increment per aquest tipus de tecnologia comporta un augment impor-

3. Com s'indica al capítol 2, des del 2001 Espanya ha deixat d'explotar el jaciment d'urani de Saelices el Chico, a Salamanca. Per aquest motiu actualment tot l'urani consumit és d'importació.

Règim de generació/ Tipus d'instal·lacions	Variació de la potència instal·lada (període 2003–2015)		Distribució de l'energia bruta produïda		
	Base	IER	2003	Base (2015)	IER(2015)
TOTAL	36 %	58 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %
Règim ordinari	22 %	14 %	80,3 %	78,9 %	66,9 %
Hidràulica	0 %	0 %	11,0 %	6,3 %	6,4 %
Centrals tèrmiques de carbó	–100 %	–100 %	1,3 %	0,0 %	0,0 %
Centrals tèrmiques de fuel–gas i gasoil	–99 %	–57 %	3,5 %	0,0 %	0,1 %
Cicles combinats	203 %	127 %	8,7 %	38,0 %	25,1 %
Nuclear	0 %	0 %	55,8 %	34,6 %	35,3 %
Règim especial	107 %	276 %	19,7 %	21,1 %	33,1 %
Hidràulica	22 %	67 %	2,3 %	1,6 %	2,2 %
Incineració de residus (RSU i industrials)	53 %	53 %	0,8 %	0,7 %	0,7 %
Reducció de residus (purins i EDAR)	216 %	216 %	1,7 %	3,6 %	3,7 %
Metanització de residus	116 %	334 %	0,2 %	0,5 %	1,0 %
Biomassa forestal i agrícola	4.440 %	12.640 %	0,0 %	0,2 %	0,6 %
Cogeneració	13 %	37 %	14,5 %	10,0 %	12,3 %
Eòlica	1.415 %	3.937 %	0,4 %	4,5 %	12,3 %
Fotovoltaica	1.100 %	4.445 %	0,0 %	0,0 %	0,2 %
Solar termoelèctrica	–	–	0,0 %	0,0 %	0,2 %

Taula 40. Increment de la potència instal·lada i distribució en la producció d'energia bruta per cada tipus de central elèctrica segons els dos escenaris del Pla de l'energia (Base i IER) per al període 2003 a 2015

Font: PEC 2006–2015.

tant de la utilització del gas natural, el qual passa de contribuir en un 25,4 % l'any 2003, a entre un 50,19 % i un 38,81 % per a l'escenari Base i l'IER, respectivament.

L'energia eòlica és la segona tecnologia que experimentarà un augment més significatiu en la seva contribució a la producció d'energia bruta, ja que passarà de representar un 0,4 % l'any 2003, a un 4,52 % i un 12,11 % per als escenaris Base i IER respectivament. En termes de potència instal·lada es preveu passar dels 86,7 MW l'any 2003, als 1.313,20 MW i els 3.500 MW per a l'escenari Base i IER, respectivament.

La resta de tecnologies que aprofiten les diverses fonts renovables són les que experimenten creixements més importants, en gran mesura per raó de la seva reduïda implantació. Destaca l'aprofitament de la biomassa forestal i agrícola, la fotovoltaica i la reducció de residus (purins i EDAR⁴). Tot i així, com es veu a la taula següent, la seva contribució al total d'energia elèctrica produïda se situa entre l'1,33 % i el 2,49 % segons l'escenari Base i IER, respectivament.

Altres aspectes que cal comentar sobre les previsions del parc de generació d'energia elèctrica són els següents:

- Deixa d'operar l'única central de carbó a Catalunya en els dos escenaris.
- Reducció important de les centrals tèrmiques de fuel/gas i gasoil. La reducció és més important per a l'escenari Base (al voltant dels 1.200 MW) que per a l'escenari IER (entorn dels 700 MW).

Amb la finalitat de complementar la informació de les centrals de generació d'energia elèctrica i possibilitar l'anàlisi amb la mateixa informació de partida que a l'apartat anterior, a la taula 41 es mostra l'increment de la producció d'energia elèctrica per a tots dos escenaris, així com la distribució que cada font d'energia representa respecte del total.

La diferència principal entre tots dos escenaris és que a l'escenari Base la potència instal·lada de les centrals de cicle combinat augmenta considerablement, permetent una major reducció de les centrals de fuel–gas i gasoil, mentre que en l'escenari IER l'augment de les centrals de cicle combinat no és tan important mentre que sí que ho és la potència eòlica.

Amb les previsions realitzades per al Pla de l'energia de Catalunya no es resol el problema de la dependència del nostre model de generació d'energia elèctrica. Si bé per

4. Estació depuradora d'aigües residuals (EDAR).

Font d'energia	Variació de l'energia bruta produïda (període 2003–2015)		Distribució de l'energia bruta produïda		
	Base	IER	2003	Base (2015)	IER (2015)
Fòssil i nuclear	61,7 %	40,6 %	85,5 %	86,27 %	76,52 %
Carbó	–100,0 %	–100,0 %	1,3 %	0,00 %	0,00 %
Fueloil	–51,1 %	–44,9 %	2,3 %	0,70 %	0,81 %
Gasoil	–25,3 %	7,2 %	0,3 %	0,14 %	0,21 %
Gas natural	216,2 %	144,5 %	25,4 %	50,19 %	39,57 %
Nuclear	–0,8 %	–0,8 %	55,8 %	34,58 %	35,26 %
Gas de refinaria i altres gasos	137,7 %	138,2 %	0,3 %	0,45 %	0,46 %
Residus no renovables	616,8 %	616,8 %	0,0 %	0,22 %	0,22 %
Renovables	51,5 %	154,2 %	14,5 %	13,73 %	23,48 %
Hidràulica	–5,0 %	1,7 %	13,3 %	7,88 %	8,60 %
Eòlica	1.917,2 %	5.303,7 %	0,4 %	4,52 %	12,34 %
Fotovoltaica	1.465,0 %	5.840,0 %	0,0 %	0,04 %	0,17 %
Solar termoelèctrica	–	–	0,0 %	0,00 %	0,20 %
Biomassa	13.118,2 %	37.345,5 %	0,0 %	0,20 %	0,58 %
Biogàs	512,0 %	962,8 %	0,2 %	0,66 %	1,16 %
RSU	–0,6 %	–0,6 %	0,7 %	0,43 %	0,43 %
TOTAL	60,2 %	57,1 %	100,0 %	100,00 %	100,00 %

Taula 41. Increment i distribució de l'energia elèctrica bruta produïda per cada tipus de font d'energia segons els dos escenaris (Base i IER) per al període 2003 a 2015 previst en el Pla de l'energia de Catalunya

Font: PEC 2006-2015.

a l'escenari IER la contribució dels combustibles fòssils i l'energia nuclear se situa en el 76,52 %, a l'escenari Base s'empitjora lleugerament la situació actual, ja que la contribució d'aquestes mateixes fonts energètiques es preveu que representi el 86,27 %. Si analitzem la contribució de cadascuna d'aquestes fonts veiem que el gas natural s'incrementa en detriment de l'energia nuclear. Això fa que la dependència augmenti considerablement per fonts energètiques que tenen el seu origen de subministrament en zones potencialment de risc o de conflictivitat.

Aquestes previsions situen la dependència energètica de Catalunya per sobre de la de l'Estat espanyol, segons es pot veure a la taula 42, en la qual s'ha de tenir en compte que en el cas d'Espanya un 14 % dels combustibles fòssils provindrà del carbó, per la qual cosa un 55,3 % de l'energia produïda dependrà de fonts d'energia exterior, principalment gas natural (33,5 %) i energia nuclear (19,1 %).

Pel que fa a les energies renovables, les previsions del Pla de l'energia de Catalunya no permeten arribar a l'objectiu indicatiu marcat per a l'Estat espanyol, fixat en un 29,4 % per a la contribució d'aquestes fonts en el consum brut d'energia elèctrica l'any 2010. Segons el Pla la contribució de les energies renovables en la generació d'energia elèctrica l'any 2015 se situa en un 13,7 % per a l'escenari Base i un 23,5 % per a l'escenari IER. En el cas

de l'escenari Base, malgrat l'increment previst de l'energia eòlica (aproximadament 1.500 MW) la seva contribució relativa serà inferior a la contribució actual, cosa que fa pensar que cal fer un esforç per situar-se en l'escenari IER.

Segons les previsions del PER 2005–2010, l'Estat espanyol podrà assolir l'objectiu del 29,4 % per la qual cosa ja s'han fet unes previsions atenent el potencial factible del territori espanyol.

Com s'ha comentat anteriorment, l'increment de les energies renovables es deu fonamentalment a un increment de l'energia eòlica, cosa que permet diversificar aquest tipus de fonts davant les variabilitats meteorològiques.

Font energètica	Espanya 2010	Catalunya Base (2015)	Catalunya IER (2015)
Fòssil i nuclear	69,3 %	86,3 %	76,5 %
Fòssil	50,2 % ⁵	51,0 %	40,6 %
Nuclear	19,1 %	34,6 %	35,3 %
Renovables	30,6 %	13,7 %	23,5 %
Total	100 %	100 %	100 %

Taula 42. Previsió de la distribució de l'energia elèctrica bruta produïda per font energètica per a Catalunya el 2015 i a Espanya el 2010

Font: PEC 2006–2015 i PER 2005–2010.

5. Aquesta xifra inclou el 14 % previst per al carbó.

Un dels aspectes destacats del nou model de la generació d'energia elèctrica és que causarà un augment de les emissions de CO₂. Aquest increment es produeix en termes absoluts i relatius, de manera que els quilograms de CO₂ per kWh produït també augmentaran. Aquesta situació és deguda a l'increment de la producció d'energia elèctrica a partir de centrals de cycle combinat, per satisfer l'increment de la demanda d'energia elèctrica, tot i que es tanquen la central de carbó i algunes de les de fuel/gas i gasoil. A la taula següent es mostra l'impacte que tindrà sobre les emissions de CO₂ el nou parc de generació, que en el cas de l'escenari IER quasi bé es dupliquen les emissions, que arriben als 11.368 milers de tones de CO₂, mentre que en l'escenari Base s'incrementen en un 126 % i arriben als 14.335 milers de tones de CO₂.

	2003	2010 (Base)	2015 (Base)	2010 (IER)	2015 (IER)
Emissions de CO ₂ (milers de tones)	6.334	10.623	14.335	10.620	11.368

Taula 43. Emissions de CO₂ de la producció d'energia elèctrica seguint la metodologia de l'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)

Font: PEC 2006-2015.

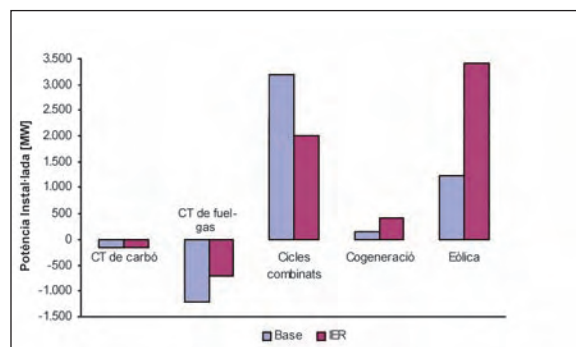


Figura 34. Principals increments de la potència que cal instal·lar tenint en compte l'aportació de cada tipologia de tecnologia a la producció d'energia total

Font: elaboració pròpia a partir de les dades del PEC 2006-2015.

Pel que fa a la distribució de la generació d'energia elèctrica amb relació als centres de consum, en teoria es poden donar diferents graus de concentració, que van des d'una centralització de la generació amb grans centrals, relativament allunyades dels centres de consum, fins a una generació distribuïda, en la qual la generació d'energia elèctrica es fa a través de petites centrals que es troben situades a prop dels centres de consum, que es troben distribuïts en el territori.

Les instal·lacions de producció d'energia elèctrica s'agrupen en la generada a través del règim especial i l'ordinari. En el règim especial s'inclouen les instal·lacions

que produeixen electricitat a través de la cogeneració o altres tecnologies amb alta eficiència o les que aprofiten fonts d'energia renovable. La Llei 54/1997 del sector elèctric estableix que aquestes instal·lacions tindran una potència màxima de 50 MW, i només en el cas que es faci un tractament i una reducció de residus en els sectors agrícola, ramader i de serveis la potència màxima haurà de ser igual o inferior als 25 MW.

A partir de les característiques del que s'entén com a generació distribuïda podríem considerar que les instal·lacions en règim especial s'apropen a aquest model de generació, si es compleix que efectivament es troben properes als centres de consum.⁶ Així doncs, a falta d'una anàlisi més detallada podria ser útil considerar el pes de cada règim de generació per donar una idea aproximada del grau de centralització del parc de generació d'energia elèctrica.

A la taula següent es mostra la potència instal·lada i l'energia bruta produïda per al 2003 i el 2015 en els dos escenaris que recull el PEC 2006-2015 per a cadascun dels dos règims de producció.

Distribució segons la potència (MW)			
Règim de producció	2003	2015 (Base)	2015 (IER)
Règim ordinari	83,2 %	74,5 %	60,1 %
Règim especial	16,8 %	25,5 %	39,9 %
Distribució segons la producció bruta (GWh)			
Règim de producció	2003	2015 (Base)	2015 (IER)
Règim ordinari	80,3 %	78,9 %	66,9 %
Règim especial	19,7 %	21,1 %	33,1 %

Taula 44. Distribució de la potència i l'energia bruta generada per les centrals de generació d'energia elèctrica segons el règim de producció

Font: PEC 2006-2015.

Com es pot veure a la taula 44, a l'escenari IER s'aconsegueixen uns nivells de generació d'energia elèctrica en règim especial molt més elevats que a l'escenari Base. En termes de potència instal·lada l'escenari IER preveu que el 2015 un 39,9 % de la potència sigui en règim especial, aconseguint produir un 33,1 % del total d'energia bruta, mentre que a l'escenari Base, la potència en règim especial és molt menor ja que se situa en un 25,5 %, amb la qual es produeix únicament un 21,1 % del total d'energia bruta.

Aquestes dades no són suficients per establir el grau de centralització o distribució del parc de generació d'energia elèctrica, ja que caldria analitzar la proximitat d'aquestes centrals als punts de consum i que, com pot passar en el cas de l'eòlica, aquestes centrals es concentren en àrees on el recurs (vent) és abundant però s'acaba superant el consum de les àrees.

6. Aquest podria no ser el cas d'una elevada concentració de parcs eòlics en una determinada àrea geogràfica en què se superés la demanda d'energia de l'àrea.

Si es tenen en compte les pèrdues estimades per al transport de l'electricitat, es pot observar que no hi ha una reducció de pèrdues significativa en l'escenari IER, la qual cosa indica que aquest increment de la generació en règim especial pot no implicar un increment significatiu de la generació distribuïda.

4.2.3. Tendències en el parc de generació

En aquest apartat es detallen quines són les modificacions més rellevants que el Pla de l'energia comporta per a l'actual parc de generació d'energia elèctrica per cada tipologia de central de generació. A més, a partir de la informació disponible sobre els projectes realitzats i de les previsions més plausibles dels projectes més imminents, també s'analitzarà quina és la tendència quant al compliment dels objectius del Pla per al període 2004-2006 i els anys següents més immediats.

Segons les previsions del *Pla de l'energia de Catalunya*, els canvis més importants els protagonitzaran les centrals de cicle combinat i l'energia eòlica.

4.2.3.1. Les centrals nuclears

Com ja s'ha indicat abans, la potència instal·lada de les centrals nuclears a Catalunya és de 3.146,84 MW, que es distribueix en tres centrals:

Central	Any d'entrada en servei ⁷	Any previst per a la finalització del servei ⁸	Localització	Potència [MW]	Tecnologia
Ascó 1	1983	2021	Ascó (Tarragona)	1.032,5	Aigua a Pressió
Ascó 2	1985	2023	Ascó (Tarragona)	1.027,2	Aigua a Pressió
Vandellòs 2	1987	2025	Vandellòs i Hospitalet de l'Infant (Tarragona)	1.087,1	Aigua a Pressió

Taula 45. Característiques de les centrals nuclears que operen a Catalunya

Font: elaboració pròpia.

L'actual Pla de l'energia preveu que en l'horitzó de l'any 2015, la potència instal·lada en aquest tipus d'instal·lacions no es vegi modificada per cap dels dos escenaris (Base, IER).

Una de les problemàtiques de les centrals nuclears, a part del risc d'accident, és que en la seva activitat normal aquestes instal·lacions produeixen un ventall de residus que tenen activitat radioactiva.

Actualment la gestió dels residus radioactius pateix una situació de provisionalitat, ja que es troben emmagatzemats

a les piscines de les mateixes centrals nuclears. En el cas de Vandellòs 2, els residus d'alta activitat han estat tractats (tractament de vitrificació) a França, però seran retornats a l'any 2010. A la taula següent es detalla l'estat de l'emmagatzematge dels residus radioactius a les centrals nuclears de Catalunya.

Central	Percentatge d'ocupació de la piscina	Any previst de saturació
Ascó 1	71,52 %	2013
Ascó 2	64,87 %	2015
Vandellòs 2	49,55 %	2020

Taula 46. Situació de l'emmagatzematge temporal dels residus a les piscines de les centrals nuclears de Catalunya, el 31 de desembre de 2004

En aquests moments la gestió dels residus no està resolta i sembla que el govern opta per l'emmagatzematge temporal de manera centralitzada. Aquesta mesura provisional, que no resol el greu problema dels residus nuclears, no disposa del consens necessari, tal com es va evidenciar a la taula Diàleg de l'Energia Nuclear promoguda pel Ministeri d'Indústria l'any 2006 (Ministeri d'Indústria, Turisme i Comerç, 2006).⁹

Si bé la moratòria nuclear va evitar que es construïssin noves centrals nuclears, davant la problemàtica evident i

real dels residus radioactius, i els riscos que comporta aquest aprofitament energètic, el govern estatal, que és qui té competències per aquestes centrals, hauria de concretar un calendari de tancament de les centrals existents. Algunes previsions apunten que es mantindrà l'actual parc de generació nuclear allargant la vida d'aquestes centrals fins als 40 anys. Tal com es mostra a la taula 46, aquesta ampliació del temps de vida situaria el tancament de cadascuna de les centrals nuclears 6, 9 i 10 anys després de l'any 2015. Si es té en compte el temps necessari per al desenvolupament d'una alternativa sostenible, està clar que cal fer un esforç addicional a la planificació

7. Red Eléctrica Española. *Boletín Estadístico de Energía Eléctrica*. Juliol de 1998.

8. En cas que el temps de vida de les centrals nuclears s'allargui fins als 40 anys, tal com sembla que pot arribar a considerar el Ministeri d'Indústria.

9. La falta de consens rau en el fet que alguns agents socials no accepten la solució proposada fins que no es resolgui el tema de la continuïtat de les centrals nuclears existents.

actual per assentar les bases per fer efectiva aquesta alternativa en un termini curt. Aquest esforç ha de consistir a incrementar significativament les inversions en recerca i desenvolupament de les noves tecnologies i les ja existents en l'àmbit de les energies renovables i l'eficiència.

4.2.3.2. Les centrals de gasoil i fueloil

En els darrers anys, durant el període 2003-2005, tres centrals de gasoil i fueloil han deixat de ser operatives (Besòs 2, Besòs 1, Sant Adrià 2), mentre que encara resten dues centrals en servei (Foix, Sant Adrià 1 i 3).

Com ja s'ha indicat abans, la potència instal·lada de les centrals de fuel i gasoil a Catalunya és aproximadament de 1.236 MW, que es reparteix en dues centrals:

Central	Any d'entrada en servei	Localització	Potència [MW]	Tecnologia
Sant Adrià	1973-1976	Sant Adrià de Besòs	700	Grup 1 i 3 a Fuel/Gas ¹⁰
Foix	1980	Cubelles	520	Grup 1 a Fuel/Gas

Taula 47. Característiques de les centrals de fueloil i gas que operen a Catalunya

Font: Red Eléctrica Española, 1998.

En els darrers anys han deixat de ser operatives les centrals que es mostren a la taula següent, en la qual també s'indica el temps d'operació:

Central	Any d'entrada en servei	Any de finalització del servei	Temps d'operació [anys]	Potència [MW]	Tecnologia
Sant Adrià 2	1974	2003	29	350	Grup 1 a fuel
Besòs 1	1967	2003	36	150	Grup 1 a Fuel/Gas
Besòs 2	1972	2005	31	150	Grup 2 a Fuel/Gas

Taula 48. Centrals tèrmiques que actualment no són operatives

Font: Elaboració pròpia.

L'actual Pla de l'energia de Catalunya 2006-2015 preveu que en l'horitzó de l'any 2015, la potència instal·lada en aquest tipus d'instal·lacions pot passar a ser entre els 15,9 MW, per a l'escenari base, i els 535,9 MW per a l'escenari IER. Les previsions realitzades per a l'escenari Base s'assoleixen tancant les dues centrals existents actualment, mentre que per assolir l'escenari IER es preveu tancar els dos grups de la central de Sant Adrià.

El tancament d'aquestes centrals serà possible en la mesura que siguin substituïdes per alguna central de cycle combinat.

4.2.3.3. Les centrals de cycle combinat

Des de l'any 2002 s'han construït quatre centrals de cycle combinat (Tarragona Power, Besòs 3 i 4, Tarragona Endesa), i segons la planificació de les empreses de generació, hi ha quatre centrals més en previsió per als propers anys (Plana del Vent, a Tarragona; Port de Barcelona; Besòs; Foix, a Cubelles). Amb tots aquests projectes es podria estar a prop dels objectius de l'escenari Base (4.779,30 MW de potència instal·lada).

La potència instal·lada de les centrals de cycle combinat a Catalunya és de 1.579,30 MW, que es reparteix en tres centrals:

Central	Any d'operació comercial	Localització	Potència [MW]	Energia
Tarragona Power	2004	Tarragona	407	(1.169 GWh)
Besòs 3 i 4	2002	Sant Adrià del Besòs	400+400	(2.001+2.871 GWh)
Tarragona Endesa	2003	Tarragona	400	(2.151 GWh)

Taula 49. Característiques de les centrals de cycle combinat en operació

Font: REE (2005).

Les centrals de cycle combinat presenten un elevat rendiment que es pot situar entorn del 60 %. Les emissions de CO₂ es redueixen respecte d'altres centrals de combustibles fòssils, ja que passen a ser de 350 g/kWh.

L'actual Pla de l'energia preveu que en l'horitzó de l'any 2015 la potència instal·lada en aquest tipus d'instal·lacions pot passar a ser entre els 4.779,30 MW per a l'escenari base, i els 3.579,30 MW per a l'escenari IER. Aquestes potències representen uns increments d'entre el 203 % i el 127 %, respectivament, per a cada escenari. Aquest increment de la potència instal·lada comportarà un increment de l'energia produïda d'aproximadament el 600 % i el 353 %, respectivament. Tenint en compte les previsions fetes en el Pla de l'energia per a la resta de centrals de generació, els cycles combinats passaran del 8,7 % del total d'energia elèctrica produïda al 38 % i 25,1 %, respectivament, per a cada escenari.

10. Aquestes centrals poden operar tant amb fuel com amb gas.

Les centrals de cycle combinat que s'implanten actualment consisteixen en grups de 400 MW, per la qual cosa el nombre de centrals per assolir aquests objectius haurà de ser entre 9 i 6 centrals per a l'escenari Base i per a l'escenari IER, respectivament.

Segons les dades de la Comissió Nacional de l'Energia (CNE, 2005) la situació de les centrals de cycle combinat previstes durant el període 2004-2008 és la que es detalla a la taula següent:

Promotors	Localització	Potència a [MW]	Data prevista d'entrada en servei	Observacions
Gas Natural	Plana del Vent (Tarragona)	800	2 T de 2007	En construcció
Gas Natural	Port de Barcelona	800	2 T de 2007	Endarrerida
Endesa	Besòs	800	4 T de 2008	Endarrerida
Endesa	Foix (Cubelles)	800	4 T de 2009	Endarrerida

Taula 50. Centrals de cycle combinat previstes a Catalunya a partir de la informació facilitada pels promotors

Font: CNE, 2005.

Com es pot veure, amb aquestes centrals projectades se superen els objectius de l'escenari IER i s'aproximen als de l'escenari Base. En el cas de les centrals del Besòs i del Foix, el mateix promotor admet endarreriments d'un any sobre la data prevista per la seva operació comercial prevista en la planificació inicial, tot i que encara es troben dins del calendari del Pla de l'energia a Catalunya.

4.2.3.4 Les centrals tèrmiques de carbó

Com ja s'ha indicat amb anterioritat, la potència instal·lada de les centrals tèrmiques de carbó a Catalunya és de 160 MW, que es correspon a una única instal·lació:

Central	Any de construcció	Localització	Potència [MW]	Tecnologia
Cercs	1971	Cercs	160	Grup 1 a carbó

Taula 51. Central tèrmica de carbó a Catalunya

Font: Red Eléctrica Española. *Boletín Estadístico de Energía Eléctrica*. Agost de 1998.

Els combustibles utilitzats per la central de Cercs són el lignit negre, l'hulla i el fueloil. Les emissions de CO₂ per aquests tipus de combustibles són de les més elevades i arriben als 960, 780 i 860 g/kWh CO₂, respectivament. El rendiment de les instal·lacions de producció d'electricitat utilitzant lignit segons diferents estudis se situa entre

el 16,8 % i el 29 %.¹¹ Les centrals de carbó són instal·lacions amb un elevat impacte ambiental també a escala local, ja que produeixen emissions de sofre a causa de la combustió del carbó, combustible que té un elevat contingut en aquest element.

L'actual Pla de l'energia preveu que l'any 2010 aquesta central ja no estigui operativa en cap dels dos escenaris. Segons les dades del Pla la producció elèctrica d'aquesta central va ser de 578 GWh¹² l'any 2003, cosa

que representa un 1,3 % del total d'energia elèctrica produïda.

4.2.3.5. Les centrals hidroelèctriques

La potència instal·lada de les centrals hidroelèctriques a Catalunya és aproximadament de 2.088 MW, que es reparteix en cinc centrals:

Central	Any d'entrada en servei	Potència [MW]
Canelles	1959	108
Estany Gento	1985-1986	446
Moralets	1985	221
Tavascan	1971	152
Riba-roja	1967-1969	263
Altres (centrals < 100 MW)	Diversos	898

Taula 52. Principals centrals hidroelèctriques

Font: Red Eléctrica Española (1998).

Totes les instal·lacions amb una potència superior als 100 MW es troben ubicades a la conca de l'Ebre.

Les centrals hidroelèctriques que operen en règim especial i es troben distribuïdes per la geografia catalana sumen un total de 239 minicentrals amb una potència de

11. Relació entre l'energia sortint respecte de l'entrant per als estudis de Kivisto (any 2000) i Uchiyama (any 1991) respectivament, segons Lacy (2003). Altres documents estableixen que amb una tecnologia optimitzada els rendiments es poden situar entorn el 35 % i amb noves millores podria arribar al 53 % (Riedle, 2006).

12. Segons les dades dels *Informes del sistema eléctrico español* del 2004 i del 2005, de REE, aquesta central va produir un total de 896 GWh l'any 2004 i 993 GWh l'any 2005, la qual cosa implica un increment del 54,9 % i del 71,7 %, respectivament, en relació amb la producció del 2003. Aquest fet mostra una tendència a incrementar la seva aportació de manera prèvia a l'any de tancament.

231,9 MW. La província de Lleida disposa de gran nombre d'aquestes centrals, mentre que Barcelona, Girona i Tarragona disposen d'un menor nombre.

El Pla de l'energia preveu que en l'horitzó de l'any 2015 la potència instal·lada per a les centrals hidroelèctriques en règim ordinari es mantingui en 2.088,30 MW actuals (cap increment respecte de l'any 2003 per a ambdós escenaris), mentre que per a les del règim especial es preveu una potència de 282,9 MW per a l'escenari base, i de 386,5 MW per a l'escenari IER. Aquestes potències representen uns increments d'entre el 22 % i el 67 % per a cada escenari.

Segons les estimacions del Pla, les variacions de la producció d'energia de la hidroelèctrica total (règims ordinari+especial) seran de -5 % i d'1,7 %, respectivament, per a cada escenari. Tenint en compte les previsions fetes en el Pla per a la resta de centrals de generació, l'energia hidroelèctrica passarà del 13,3 % del total d'energia elèctrica produïda al 7,9 % i al 8,6 %, respectivament, per a cada escenari. Es constata que el pes d'aquest tipus d'energia disminueix en experimentar uns increments relatius inferiors a les altres centrals de generació.

L'aplicació del Pla haurà de tenir en compte la Directiva marc de l'aigua (Directiva 2000/60/CE) en la qual s'especifica que s'han d'identificar els impactes ambientals derivats de l'activitat de producció d'energia elèctrica, així com dels danys que d'aquests es derivin, amb la finalitat de garantir els objectius d'estat ecològic establert en el pla de conca (ACA, 2006).

Tot i que les centrals hidroelèctriques en règim especial i les grans centrals tenen una potència instal·lada que representa el 2,4 % i el 21,2 %, respectivament, respecte de la potència total instal·lada a Catalunya, segons dades de l'any 2003, la producció d'energia representa un 2,3 % i un 11 % respectivament. Malgrat la gran potència instal·lada aquesta no es tradueix en una producció d'energia elevada, sobretot en el cas de la gran central hidroelèctrica. Aquest fet ve donat per la seva dependència de la pluviometria, cosa que pot provocar reduccions considerables de l'energia produïda.

A la figura següent s'observa la variabilitat que presenta la producció d'energia hidroelèctrica en règim especial, tot i l'augment de la potència instal·lada. En concret, per a l'any 2003 la producció va arribar als 975 MWh, mentre que l'any 2005 va passar a ser de 597 MWh.¹³

4.2.3.6. Les centrals eòliques

Els parcs eòliques en operació a Catalunya fins a l'any 2006 són onze, amb una potència de 224,89 MW, dels quals

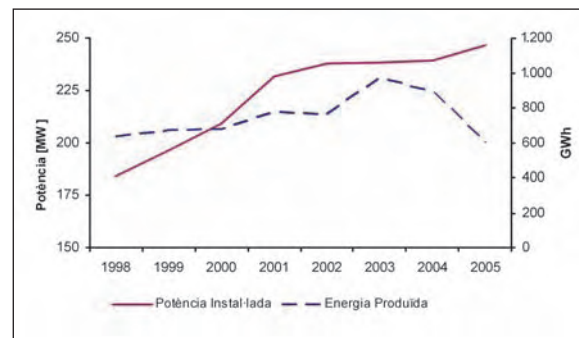


Figura 35. Potència instal·lada i energia produïda per les centrals hidroelèctriques en règim especial en el període 1998-2005 a Catalunya

Font: elaboració pròpia a partir de les dades de la CNE (2006a).

cinc han estat posats en servei durant el període 2004-2006 amb una potència de 138,42 MW. Segons dades de la Generalitat, el nombre de parcs eòliques amb autorització és de 51 amb una potència total de 1.584 MW i es troben en fase de construcció o bé tramitant les infraestructures elèctriques necessàries per a la seva evacuació. Amb aquests projectes es podria assolir l'objectiu per a l'escenari Base, però encara s'està lluny dels 3.500,40 MW de l'escenari IER.

Com ja s'ha indicat abans, la potència instal·lada en centrals eòliques a Catalunya l'any 2003 era aproximadament de 86,7 MW, que es distribueix entre els parcs eòliques següents:

Parc eòlic	Municipi	Any d'entrada en servei	Potència (MW)
P.E. de Roses	Roses	1991	0,59
P.E. del Baix Ebre	Tortosa	1995	4,05
	Pradell de la Teixeta		
P.E. de Trucafert	Argentera	1999	30
P.E. de les Colladetes I i II	El Perelló	2000	38,25
P.E. de les Calobres	El Perelló	2001	12,75
	Pradell de la Teixeta		
P.E. Mas de la Potra	Duesaigües	2002	2,6
TOTAL			88,24

Taula 53. Parcs eòliques en operació a finals de 2003

Font: ICAEN (2003).

El Pla de l'energia preveu que l'any 2015 la potència en aquest tipus d'instal·lacions pot passar a ser al voltant de 1.313,20 MW, per a l'escenari Base, i de 3.500,40 MW per a l'escenari IER. Aquestes potències representen uns increments espectaculars entre el 1.415 % i el 3.937 %, respectivament, per a cada escenari. Aquest increment de la potència instal·lada comportarà un increment de l'ener-

13. Comissió Nacional de l'Energia (CNE, 2006a). *Informe mensual de ventas de energía del régimen especial*. Abril de 2006.

gia produïda d'aproximadament 1.917 % i 5.304 %, respectivament. Tenint en compte les previsions realitzades en el Pla de l'energia per a la resta de centrals de generació, l'energia eòlica passarà del 0,4 % del total d'energia elèctrica produïda al 4,5 %, per a l'escenari Base i el 12,3 %, per a l'escenari IER.

Les dades més recents, relatives a la producció d'energia elèctrica per a les centrals de generació d'energia eòlica, són les corresponents a l'any 2005, i han estat proporcionades per la Comissió Nacional de l'Energia (CNE, 2006a). Per a aquest any es disposava d'una potència instal·lada de 161 MW, que va permetre obtenir una producció de 274 GWh, és a dir, un 67 % superior a la producció de l'any 2003, que va ser de 163,1 GWh.

Els nous parcs eòlics posats en funcionament fins al setembre de 2006 són els següents (taula 54):

Parc eòlic	Municipi	Any d'entrada en servei	Potència (MW)
Collet dels Feixos	Duesaigües	2004	7,92
Serra de Rubió			
	Castellfollit del Boix, Odena, Rubió	2005	49,5
Ecovent	Tortosa	2006	48,1
Tortosa	Tortosa	2006	29,9
Les Comes	Vilalba dels Arcs	2006	3
TOTAL			138,42

Taula 54. Nous parcs eòlics en operació a finals de setembre de 2006 (des de 2004)

Font: ICAEN

Així doncs, el total de potència instal·lada el setembre de 2006 és de 224,89 MW.

La planificació eòlica es veu sotmesa al *Pla territorial sectorial de la implantació ambiental de l'energia eòlica*

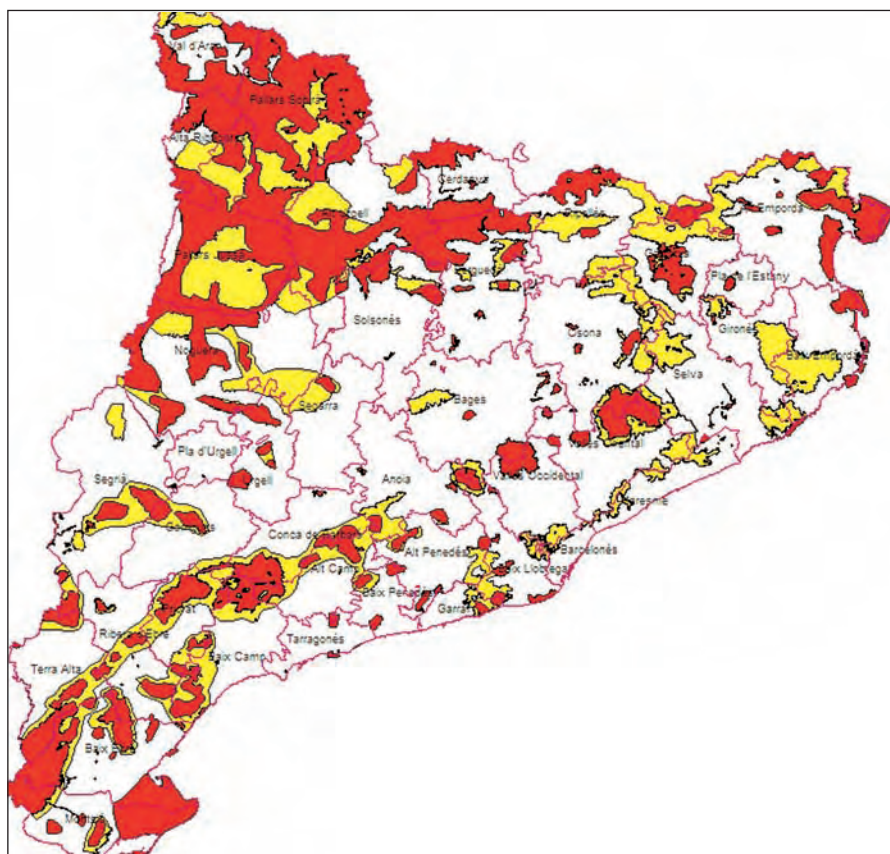


Fig. 36. Mapa de les zones de compatibilitat amb l'energia eòlica a partir de criteris ambientals

En vermell apareixen les zones incompatibles; en groc, les zones d'implantació condicionada a la declaració d'impacte ambiental, i en blanc, les zones compatibles.

Font: Departament de Medi Ambient i Habitatge.

a Catalunya, endegat pel Decret 174/2002, d'11 de juny, regulador de la implantació de l'energia eòlica a Catalunya, a través del qual s'estableixen les zones compatibles amb aquestes instal·lacions:

Segons les dades del Departament de Treball i Indústria, en aquests moments el nombre de parcs eòlics amb autorització administrativa a Catalunya és de 51 amb una potència total de 1.584 MW i es troben en fase de construcció o bé tramitant les infraestructures elèctriques necessàries per a la seva evacuació. Amb aquests projectes es podria assolir l'objectiu per a l'escenari base.

4.2.3.7. Les centrals de cogeneració

Com ja s'ha indicat amb anterioritat, la potència instal·lada de les centrals de cogeneració a Catalunya és aproximadament de 1.140 MW, a través de les quals es produeix un 14 % del total d'energia elèctrica produïda a Catalunya. Aquesta capacitat prové principalment d'instal·lacions d'una potència compresa entre els 5 i 10 MW, repartides per tot el territori català, generalment localitzades en grans centres de consum, ja siguin industrials o de serveis.

L'evolució de la cogeneració ha patit diverses fases, des d'uns inicis amb una forta expansió, a causa de l'elevat preu de l'electricitat i altres factors, per passar a un estancament a partir de l'any 2000, per un augment del preu del gas natural, entre altres raons. En el gràfic següent es mostra quina ha estat l'evolució de la potència instal·lada en centrals de cogeneració segons les dades de la Comissió Nacional de l'Energia:

L'actual Pla de l'energia preveu que en l'horitzó de l'any 2015 la potència instal·lada en aquest tipus d'instal·lacions pot passar a ser al voltant de 1.284,60 MW, per a l'escenari base, i de 1.564 MW per a l'escenari IER. Aquestes potències representen uns increments entre el 13 % i el 37 %, respectivament per a cada escenari. Aquest increment de la potència instal·lada comportarà un increment de l'energia produïda, aproximadament, d'un 11 % i 34 %, respectivament. Tenint en compte les previsions realitzades en el Pla de l'energia per a la resta de centrals de generació, la cogeneració passarà del 14,5 % del total d'energia elèctrica produïda al 10,0 % i 12,3 %, respectivament, per a cada escenari.

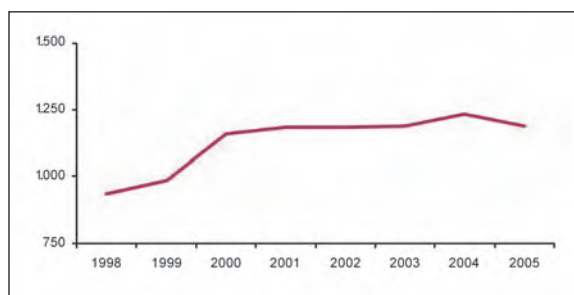


Figura 37. Potència instal·lada en centrals de cogeneració a Catalunya
Font: elaboració pròpia a partir de dades de la CNE (2006a).

Si partim del fet que les condicions més favorables per a aquest tipus d'instal·lacions se situen per potències inferiors als 10 MW, cal esperar que aquests increments es poden aconseguir amb un mínim de 24 i 90 noves ins-

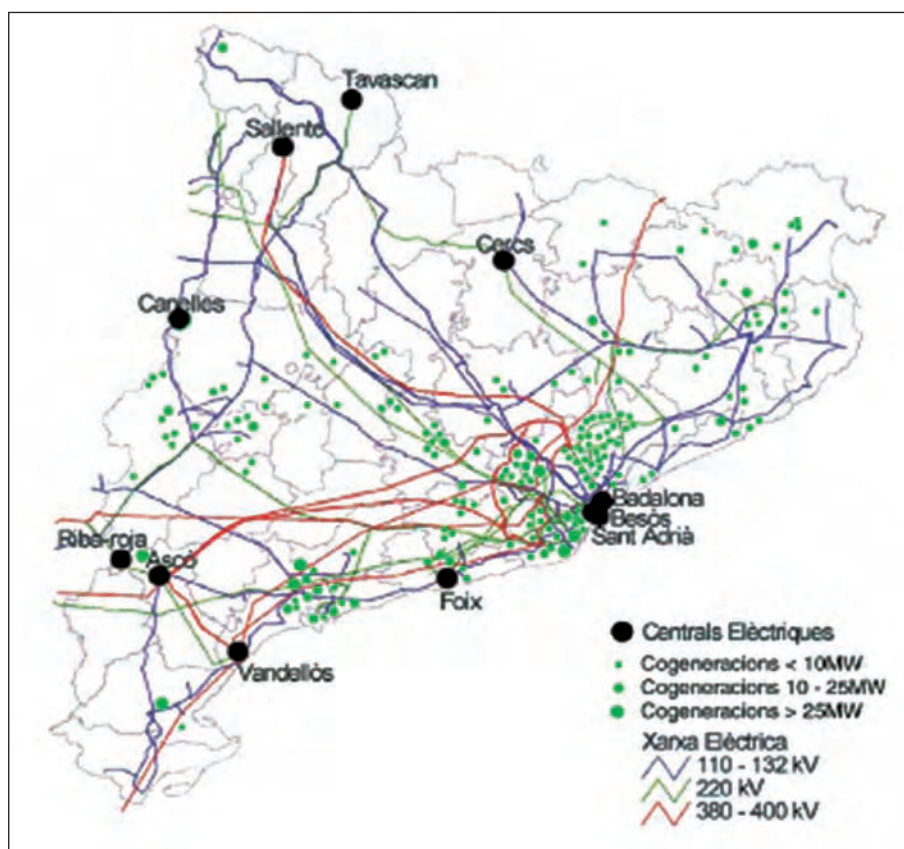


Figura 38. Distribució de les centrals de cogeneració a Catalunya, segons la potència
Font: Guinda i Roqueta (2005), ICAEN.

tal·lacions. A partir de l'estudi encarregat per l'ICAEN per a l'elaboració del Pla de l'energia (Guinda i Roqueta, 2005) sobre el potencial de cogeneració a Catalunya, es dedueix que aquestes noves centrals es poden ubicar en activitats industrials (tèxtil, químic, alimentació, etc.) i serveis (hospitals i hotels), amb una demanda de calor per als seus processos i serveis.

A la figura 38 es veu com les instal·lacions de cogeneració, a diferència de les grans centrals de generació d'energia elèctrica, disposen d'una major distribució geogràfica, propera als centres de consum.

Cal destacar l'experiència de cogeneració del municipi de Sant Pere de Torelló com a model a seguir, ja que, a través de la seva central, d'una banda es produeix electricitat per a l'autoconsum de la indústria de la fusta, mentre que l'excedent d'aquesta energia elèctrica se subministra a la xarxa i, d'altra banda, la calor produïda s'utilitza per proveir del servei de calefacció als veïns del municipi (sistema de calefacció de districte). Aquesta experiència singular a Catalunya podria ser replicada en altres llocs en què la disponibilitat del recurs renovable així ho permetés.

Aquest model de subministrament energètic, o altres de similars basats en sistemes de cogeneració, es podrien començar a aplicar de manera decidida per totes aquelles noves àrees de nova urbanització tant residencial com industrial, que en definitiva són els que protagonitzaran 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 altament eficients, i quan fos possible fer un aprofitament d'energies renovables. Aquest model compta ja amb alguna experiència pilot, com per exemple el cas de La Granja de Molins de Rei.¹⁴ Caldria analitzar la competitivitat d'un projecte amb aquestes característiques i del seu encaix en el nou marc de liberalització del mercat elèctric.

4.2.4. Perspectives i altres aspectes de les tecnologies

4.2.4.1. Impacte sobre el treball

Un aspecte important de les tecnologies de generació d'energia elèctrica és l'impacte que tenen sobre el mercat de treball, és a dir, dels llocs de treball que calen tant per al desenvolupament tecnològic, la construcció i les tasques d'operació i manteniment. Aquestes darreres són especialment importants perquè tenen lloc durant tot el cicle de vida de les instal·lacions.

Hi ha diversos estudis que analitzen els llocs de treball associats a cada tecnologia de generació, de manera que es pot fer la comparació.

A partir d'aquestes dades s'observa com les tecnologies que permeten l'aprofitament de les energies renovables generen una ocupació molt més elevada que les energies convencionals. Únicament, en el cas de l'energia hidroelèctrica les taxes són comparables a les energies convencionals, exceptuant-ne l'energia nuclear, que té una relació de llocs de treball per energia produïda amb un ordre de magnitud clarament inferior a la resta de tecnologies.

4.2.4.2. Perspectives i aspectes rellevants de les tecnologies

Davant dels reptes ambientals i la necessitat de canviar l'actual model energètic en general, i el de generació d'energia elèctrica en particular, s'estan fent avenços tecnològics que poden resultar en alternatives viables per millorar l'eficiència i augmentar l'aprofitament de les energies renovables, amb uns calendaris a mitjà i llarg terminis.

Una d'aquestes tecnologies és l'energia solar termoelectrica, per a la qual ja s'estan desenvolupant alguns projectes a l'Estat espanyol, i sense cap mena de dubte

Sector	Llocs de treball / 1.000 MWh (producció del combustible + generació d'energia)
Petroli	260
Gas natural	250
Carbó	370
Nuclear	75
Biomassa	733 – 1.067
Hidroelèctrica	250
Eòlica	918 – 2.400
Fotovoltaica	29.580 – 107.000

Taula 55. Llocs de treball creats per les diverses tecnologies de generació d'energia elèctrica.

Font: Goldemberg, 2004 i altres autors.

presenta un gran potencial atesa l'abundància d'aquesta font d'energia renovable, l'energia solar.

Pel que fa a les tecnologies de l'aprofitament del carbó també s'espera que a mitjà termini experimentin algunes millores en l'eficiència i en la reducció de les emissions de CO₂.

Solar termoelectrica

L'energia solar termoelectrica consisteix en la generació d'electricitat a partir de l'escalfament d'un fluid a altes temperatures. L'escalfament es produeix a través de la radiació solar que és captada i concentrada per miralls. Hi ha diverses tecnologies, entre les quals destaquen, per a la construcció de centrals de petita potència, la tecnologia de miralls cilíndricoparabòlics i les de torre central amb heliostats.

Aquesta tecnologia es diferencia de l'energia solar tèrmica de baixa temperatura, en què la primera produeix energia elèctrica mentre que la darrera té aplicacions tèrmiques (principalment, per l'escalfament d'aigua calenta sanitària i també per calefacció). Els requeriments de la tecnologia solar termoelectrica fa que tingui especial importància la radiació directa, per la qual cosa s'aconsegueix una major rendibilitat per als projectes situats en zones de radiació elevada. Aquest condicionant és més important si es té en compte que es tracta d'una tecnologia incipient i que encara ha de reduir els costos quan aprofiti les economies d'escala. Això fa que a Catalunya una de les zones més idònies sigui a la província de Lleida, que és on s'estan fent alguns estudis de viabilitat.

Els actuals plans energètics estatal i català preveuen la construcció de diverses centrals per arribar als 500 MW i els 50 MW de potència instal·lada, respectivament. En el cas del PEC 2006-2015 els 50 MW es preveuen únicament a l'escenari IER.

14. Per a més informació vegeu la fitxa EnergiaDemo Núm. 77, publicada per l'Institut Català d'Energia.

En l'àmbit de l'Estat espanyol la realitat mostra que el sector privat aposta clarament per aquesta tecnologia, ja que la cartera de projectes supera amb escreix l'objectiu dels 400 MW. Per exemple, en el cas d'Iberdrola es preveu arribar als 450 MW de potència instal·lada en centrals de tecnologia cilindreparabòlica, mentre que Abengoa preveu arribar a una potència de 302 MW en centrals de tecnologia de torre central.

Actualment el cost d'inversió de la tecnologia solar termoelectrica es troba al voltant dels 4.000-5.000 euros per kW, fet que la situa per sota de l'energia solar fotovoltaica, mentre que la seva producció és aproximadament el doble d'energia. La perspectiva per aquesta tecnologia és que es redueixi el seu cost en els propers anys de manera que pugui arribar a nivells acceptables de rendibilitat, cosa que li permetria situar-se en zones no tan favorables per la seva menor radiació. Si l'any 2005 el cost del kWh generat se situava sobre els 20-23,5 cèntims d'euro, es preveu que per a l'any 2010 el rang es redueixi als 17-20 cèntims d'euro, podent arribar en el futur als 9 cèntims d'euro (Ministeri d'Indústria, Turisme i Comerç, 2005).

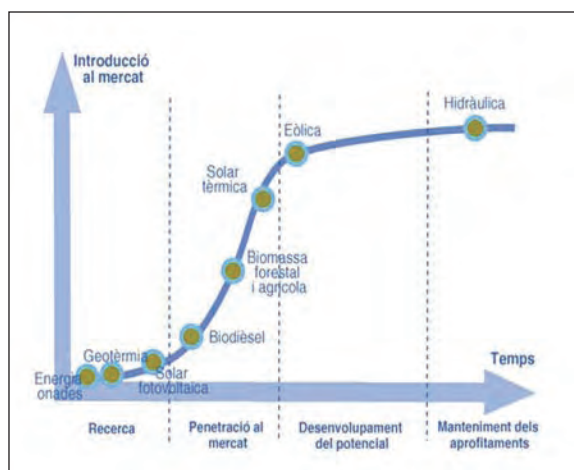


Figura 39. Desenvolupament de les tecnologies d'aprofitament de les energies renovables

Font: PEC 2006–2015.

Les tecnologies de generació d'energia solar termoelectrica encara es troben en una situació de recerca i de penetració al mercat, com és el cas d'altres fonts renovables (solar fotovoltaica, biodièsel, etc.), cosa que permet preveure aquesta tecnologia de generació com una alternativa a considerar en el mitjà termini, i més si es té en compte que la nostra àrea geogràfica disposa d'una gran disponibilitat de radiació solar.

Noves tecnologies del carbó

Els nous desenvolupaments en l'aprofitament energètic del carbó estan millorant l'eficiència de les tecnologies existents, que han passat d'un rendiment del 30 % fins a rendiments dels 40 %. Desenvolupaments més recents arriben a eficiències del 50-55 %: es tracta de les tecnologies de cicle combinat amb gasificació integrada i la combustió amb llit fluiditzat pressuritzat, que ja disposen de plantes en operació al món. Aquestes darreres tecnologies encara tenen uns costos d'inversió bastant elevats. En fase de recerca i desenvolupament es preveuen millores a través de tecnologies com les cèl·lules de combustible amb gasificació integrada (World Coal Institute, 2004).

Des del sector industrial del carbó, se sosté que es podrà arribar a centrals en què les emissions de CO₂ siguin nul·les, si s'incorporen els sistemes de captura i emmagatzematge del CO₂. Aquestes centrals no estaran exemptes de dificultats per a la seva implementació pràctica (proximitat a magatzems de CO₂, etc.).

4.2.4.3. La seguretat de les centrals nuclears

Si bé les centrals nuclears presenten una sèrie d'avantatges respecte d'altres fonts energètiques convencionals, també és cert que comporten tot un seguit d'inconvenients. Alguns d'aquests inconvenients han estat determinants a fi que el procés d'implantació d'aquesta tecnologia hagi estat objecte d'una moratòria en alguns països davant d'altres alternatives disponibles en aquell moment.

Un dels problemes més seriosos que comporta la tecnologia de generació d'energia nuclear és el de la seguretat. Tots coneixem les conseqüències de l'accident de la central nuclear de Txernòbil, que va convertir l'energia nuclear en la tecnologia d'aprofitament energètic que ha causat més morts d'una manera directa.¹⁵ En el cas d'Espanya únicament cal esmentar alguns incidents de nivell 1, un incident de nivell 2 (el 25-8-2004 a la central de Vandellòs II) i l'important incident del reactor de la central nuclear de Vandellòs I (previ al tancament de la central).

El *Libro Blanco sobre la reforma del marco regulador de la generación eléctrica en España* (Pérez, 2005), es fa ressaltar de la importància de la seguretat, així com de l'existència d'un marc retributiu que hauria d'afavorir aquest aspecte. El *Libro* recorda que en altres països ha tractat d'evitar-se la situació en què el marc retributiu incentiva que les centrals nuclears operin el màxim temps possible i que, per tant, els períodes d'aturada deixin de reportar uns ingressos. El llibre blanc suggereix la creació d'un

15. Les dades sobre la mortalitat causada per l'accident de Txernòbil són força diferents segons la font, des dels centenars segons el Programa de Nacions Unides per al Desenvolupament (UNDP, 2002) als centenars de milers segons Greenpeace (Greenpeace, 2006). D'altra banda, hi ha estudis que també quantifiquen el nombre de morts en l'obtenció d'energia primària d'altres fonts d'energia (carbó, petroli, gas natural i combustible nuclear) (World Nuclear Association, 2006).

marc retributiu específic que eviti aquesta situació, de manera es garanteixi que els incentius van sempre en la direcció de millorar la seguretat d'aquestes instal·lacions.

En aquest sentit, el *Libro* recorda que el Foro de la Industria Nuclear Española, en la seva publicació, *Energía Nuclear en España de 2004*, s'afirma que “[...] el coste operativo de generación del kWh nuclear en España ha ido descendiendo progresivamente desde el año 1995, alcanzando un valor de 10,6 €/MWh neto, de los que 7,2 €/MWh corresponden a los costes de operación y mantenimiento y 3,4 €/MWh al coste de combustible, que se mantiene muy estable, a diferencia de lo que ocurre con el precio de los combustibles fósiles [...]”. En aquest escenari cal tenir en compte les condicions que van envoltar l'incident de nivell 2 de la central de Vandellòs II, segons va considerar el Consell de Seguretat Nuclear (CSN, 2005).¹⁶

A la figura 40 es mostren les despeses de generació d'energia elèctrica distribuïdes segons diferents conceptes de les tecnologies de cycle combinat (gas natural) i centrals nuclears, on es pot constatar l'avantatge de l'energia nuclear pel que fa a les despeses de manteniment, ja que el cost del combustible és menor que en altres tecnologies. D'altra banda, però, la inversió és molt elevada, la qual cosa comporta unes despeses financeres importants que fan que malgrat el marge operatiu sigui bastant ampli, les centrals tractin d'estar en funcionament el màxim temps possible.

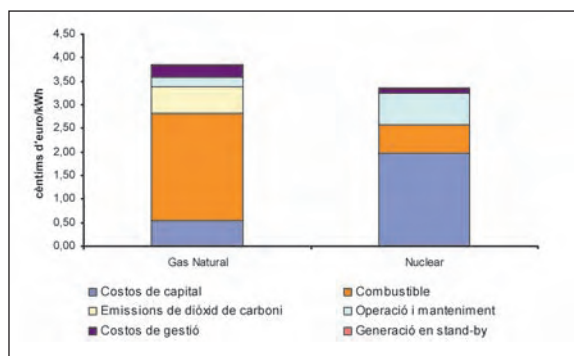


Figura 40. Distribució dels costos d'inversió, operació i combustible de les centrals de cycle combinat (gas natural) i centrals nuclears

Font: elaboració pròpia a partir de les dades de l'estudi Ruffles (2004).

4.3. Infraestructures de distribució i de transport

L'anàlisi de les infraestructures de distribució i transport d'energia (gas i electricitat) utilitzarà les previsions del Pla de l'energia de Catalunya 2006-2015.

Les infraestructures de transport i de distribució elèctrica estan destinades a portar l'energia elèctrica des de les centrals de generació fins als centres de consum; per aquest motiu la seva configuració vindrà condicionada per la seva ubicació en el territori. Davant l'efecte illa de la península ibèrica, i atès l'actual procés de liberalització del mercat elèctric europeu, sorgeix la necessitat d'ampliar les infraestructures per a l'intercanvi d'energia elèctrica entre Europa i la península ibèrica.

Les infraestructures de gas tenen com a objectiu arribar a cobrir el subministrament de la major part del territori de Catalunya. Ateses les previsions d'augmentar de forma considerable la generació d'energia elèctrica a partir del gas natural, aquestes infraestructures hauran de garantir el subministrament per a les centrals de cycle combinat.

4.3.1. Energia elèctrica

Els criteris aplicats per millorar les infraestructures de la xarxa, segons el Pla són:

- Satisfer la demanda d'energia elèctrica.
- Garantir-ne el subministrament.
- Millorar la qualitat del servei.
- Permetre l'augment de generació elèctrica a partir de fonts renovables.
- Millorar l'eficiència de la xarxa, aproximant les centrals de generació al consum.

Les previsions sobre les infraestructures han tingut en compte, d'una banda, les previsions sobre les centrals de generació analitzades en el capítol anterior, i de l'altra, la distribució de la demanda atenent les previsions realitzades en els diferents escenaris (Base i IER).¹⁷

4.3.1.1. La xarxa actual

El sistema de transport d'energia elèctrica a Catalunya consisteix en dos eixos principals que subministren l'energia des dels grans centres de producció a les àrees de major consum. El primer eix té origen a les centrals nuclears i transporta l'energia cap a les àrees de Tarragona i Barcelona. El segon eix, amb menys quantitat

16. “[...] El SN considera como falta grave el incumplimiento de las condiciones establecidas en los documentos de autorización y explotación de la central; también se valora como grave que los responsables no establecieran las medidas correctoras para solucionar la corrosión detectada, y finalmente se sanciona que los gestores de la nuclear no informasen al CSN de la situación que afectaba uno de los sistemas de refrigeración. Fuentes del consejo destacaron que la importancia de la sanción está motivada porque el proceso de corrosión se venía produciendo desde finales de los noventa sin que la central lo hubiese detectado antes ni hubiera hecho nada para solucionarlo [...]” (*La Vanguardia*, 3 de gener de 2006).

17. A l'escenari Base la previsió d'augment de la demanda d'energia elèctrica és d'un 3,68 % anual, mentre que per a l'escenari IER s'estima en un 2,96 %.

Aquesta infraestructura respon a una ubicació concreta de la generació i dels centres de consum, que es pot veure a través de la seva distribució per municipis.

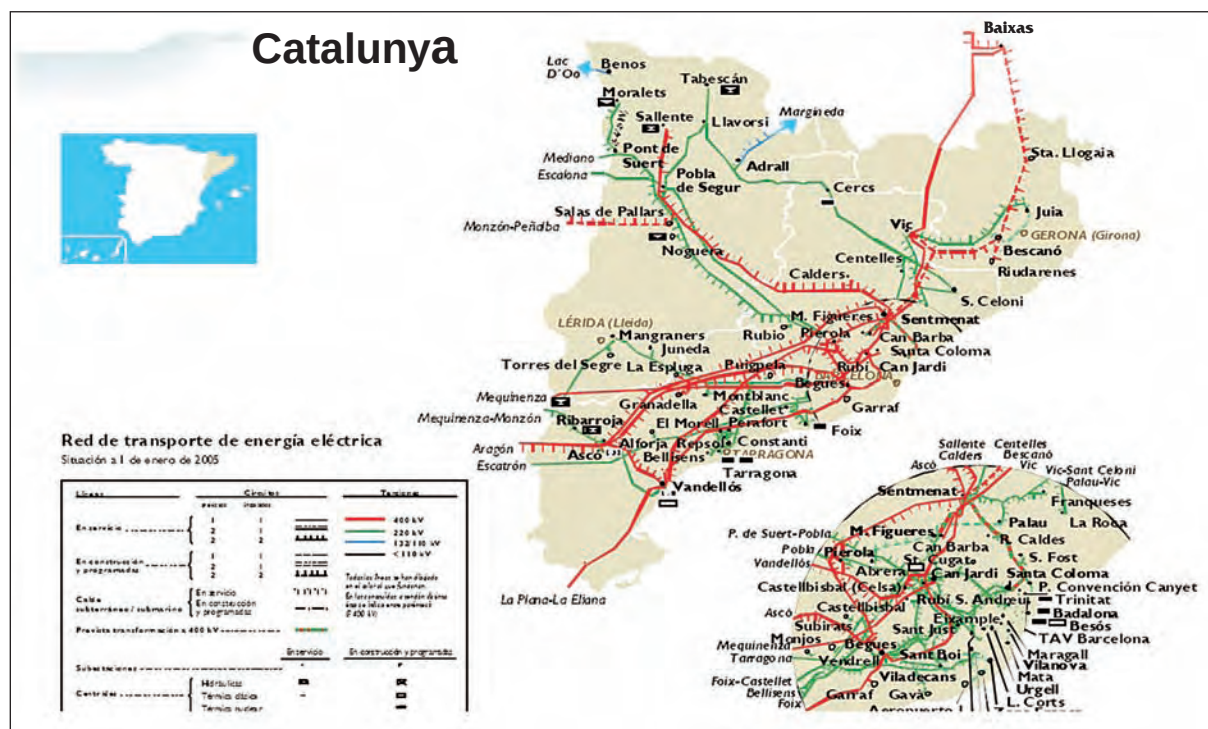


Figura 41. Xarxa de transport d'energia elèctrica a Catalunya en la qual es poden observar tots dos eixos

Font: © REE, 2006¹⁸

d'energia transportada és el que travessa Catalunya des dels Pirineus fins a l'àrea de Barcelona, transportant l'electricitat produïda a les centrals hidroelèctriques.

El transport d'electricitat comporta una sèrie de pèrdues, que augmenten en la mesura que els centres de generació es troben a una major distància dels centres de consum. Segons el PEC 2006-2015 les pèrdues d'energia elèctrica són d'un 8,46 % sobre el total d'energia generada. Aquestes pèrdues són significatives.

4.3.1.2. Previsions en l'horitzó del 2015

A més de tenir en compte les previsions de la demanda i de la generació, el Pla també identifica tot un conjunt de mancances de les xarxes de distribució, que tracta de solucionar amb tot un seguit d'actuacions sobre el territori. Aquestes propostes tenen un calendari d'execució que comprèn tres períodes (2005-2007, 2008-2011 i 2012-2015). Algunes de les actuacions que preveu el Pla de l'energia són:

- Línia Sentmenat-Bescanó: línia de 400 kV.
- Subestació de Bescanó: per al subministrament de la línia de 400 kV a Girona.

- Subestació al Garraf: transforma de la línia de 400 kV de Vandellòs a Begues a la línia de 110 kV del Garraf.
- Línia La Roca-Zona de Mataró 220 kV.
- Reforços de la xarxa amb relació a la generació eòlica: nova línia de 400 kV.
- Saturació dels circuits Ascó-Xerta-Tortosa: doble circuit Ascó-Tortosa de capacitat 110/130 MVA.

4.3.1.3. Pèrdues de la xarxa

El transport d'electricitat comporta una sèrie de pèrdues, que augmenten en la mesura que les centrals de generació es troben a una major distància dels centres de consum. Segons les dades del PEC 2006-2015 les pèrdues en el transport i la distribució d'energia elèctrica per als dos escenaris són les següents:

Pèrdues en el transport i la distribució de l'electricitat			
	2003	2015 (Base)	2015 (IER)
Pèrdues en ktep	330,50	533,40	482,60
Percentatge de pèrdues	8,57 %	8,61 %	7,95 %

Taula 56. Pèrdues en el transport i la distribució d'electricitat expressada en valors absolut (ktep) i relatiu (percentatge del total d'energia bruta produïda)

Font: PEC 2006-2015 i elaboració pròpia.

18. Reproduïda amb permís de REE (www.ree.es).

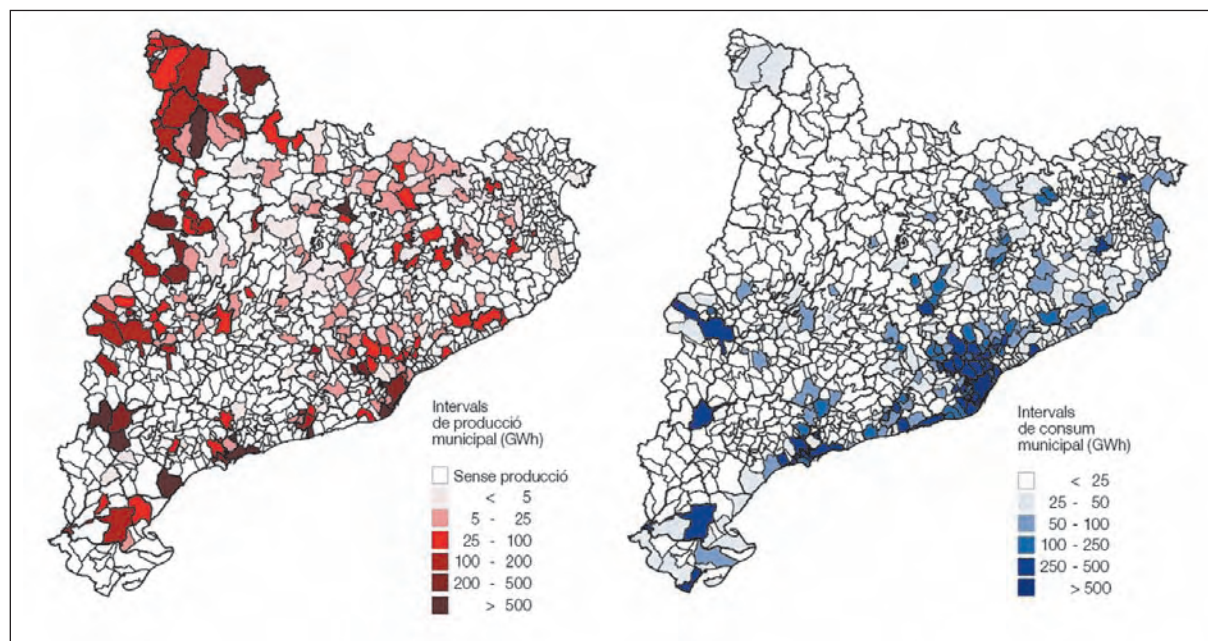


Fig. 42. Mapa municipal on es mostra la generació d'energia elèctrica (mapa esquerre) i el consum d'energia (mapa dret).

Font: PEC 2006-2015.

Les pèrdues expressades com a percentatge respecte del total d'energia bruta produïda ens permeten veure que a l'escenari IER es redueixen les pèrdues i arriben a representar un 7,95 % l'any 2015, mentre que a l'escenari Base són més elevades i fins i tot augmenten respecte de l'any de partida (2003) i arriben fins al 8,61 % l'any 2015.

4.3.2. Gas natural

Hi ha diferents aspectes que condicionen les infraestructures bàsiques del gas natural; alguns dels més importants són:

- Previsió de la demanda i la seva distribució geogràfica.
- L'estreta relació entre les infraestructures elèctriques i de gas, atès que les previsions de la generació d'energia elèctrica a partir de les centrals de cycle combinat i de cogeneració es basen en el subministrament d'aquest combustible.
- Importància de la infraestructura de gas natural bàsica per al subministrament no únicament de Catalunya sinó a tota la península ibèrica, a més, tenint en compte que és una font a importar.

Les infraestructures d'aprovisionament (importació) de gas natural a Catalunya, atesa la nostra gran dependència d'aquesta font i el previst augment de la demanda en els propers anys, hauran de seguir un criteri de diversificació per garantir el subministrament i millorar el preu de compra. En aquest sentit caldrà:

- Incrementar l'aprovisionament a través de gasoductes per reduir la dependència del GNL, per al qual, recentment, s'ha incrementat la demanda de manera considerable.¹⁹
- Diversificar els subministradors de gas natural, ja sigui dels països del nord del Magrib o del centre d'Europa.

De la mateixa manera que s'ha fet per a la generació i la distribució de l'energia elèctrica, aquest estudi utilitzarà les previsions del Pla de l'energia de Catalunya 2006-2015 per analitzar les previsions sobre les xarxes de transport i distribució de gas natural.

Infraestructura actual

La xarxa de subministrament de gas natural es divideix en la Xarxa Bàsica de Transport, la Xarxa de Transport Secundari i la Xarxa de Distribució.

La xarxa bàsica de gas natural consisteix en gasoductes amb pressió màxima de disseny superior a 60 bar, les plantes de regasificació d'alimentació del sistema, els emmagatzematges estratègics i les connexions internacionals. La xarxa secundària consisteix en els gasoductes amb pressió màxima de disseny entre 60 i 16 bar. La xarxa de distribució està formada pels gasoductes amb una pressió de disseny inferior als 16 bar, i els que subministren a un sol consumidor.

Actualment es disposa d'una planta de regasificació situada a Barcelona amb les característiques següents:

19. Situació que es preveu que continuï donat les previsions de creixement en la demanda de països com els Estats Units (EIA, 2006).

Plantes	Capacitat d'emmagatzematge (m³ GNL)	Capacitat de regasificació (Nm³/h)
Barcelona	390.000 (dos dipòsits de 40.000, dos de 80.000 i un de 150.000)	1.500.000

Taula 57. Planta de regasificació a Catalunya

Font: CNE, 2006b.

Aquestes xifres ja incorporen part de les ampliacions previstes en el Pla de l'energia, ja que l'any 2003 la capacitat d'emmagatzematge era de 240.000 m³ i la capacitat de regasificació era d'1.200.000 Nm³/h. Altres instal·lacions de la xarxa bàsica són les dues centrals de compressió que es troben ubicades a Banyeres i Tivissa.

La xarxa de distribució de gas natural s'ha anat desenvolupant des de l'any 1969, per arribar a subministrar actualment a la major part de la població de Catalunya. Una mostra d'aquesta evolució la tenim a partir de les dades següents. L'any 1992 es disposava de subministrament per a 131 municipis, que representaven un 76,73 % de la població de Catalunya. L'any 2004 el nombre de municipis van arribar a 303 i la població, al 91,20 %. A la taula següent es detalla la situació per a l'any 2004.

Subministrament	Nombre de municipis	Població	Percentatge de població sobre el total de Catalunya
Gas natural	303	5.784.721	91,20 %
No disposen de gas natural	643	558.389	8,80 %

Taula 58. Presència de la xarxa de gas natural canalitzat per al subministrament a clients segons els municipis i la població l'any 2004

Font: PEC 2006–2015.

El subministrament a Catalunya es complementa amb una xarxa de GLP (gas propà) que abasteix 70 municipis dels 643 que no disposen de gas natural, amb una població que representa el 2,1 % sobre el total de Catalunya.

Previsions en l'horitzó del 2015

Les previsions d'actuacions més rellevants en la infraestructura de la xarxa de gas natural que estableix el Pla de l'energia de Catalunya, es detallen a continuació:

- Regasificació de gas natural:
 - Ampliació de la planta de regasificació de Barcelona, per arribar a finals de l'any 2007 a una capacitat de subministrament d'1.800.000 Nm³/h i l'any

2009 augmentar la capacitat d'emmagatzematge als 530.000 m³ de GNL.

- Gasoductes:
 - Duplicació del gasoducte Barcelona–L'Arboç–Tivissa a 80 bar, any 2007.
 - Duplicació del gasoducte Tivissa–Castellnou (Aragó) a 80 bar en finalitzar l'any 2007.
 - Duplicació del gasoducte Tivissa–Paterna (País Valencià) a 80 bar en l'horitzó de l'any 2010.
 - Mallat de la xarxa amb el gasoducte Castellnou – Tamarit de Llitera, actualment en execució i amb finalització prevista l'any 2005, amb un traçat que transcorre totalment per l'Aragó.
 - Ampliació de la capacitat de les estacions de compressió de l'Arboç i Tivissa fins als 1.000.000 Nm³/h i 800.000 Nm³/h respectivament
 - Ramals necessaris per a l'alimentació de les noves centrals de cicle combinat previstes, en funció del calendari de construcció d'aquestes centrals i de la seva ubicació. L'anell Martorell–Montmeló–Besòs serviria per alimentar les noves centrals previstes a la zona del Besòs i reforçar el subministrament a una part de l'àrea metropolitana de Barcelona.

- Emmagatzematge:

Les funcions principals d'aquestes instal·lacions són, d'una banda, modular i ajustar l'oferta i la demanda i, d'altra banda, disposar d'unes existències mínimes de seguretat, amb la finalitat d'assegurar un marc de continuïtat i distribució d'aquest combustible en cas d'una eventual falta de subministrament. La producció de gas natural a l'Estat espanyol, que no arriba al 0,5 % sobre el subministrament total (CNE, 2006c), amb l'afegit que per als propers anys s'incrementarà la seva importació, fa que la dependència davant d'una fallada en el subministrament sigui total.

Hi ha dos tipus d'emmagatzematge de gas natural: el de les plantes de regasificació, que emmagatzemen GNL –comentat en el punt anterior– i l'emmagatzematge subterrani, que emmagatzema gas natural. Per a aquestes darreres infraestructures, de les quals no es disposa de cap actualment a Catalunya, encara s'han de determinar els possibles emplaçaments, tot esperant la finalització de diversos estudis de viabilitat. Aquestes infraestructures es consideren estratègiques, ja que serien les encarregades de garantir el subministrament per als consumidors prioritaris durant un període de temps determinat.²⁰ Tot i així es posa de manifest la vulnerabilitat respecte aquesta font d'energia primària si tenim en compte:

- La important contribució en la generació d'energia elèctrica i altres usos finals (calefacció).

20. L'emmagatzematge de GNL hauria de cobrir entre els 10-12 dies de la capacitat d'emissió, mentre que l'emmagatzematge subterrani de gas natural hauria de garantir el subministrament durant 100 dies de les quantitats subministrades a menys de 4 bars i durant 4-10 dies per a la resta de consums (Retelgas, 2002).

- Les reserves estratègiques limitades.
 - El subministrament reduït a unes àrees geogràfiques limitades (Algèria, en un 45 %; els països del Golf, en un 20 % i Nigèria en un 15 %, dades del 2005 (CNE, 2006c)).
- Xarxa de distribució:
En relació amb la xarxa de distribució es preveu proveir de gas natural canalitzat tots els municipis majors de 500 habitants.²¹ Amb aquest criteri, el nombre total de nous municipis a gasificar en el període 2005-2015 és de 128, amb una població de 272.489 habitants, cosa que representa el 4,30 % sobre el total de Catalunya.

Subministrament	Nombre de municipis	Població	Percentatge de població sobre la població total de Catalunya
Gas natural	431	6.057.210	95,49 %
No disposen de gas natural	515	285.900	4,51 %

Taula 59. Previsió de subministrament de gas natural canalitzat a Catalunya segons els municipis i la població l'any 2015

Font: PEC 2006-2015.

Les previsions per ampliar la xarxa de GLP canalitzat inclou el subministrament a 79 nous municipis de manera que en l'horitzó del 2015 s'arribarà a un total de 149 municipis amb una població de 164.688 habitants, la qual cosa representa un 2,60 % de la població de Catalunya.

El resultat d'aquestes actuacions comportarà que l'any 2015 a Catalunya la població que disposarà de gas canalitzat serà d'un 98,1 %, repartida en 590 municipis.

4.4. Conclusions

En general, podem dir que l'actual model de generació d'energia elèctrica es caracteritza per tot un seguit d'aspectes que el converteixen en un model insostenible, dependent i vulnerable econòmicament. Per aquest motiu cal definir les estratègies i planificar les actuacions més immediates per corregir aquest model i començar a assentar les bases per a un model més sostenible, independent i estable econòmicament. A continuació es presenta un conjunt de reflexions al voltant del model energètic català i de les previsions realitzades a curt termini, que després es traduiran en mesures més concretes.

Els principis bàsics que s'han de tenir en compte per a la transició cap a un nou model energètic són:

- Reducció de la demanda: polítiques de gestió de la demanda que fomentin l'estalvi i l'eficiència.
- Energies renovables: Augment de les fonts renovables com a fonts autòctones, amb un subministrament permanent al llarg del temps, amb un major impacte sobre la creació d'ocupació i un menor impacte ambiental que les fonts energètiques convencionals.
- Eficiència en la generació i en la distribució.
- Ús de combustibles fòssils menys impactants que els derivats del petroli i el carbó.
- Tancament progressiu de les centrals nuclears.

Per possibilitar un canvi real en el model energètic, aquest s'ha de produir no tan sols en l'àmbit de la generació, sinó en la demanda. Ateses les previsions de creixement demogràfic i econòmic cal que la demanda pugui dissociar-se d'aquests factors. El consum d'energia per càpita i la intensitat energètica han de reduir-se de manera significativa en els propers anys per tal que la demanda energètica, i en particular l'energia elèctrica, prevista per a l'any 2015 se situï per sota de les previsions de creixement, que arriben al 54 % per aquest període, és a dir, una taxa del 3,68 % anual. Amb aquests ritmes de creixement és molt difícil que el mercat actual de les energies renovables pugui donar resposta en la seva totalitat, per la qual cosa es recorre a tecnologies i fonts energètiques, com les centrals de cycle combinat i el gas natural, que una vegada implantades romandran operatives durant tot el temps de vida de les instal·lacions, contribuint al fet que una vegada el mercat de les renovables maduri no tingui possibilitats d'implantar-se.

L'única manera de reduir l'elevada dependència energètica és recórrer a les fonts energètiques autòctones. Si en descartem el carbó, únicament ens queden les energies renovables. Les energies renovables també comporten una millora ambiental, econòmica i social. L'aprofitament d'aquestes fonts energètiques no produeix emissions de CO₂ durant l'activitat de generació d'energia elèctrica. Aquestes centrals generen una major ocupació que les centrals convencionals. Finalment, la disponibilitat del recurs més o menys continu garanteix el subministrament i el seu cost de manera estable. El Pla de l'energia preveu arribar al punt que les energies renovables aportin el 13,7 % per a l'escenari Base i un 23,5 % per a l'escenari IER l'any 2015. Tot i que l'increment respecte la situació actual és significatiu, ens trobem per darrere dels objectius que adopta l'Estat espanyol. Caldria que es destinessin més esforços a la promoció, la recerca i el desenvolupament d'aquestes energies.

Davant les previsions realitzades en el Pla de l'energia caldria que en cap cas no ens quedéssim amb el compli-

21. Aquest criteri s'aplica de manera flexible, ja que municipis amb nuclis de població molt dispersa en queden exclosos, mentre que municipis més petits però amb demandes molt elevades (per exemple a causa de presència industrial) hi queden inclosos.

ment de l'escenari Base, ja que no aporta canvis significatius al model actual. Ha de ser un objectiu prioritari complir, com a mínim, amb els objectius de l'escenari IER, ja que és l'únic que comporta unes millores substancials. El compliment d'aquest darrer escenari, d'acord amb el que estableix el Pla, passa per arribar als 3.500 MW de potència instal·lada de l'energia eòlica. A Catalunya és coneguda la conflictivitat generada al voltant de projectes de parcs eòlics, tot i que des de fa molts anys s'ha estat al capdavant pel que fa a la fabricació d'aquesta tecnologia. Cal adoptar una estratègia que faci compatibles els interessos locals, la protecció del medi ambient i un aprofitament d'aquest recurs energètic, com per exemple la participació dels agents locals en el desenvolupament dels projectes.

En el Pla es 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. El manteniment de l'activitat d'aquestes centrals agreuja encara més el problema dels residus radioactius, que en aquests moments no disposen d'un emplaçament com a solució provisional, ja que el seu tractament, en l'actualitat, no té una solució definitiva. Es pot considerar un error estratègic no preveure les alternatives més sostenibles a mitjà i llarg terminis en cas d'un tancament progressiu de les centrals nuclears. Com el mateix Pla indica, si les alternatives han de ser les centrals de cicle combinat s'estarà incidint encara més sobre els impactes ambientals (el canvi climàtic), la dependència i els riscos d'inestabilitat econòmica. S'hauria de preveure que en l'horitzó del 2015, any en què només quedaran 6, 9 i 10 anys per al final de la vida útil de cadascuna de les tres centrals, sigui possible proporcionar una alternativa sostenible. Això, si no s'avancen les dates del seu tancament. La solució passa inevitablement per incidir sobre la gestió de la demanda i augmentar l'aprofitament de les energies renovables.

La generació distribuïda apropa els centres de consum a les centrals de generació. Aquesta configuració permet reduir les pèrdues degudes al transport de l'electricitat, però, d'altra banda, fa que la gestió del sistema sigui més complexa. Una de les tecnologies que possibilita una major generació distribuïda i un major rendiment energètic (no només elèctric) és la cogeneració. El potencial de creixement previst per a la cogeneració és limitat perquè s'ha plantejat per a consumidors individuals. Podria estudiar-se si és factible ampliar la seva implantació a totes les àrees de nova urbanització tant residencial com industrial, que en definitiva són les que en gran part causaran l'increment de la demanda energètica (elèctrica 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.

L'actual model de transport es troba condicionat per un model 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 termoelectrica.

El model de generació d'energia elèctrica actual a Catalunya genera diversos impactes ambientals, entre els quals destaquen la problemàtica de la gestió dels residus radioactius i les emissions de CO₂, a banda de la contaminació causada per les centrals que utilitzen combustibles fòssils. Si tenim en compte l'impacte relatiu de cadascun d'aquestes emissions i residus en relació amb el model de generació estatal, veiem que a Catalunya les emissions de CO₂ tenen un pes relatiu menys important, al contrari del que passa amb els residus radioactius. El Pla preveu que l'any 2015 a Catalunya s'incrementin les emissions de CO₂ de manera significativa, la qual cosa perjudica el compliment dels objectius de reducció d'emissions que fixa la UE per als estats membres.

El Pla 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 per aplicacions tèrmiques (calefacció i escalfament d'aigua sanitària) el gas natural i no pas l'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 quals l'aprofitament principal sigui la biomassa i el gas natural hi doni suport.

Com a síntesi de les conclusions destaquem els punts següents:

Un dels problemes més importants que haurem d'afrontar durant els propers anys és el creixement considerable de la demanda d'energia elèctrica. Aquesta forta demanda condiciona el desenvolupament d'un model de generació d'energia elèctrica més sostenible. Caldrà, doncs, redoblar els esforços a millorar l'eficiència i l'estalvi en l'ús final de l'energia.

Davant dels escenaris previstos pel Pla de l'energia de Catalunya 2006-2015, l'escenari Intensiu amb energies renovables (IER) és l'únic que permet introduir millores sensibles al model de generació d'energia elèctrica actual. S'han de fer tots els esforços necessaris per assolir els objectius de l'escenari IER. Actualment aquest compliment passaria per superar els aproximadament

1.808 MW²² d'energia eòlica aconseguits, fins a arribar als 3.500 MW.

El model de generació d'energia elèctrica per als propers anys es modifica substancialment amb un major increment del gas natural i en menor mesura de l'energia eòlica. Això permet concloure que en alguns aspectes s'empitjora mentre que en uns altres es millora. Queda clar que aquest escenari és de transició si, a més, hem de tenir en compte que les centrals nuclears han de ser tancades durant la dècada del 2020. Cal comentar que davant d'aquest escenari, actualment només es preveu l'alternativa dels cicles combinats, és a dir, del gas natural, font exhaurible a mitjà termini i amb preus cada cop més alts, quan caldria treballar alternatives més sostenibles, com en eficiència i estalvi energètic i un major desenvolupament de les energies renovables.

Precisament per adequar-se a aquest escenari amb alternatives sostenibles cal redoblar els esforços en la recerca i el desenvolupament de noves tecnologies de generació amb energies renovables i de distribució amb model de generació distribuïda, així com el desenvolupament de projectes que incorporin tecnologies innovadores. Això hauria d'incloure, a curt termini, la realització de diverses experiències pilot, per exemple, la instal·lació de centrals termosolars i de centrals de cogeneració per al subministrament de noves àrees d'urbanització (residencial, comercial i industrial).

Així doncs, tot i que l'escenari IER millora el model actual de generació d'energia elèctrica i és l'escenari més ambiciós planificat per l'Administració catalana, caldria incidir encara més en:

- Potenciar l'aprofitament de les energies renovables.
- Potenciar el desenvolupament de la cogeneració i les xarxes distribuïdes, com a sistemes més eficients i amb possibilitat d'aprofitament de les energies renovables.
- Assumir un calendari tancament de progressiu de les centrals nuclears per treballar en les alternatives més sostenibles.

Referències

AGÈNCIA CATALANA DE L'AIGUA (2006). *Caracterización de masas de agua análisis del riesgo de incumplimiento de los objetivos de la directiva marco del agua (2000/60/CE) en las cuencas de Cataluña intra e inter-comunitarias*. Març de 2006.

COMISIÓN NACIONAL DE LA ENERGÍA (2005). *Quinto informe semestral de seguimiento de las infraestructuras referidas en el informe marco sobre la demanda de energía eléctrica y de gas natural y su cobertura*. Juny de 2005.

COMISIÓN NACIONAL DE LA ENERGÍA (2006a). *Informe mensual de ventas de energía del régimen especial*. Abril de 2006.

COMISIÓN NACIONAL DE LA ENERGÍA (2006b). *Red Básica de gasoductos y transporte secundario. 1er Trimestre de 2006*.

COMISIÓN NACIONAL DE LA ENERGÍA (2006c). *Informe sobre el consumo de gas natural en el 2005*.

CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR (2005). *Actuaciones del CSN en relación con la degradación del sistema de agua de servicios esenciales de CN vandellós II*. 4 de maig de 2005.

ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION (2006). *International Energy Outlook 2006*. Departament d'Energia dels Estats Units. Juny 2006.

FORO DE LA INDUSTRIA NUCLEAR ESPAÑOLA (2004). *Energía Nuclear en España*.

GENERALITAT DE CATALUNYA (2002). *Pla territorial sectorial de la implantació ambiental de l'energia eòlica a Catalunya*. Barcelona: Generalitat de Catalunya, Departament de Medi Ambient.

GENERALITAT DE CATALUNYA (2006). *Pla de l'energia de Catalunya 2006-2015. Pla Estratègic*. Barcelona: Generalitat de Catalunya, Departament de Treball i Indústria.

GOLDEMBERG, J. (2004). *The Case for Renewable Energies*. Thematic Background Paper. (Febrer de 2004).

GREENPEACE (2006). *La catástrofe de Chernóbil. Consecuencias en la salud humana*. 20 p.

GUINDA, V.; ROQUETA, J.M. (Grupo AESA) (2005). *"Potencial de Cogeneració a Catalunya"*. Estudi encarregat per l'Institut Català de l'Energia (ICAEN) al Grupo AESA. Barcelona: Generalitat de Catalunya, ICAEN, abril de 2005.

INSTITUT CATALÀ D'ENERGIA (2003). *Eficiència Energètica*. Nº 161, Març de 2003. Barcelona: Generalitat de Catalunya, Departament d'Indústria, Comerç i Turisme.

22. Potència corresponent a parcs eòlics operatius, en fase de construcció o bé que estan tramitant les infraestructures elèctriques necessàries per a la seva evacuació.

LACY, I.H. (2003). "Renewable Energy and Nuclear Power". A: Douthwaite, R. (editor). *Before the wells run dry: Ireland's transition to Renewable energy*. Ireland: Feasta – The foundation for the Economics of Sustainability.

MINISTERI D'ECONOMIA (2002). *Planificación de los sectores de electricidad y gas. Desarrollo de las redes de transporte 2002-2011*. Ministerio de Economía. Dirección General de Política Energética y Minas.

MINISTERI D'ECONOMIA (2003). *Estrategia de ahorro y eficiencia en España 2004-2012. E4*. Ministerio de Economía. Secretaría de Estado de Energía.

MINISTERI D'INDÚSTRIA, COMERÇ I TURISME (2005). *Plan de las energías renovables 2005-2010 (PER 2005-2010)*. Ministerio d'Indústria, Comerç i Turisme. Instituto para la Diversificación y el Ahorro energético (IDAE), Ministerio d'Indústria, Comerç i Turisme.

MINISTERI D'INDÚSTRIA, COMERÇ I TURISME (2006). *Conclusiones de la presidencia mesa de diálogo sobre la evolución de la energía nuclear en España*. Octubre de 2006.

PÉREZ ARRIAGA, J.I. (2005). *Libro Blanco sobre la reforma del marco regulatorio de la generación eléctrica en España*.

RED ELÉCTRICA ESPAÑOLA (1998, 2003). *Boletín Estadístico de Energía Eléctrica*. Juliol, agost i novembre de 1998, octubre de 2003.

RED ELÉCTRICA ESPAÑOLA (2005). *Informe del Sistema Eléctrico Español en 2004*.

RED ELÉCTRICA ESPAÑOLA (2006). *El Sistema Eléctrico Español en 2005*.

RETEL GAS (2002). *Almacenamientos de Gas Natural (Capítulo 12)*.

RIEDLE, K. (2006). *Tecnologías Fósiles limpias. Opciones para las centrales eléctricas del futuro (1a part)*. *Electricidad* núm. 25. Febrer de 2006.

RUFFLES, P. (2004). *The Costs of Generating Electricity*. The Royal Academy of Engineering .

UNDP (2002). *The Human Consequences of the Chernobyl Nuclear Accident. A Strategy for Recovery*. Informe encarregat pel Programa de Nacions Unides per al Desenvolupament i UNICEF, amb el suport de UN-OCHA i la Organització Mundial de la Salut.

WORLD COAL INSTITUTE (2004). *The role of Coal as an energy source*.

WORLD NUCLEAR ASSOCIATION (2006). *Safety of Nuclear Power Reactors*. Nuclear Issues Briefing. 14 de novembre de 2006.

5. El cas específic del petroli

Daniel Gómez Cañete

Daniel Gómez Cañete participa en aquesta obra en representació de l'Associació per a l'Estudi dels Recursos Energètics (AEREN). Des de la seva fundació AEREN ha participat en el debat públic sobre el futur energètic des de diferents àmbits. AEREN representa a l'estat espanyol a l'Associació per a l'Estudi del Zenit del Petroli (ASPO, en les seves sigles en anglès), i col·labora en la difusió del butlletí mensual d'ASPO traduint-lo i fent-lo públic al lloc web Crisis Energètica. El seu mitjà principal d'expressió es el lloc web www.crisisenergetica.org, que funciona des d'octubre de 2003, que a més de recollir l'actualitat del món del petroli i de l'energia, acull un dinàmic fòrum de debat que ja supera les 58.000 entrades.

A/e: santaferino@telefonica.net

Capítol 5. El cas específic del petroli

- 5.1. Introducció
- 5.2. Petroli: balanços generals
 - 5.2.1. Producció autòctona
 - 5.2.2. Importacions
 - 5.2.3. Consum de productes petrolers per a usos no energètics
 - 5.2.4. Consum de productes petrolers a l'extracció de petroli i les refineries
 - 5.2.5. La importància del petroli a la indústria química catalana
 - 5.2.6. Consum de derivats del petroli a la indústria per a usos energètics
- 5.3. Petroli al sector del transport
 - 5.3.1. Situació actual i tecnologies disponibles
 - 5.3.2. Transport de mercaderies
 - 5.3.3. Transport de passatgers
 - 5.3.4. El sector transport davant la seguretat del subministrament de petroli
- 5.4. El zenit del petroli
 - 5.4.1. Antecedents
 - 5.4.2. Estat actual de la discussió
- 5.5. Conclusions

5.1. Introducció

El creixement del consum d'energia primària a Catalunya que hem vist als capítols anteriors s'ha caracteritzat per dos factors. En primer lloc, gran part d'aquest consum prové d'un augment de l'ús de fonts primàries fòssils, com el petroli i el gas natural (i en menor grau, del carbó). En segon lloc, i atesa l'escassetat de fonts fòssils pròpies, gairebé tot se satisfà gràcies a les importacions. La figura 43 mostra que el grau d'autoabastiment per al petroli i el gas natural al conjunt de l'Estat espanyol és molt petit, mentre que el del carbó ha anat reduint-se progressivament i cada cop s'importa més carbó.

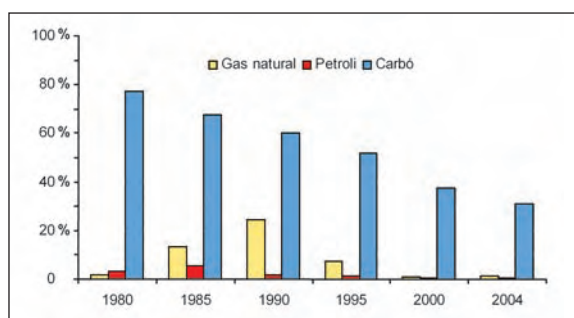


Fig. 43. Evolució del grau d'autoabastiment de la producció energètica a l'Estat espanyol (1980-2004)

Font: elaboració pròpia a partir de dades del Ministeri d'Indústria (2004).

Malgrat la diversificació que ha vist l'estructura del subministrament d'energia primària del país, fonamentalment a partir de la substitució del petroli per a generació elèctrica per gas natural i energia nuclear, els combustibles fòssils continuen tenint un pes molt important, fins i tot percentualment més gran que a la resta de països europeus. Així, si les fonts primàries d'origen fòssil constituïen el 1984 el 87 % de l'energia primària de l'Estat, vint anys després el percentatge és del 85 % (Ministeri d'Indústria, 2005), mentre que a l'Europa dels quinze s'ha passat d'un consum d'un 83 % de combustibles fòssils el 1985 a un 79 % el 1999 (Eurostat, 2002). A Espanya la disminució en l'ús de petroli i del carbó ha seguit la mateixa tendència que a Europa, però partint de percentatges més alts i amb una disminució menor en el cas del gas natural.

Pel que fa a Catalunya, l'escenari energètic ha seguit una trajectòria molt semblant, encara que en la producció d'energia primària els combustibles fòssils tenen un pes menor: 75,5 % el 2005 davant un 85 % a l'Estat espanyol el 2004 (Ministeri d'Indústria, 2005 i ICAEN, 2006), fet que s'explica pel baix ús a Catalunya del carbó per a la generació elèctrica, compensat per un major percentatge

a càrrec de l'energia nuclear. Aquesta dependència és encara més manifesta en el cas del petroli, font primària analitzada en aquest capítol.

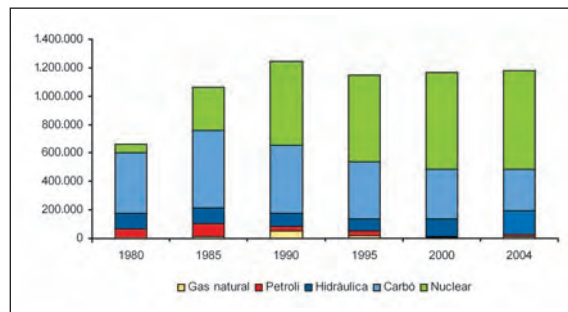


Fig. 44. Evolució de la producció pròpia d'energia primària a l'Estat espanyol¹ en el període 1980-2004 (en TJ)

Font: elaboració pròpia a partir de dades del Ministeri d'Indústria (2004).

El pes del transport a Catalunya, i la presència d'una indústria petroquímica important, reforça encara més el paper del petroli en el metabolisme de l'economia catalana, fins al punt que, des del 1996, el transport és el sector consumidor d'energia final més important i, en aquest sector, el 98 % de l'energia prové de derivats del petroli, tal com especifica el Pla de l'energia 2006-2015 (Generalitat de Catalunya, 2006a) i com s'ha presentat ja al capítol 2.

Així doncs, Catalunya és, com la resta de l'Estat, dependent dels combustibles fòssils i especialment del petroli, i més particularment el sector transport té una dependència gairebé total dels derivats del petroli. A més, la forta presència, en proporcions estatals i fins i tot europees, d'un sector industrial petroquímic a Catalunya, fa encara més gran la importància del petroli a la nostra economia, ja que aquest serveix de matèria primera per als sectors de la química bàsica, agroquímica, plàstics i també per a l'elaboració de semimanufactures energètiques com ara els combustibles líquids derivats del petroli per al seu ús al transport. La figura 45 mostra quina és la distribució d'usos del consum de petroli a Catalunya en el període analitzat aquí (1990-2005).

1. Igual que hem fet al bloc 2, incloem aquí l'energia nuclear com a producció domèstica, tot i que en els darrers anys tot l'urani que s'ha utilitzat a l'Estat espanyol s'ha importat.

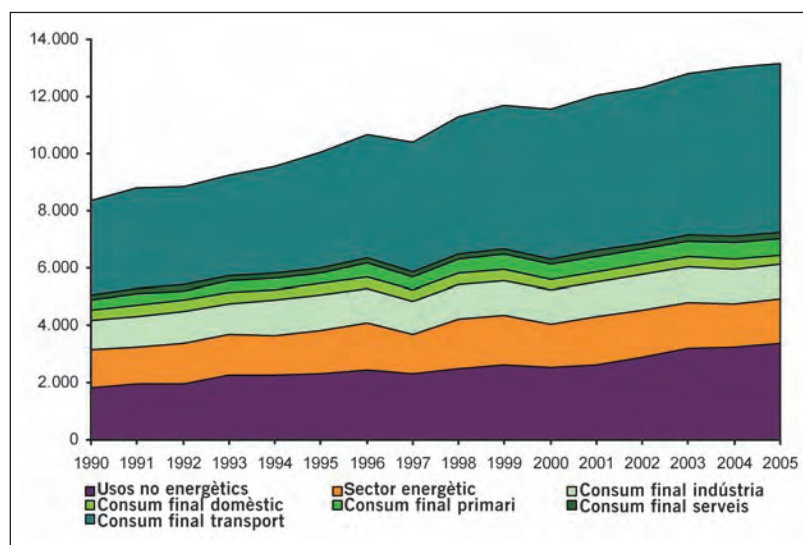


Fig. 45. Distribució del consum de petroli a Catalunya en termes d'energia primària segons els usos (1990-2005) (en ktep)

Font: elaboració pròpia a partir de les dades d'ICAEN (2006)

li a l'Estat hagi passat dels 300 ktep del 1999 als 166 ktep de 2005. Els últims dos anys, la producció ha sofert una davallada d'un 20,3 % (2004) i un 34,9 % (2005), segons el *Boletín Estadístico de Hidrocarburos* (CORES, 2004 i 2005). La diferència entre la producció pròpia i el consum, d'una banda, i les perspectives de producció dels actuals jaciments, de l'altra, fan que aquesta situació no es prevegi que canviï. En tot cas, i si el consum continua augmentant, la tendència és una major dependència de les exportacions de petroli. La figura 46 mostra les dades d'extracció de petroli dels últims anys en els quatre principals jaciments que hi ha a l'Estat espanyol. Tres són a Tarragona, i el quart, Ayoluengo, es troba a Burgos.

5.2. Petroli: balanços generals

5.2.1. Producció autòctona

Encara que Catalunya compta amb bona part dels jaciments autòctons de petroli situats al conjunt de l'Estat espanyol, la participació de l'extracció pròpia al conjunt del consum és molt petita, gairebé insignificant. Així, si el consum de petroli a Catalunya el 2003 va ser de 8.219 ktep, segons el Pla de l'energia de Catalunya 2006-2015, la producció autòctona va ser només de 163 ktep, tota ella concentrada als pous petrolífers situats davant la costa de Tarragona: els jaciments de Boquerón, Casablanca i Rodaballo. A aquest fet s'hi ha d'afegir que es tracta de jaciments ja madurs i sotmesos, en absència de nous desenvolupaments (com el que es va fer el 2001 en el jaciment de Rodaballo, o el 2002 a Casablanca), a taxes d'esgotament molt altes. Aquest esgotament generalitzat dels jaciments espanyols ha fet que la producció de petro-

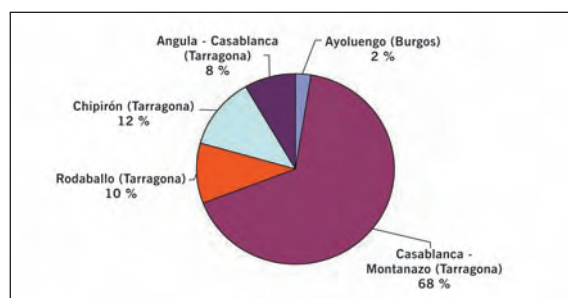


Fig. 47. Producció de petroli als jaciments de l'Estat espanyol (2004)

Font: CORES, 2005.

En els darrers anys, i a causa de la pujada dels preus del petroli, el sector de l'exploració petrolífera a l'Estat espanyol està tornant a donar signes d'activitat, com mostren les notícies de nous permisos per a l'exploració als Pirineus orientals, davant les costes valencianes i també a les Balears. Aquestes iniciatives es troben encara en una fase preliminar, i no ha transcendit cap estimació sobre reserves, qualitat del cru i capacitat de producció, tot i que tenint en compte els precedents històrics, no se n'esperen volums significatius.

5.2.2. Importacions

El conjunt del sector del petroli depèn dels mercats internacionals i, com a conseqüència, tant els preus com la seguretat del subministrament dependran dels comportaments i les circumstàncies d'aquests mercats mundials. L'origen de les importacions de petroli actuals denota un notable nivell de diversificació, ja que provenen de més de trenta països (CORES, 2005). A l'hora de valorar

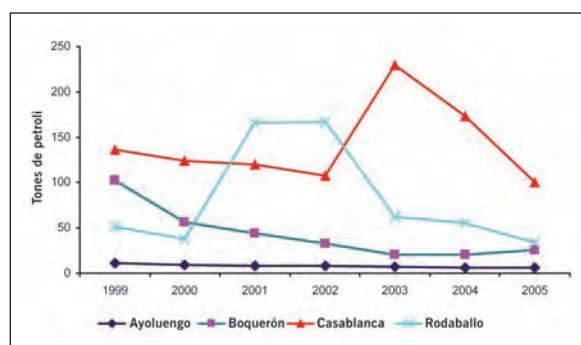


Fig. 46. Producció de petroli als jaciments de l'Estat espanyol (1999-2005)

Font: resums anuals del *Boletín Estadístico de Hidrocarburos* (CORES, 1999-2005)

aquesta diversificació es poden tenir en compte múltiples factors, com ara la proximitat geogràfica, l'estabilitat política del país productor, la pertinença a estructures polítiques afins, el comportament dels cartels, el declivi de la producció o fins i tot l'evolució del diferencial entre el consum intern i les exportacions d'aquests països. Així, gairebé la meitat d'aquestes importacions provenen de països de l'OPEP (l'Aràbia Saudita, Nigèria, Líbia, l'Iran, Algèria i l'Iraq) amb el que això comporta en el sentit de que hi ha la possibilitat que aquests actuïn com un sol proveïdor. Això passaria, per exemple, en el cas de retallades de la producció o d'una tornada al sistema de quotes, avui en desús atès que el cartel produeix pràcticament al 100 % de la seva capacitat. Geogràficament, el principal proveïdor de petroli a l'Estat espanyol és el continent africà, seguit de l'Orient Mitjà, Amèrica i, finalment, Europa. Un exemple de caiguda de producció que probablement afectarà la capacitat exportadora és el de Noruega, que des de 2002 veu com la seva producció cau any rere any, amb una caiguda del 7,5 % l'últim any (BP, 2006). De fet, el Regne Unit, que des del punt de vista petrolier pertany a la mateixa província petrolífera que Noruega, el mar del Nord, ja va deixar de fer exportacions significatives cap a Espanya a partir del 2001, poc després de passar el seu cim de producció petrolera (any 1999).

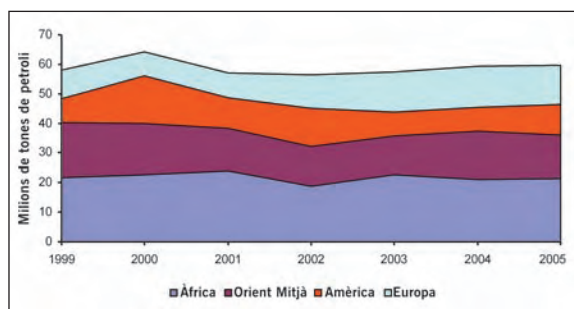


Fig. 48. Importacions de petroli a l'Estat espanyol per regions geogràfiques (1999-2005)

Font: elaboració pròpia a partir del *Boletín Estadístico de Hidrocarburos* (CORES, 1999-2005).

Pel que fa a la inestabilitat política, tots els exportadors de la zona de l'Orient Mitjà són susceptibles de veure's afectats per la tensió regional (l'Aràbia Saudita, l'Iraq) i fins i tot alguns es troben pendents de possibles sancions, com ara l'Iran, d'on l'Estat espanyol va importar el 8,3 % del petroli que es va consumir el 2005. En aquest mateix any, les importacions tenen com a origen principal el continent africà, amb un 35,9 %, seguit de l'Orient Mitjà (24,7 %), a molt poca distància Europa (22,1 %) i, finalment, Amèrica, amb un 17,2 %.

La tendència actual fa que el major volum de reserves mundials de petroli es vagi concentrant a la zona de l'Orient Mitjà i el Caucas, de manera que en el futur les importacions de cru tendiran a concentrar la seva proce-

dència en aquesta zona. Aquest fet, més enllà del volum total de les reserves, dependrà de la seguretat geopolítica del subministrament i de les inversions necessàries per convertir els recursos coneguts en reserves provades. Històricament, les importacions de cru cap a l'Estat espanyol s'han caracteritzat pel protagonisme de les àrees africana i de l'Orient Mitjà. En el futur, aquesta tendència s'accentuarà, com de fet passarà de manera generalitzada a tot el món. L'Agència Internacional de l'Energia (AIE, 2005b) preveu que la contribució d'aquesta regió a la producció mundial s'incrementarà des d'un 35 % l'any 2004 fins a un 44 % el 2030, sempre que es facin les inversions adequades per elevar la capacitat de producció, que l'AIE xifra en 24.000 milions de dòlars anuals.

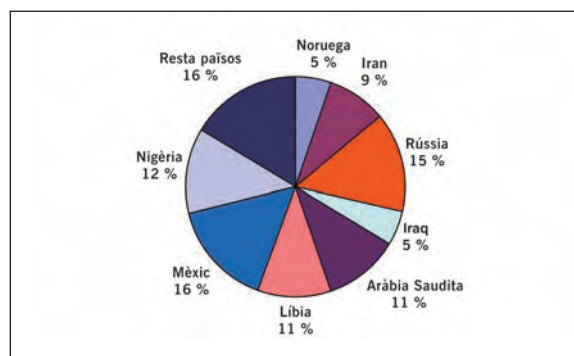


Fig. 49. Importacions de petroli per país d'origen (2005)

Font: CORES, 2005.

5.2.3. Consum de productes petrolers per a usos no energètics

El consum de petroli per a usos no energètics ha augmentat força els darrers anys i significa una part important de tot el petroli consumit a Catalunya. Segons els balanços energètics que elabora ICAEN (2006), el consum de derivats del petroli per a usos no energètics l'any 2005 va ser de 3.364,7 ktep, gairebé el doble que l'any 1990 (que era de 1.821,9 ktep). La figura 50 mostra el percentatge sobre el total del petroli consumit que es dedica a usos no energètics que, com s'observa, ha anat augmentant els darrers anys, passant d'un 21 % l'any 1990 al 25 % el 2005. Aquesta dada indica el pes del sector petroquímic i químic a Catalunya, que augmenta progressivament.

Així, l'increment en el consum de petroli a Catalunya no es deu al seu ús per generar energia sinó principalment a la utilització de productes petrolers com a matèria primera del sector industrial català. Aquesta tendència es pot considerar positiva, en el sentit que s'aprofita millor el petroli en l'economia. Cal remarcar que és un consum de petroli que caldrà que es continuï fent en el futur si es vol mantenir el mateix pes de la indústria química a l'economia catalana que, com veurem després, és molt important.

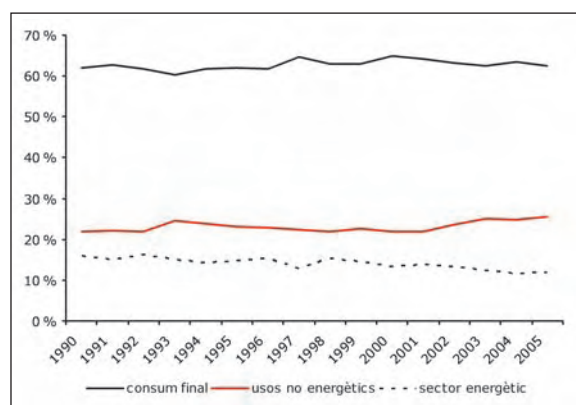


Figura 50. Consum de productes petrolers per a usos no energètics i al sector energètic a Catalunya

Font: elaboració pròpia a partir de les dades proporcionades per ICAEN (2006).

Els productes que es consumeixen per a usos no energètics són principalment naftes i gasos líquats de petroli. En dades de l'any 2005, les naftes són les més importants, amb diferència, amb un consum de 2.499 ktep per a usos no energètics, seguits dels gasos líquats de petroli (566 ktep), fueloil (205 ktep) i, finalment, gasolines (67 ktep). Les naftes es consumeixen a les plantes d'olefines de Repsol Química i de Dow Chemical Ibérica, i provenen de la producció de la refineria de Repsol Petróleo a la Poble de Mafumet, de la resta de l'Estat espanyol i d'importació. Els gasos líquats de petroli (GLP) s'utilitzen a la planta de deshidrogenació de propà per produir propilè de Basf Sonatrach Propanchem en el complex de Tarragona, que utilitza propà procedent d'Algèria (Generalitat de Catalunya, 2006a: 159).

5.2.4. Consum de productes petrolers a l'extracció de petroli i les refineries

Pel que fa al petroli que es transforma a les refineries catalanes, el 2005 van ser 9.194,4 ktep, la qual cosa representa un 34,4 % del total de l'energia primària consumida a Catalunya, i un augment del 6,4 % des de l'any 1990.

El consum atribuït a l'explotació dels jaciments de cru davant les costes de Tarragona i al funcionament d'importants refineries a la mateixa zona representa, entre GLP, nafta, benzina i fuel, el 20,8 % del total consumit a Catalunya el 2003 (segons el Pla de l'Energia 2006-2015; Generalitat de Catalunya, 2006a), la major part del qual correspon a les refineries.

L'extracció consumeix una quantitat relativament petita d'energia de productes petrolers, només un 0,01 % del total del consum d'energia primària a Catalunya el 2003 com correspon a la poca capacitat productora d'aquests jaciments. El motiu és que les instal·lacions (igual que les refineries) han estat dissenyades amb criteris d'optimització energètica. El combustible consumit és el gasoil, que s'utilitza per a l'operació de la maquinària i dels diferents vehicles i vaixells que participen en aquestes operacions. Segons el Pla de l'energia de Catalunya (PEC 2006-2015), no es preveuen increments significatius d'aquests consums en el sector d'extracció del petroli, sinó més aviat al contrari. La tendència, sense nous desenvolupaments, és una disminució del consum, ja que també es preveu que la producció dels jaciments vagi disminuint fins a desaparèixer a finals de la dècada actual. Així, segons les previsions del Pla de l'energia 2006-2015, aquests consums tindran una disminució important en els propers anys (Generalitat de Catalunya, 2006a:162), com es mostra a la taula 60.

Pel que fa a l'altre apartat del consum del sector, el corresponent al de les refineries, plantes d'olefines (monòmers petroquímics bàsics que serveixen de matèria primera per a l'elaboració d'altres productes de química bàsica) i altres productes derivats del petroli, la taula 61 mostra el seu consum actual i les previsions del Pla de l'energia. Cal remarcar, però, que no es disposa de sèries de dades que diferenciïn entre subsectors (química bàsica, fina, agroquímica, farmacèutica), informació que seria molt útil per poder aprofundir en l'anàlisi.

L'evolució del consum d'aquest sector depèn de les properes ampliacions de les plantes situades al territori cata-

Taxes mitjanes de variació anual (%)						
	2003	2010	2015	2003-2010	2010-2015	2003-2015
Gasoil	1,0	0,2	0,2	-20,5 %	0,0 %	-12,6 %

Taula 60. Consums propis del sector d'exploració i producció petrolera (milers de tep) segons l'escenari IER

Font: elaboració pròpia a partir de dades del Pla de l'energia 2006-2015.

Taxes mitjanes de variació anual (%)						
	2003	2010	2015	2003-2010	2010-2015	2003-2015
Gas de refineria	731,4	954,0	954,0	3,9 %	0,0 %	2,2 %
Fuel de refineria	351,4	366,0	366,0	0,6 %	0,0 %	0,3 %

Taula 61. Consums propis del sector de refinat i semimanufactures petroleres (milers de tep), segons l'escenari IER

Font: elaboració pròpia a partir de dades del Pla de l'energia 2006-2015.

là, ubicades totes elles al complex petroquímic de Tarragona. Concretament, hi ha dues refineries, Asesa i Repsol Petróleo, i tres plantes d'olefines, les de Repsol Química, Dow Chemical Ibérica i Basf Sonatrach Propanchem. Aquestes indústries tenen una clara interrelació, ja que per a la producció d'olefines es consumeixen naftes produïdes a les refineries, tant les situades a Tarragona com a d'altres llocs de l'Estat i a l'estranger. Per a les previsions fetes pel Pla de l'energia de Catalunya 2006-2015 (taula 61) es tenen en compte les previsions d'expansió d'aquestes indústries. Per exemple, Repsol Química té previst augmentar la seva capacitat per tractar naftes, mitjançant la construcció d'un *cracker* d'età. Si es dugués a terme aquesta ampliació, es faria en col·laboració amb Dow Chemical Ibérica. D'altra banda, i després d'ampliacions efectuades els anys 2000 i 2005 (aquesta última per un valor 68,8 milions d'euros i destinada a la construcció d'un *cracker* d'etilè,² una planta de química bàsica en la qual es descomponen hidrocarburs d'estructures moleculars complexes en altres de menys complexes, trencant els seus enllaços de carboni), Dow Chemical Ibérica preveu tornar a ampliar la seva capacitat de producció, fet que queda reflectit a les expectatives de consum de productes petrolers.

5.2.5. La importància del petroli a la indústria química catalana

L'activitat de la indústria química a Catalunya té una gran importància des del punt de vista econòmic, atès que la indústria química espanyola representa un 9,4 % del PIB industrial nacional i la participació catalana és del 46 % (figura 51). Pel que fa a la relació del sector químic respecte al conjunt de la indústria catalana, i sense disposar de dades referents a la participació del sector químic en el PIB català, podem dir que l'any 2005, el volum de negoci del sector químic va ser d'un 15,4 % del total de la indústria catalana. De fet, bona part de la producció química a Catalunya representa el 100 % de la producció estatal d'alguns productes, mentre que en la resta es mantenen proporcions molt altes (figura 52). A més, el sector químic està molt relacionat amb altres sectors i activitats productives, com demostra el seu ampli catàleg productiu de béns de consum i materials que intervenen en altres sectors econòmics (taula 62).

Una altra característica de la indústria química catalana és la seva concentració, especialment pel que fa a les coquerries i la refinació de petroli. Aquest és el sector amb un nivell de concentració territorial més alt de tota la indús-

tria catalana, amb un índex de Gini³ de 0,922 (Hernández et al, 2005), concentrat geogràficament a la província de Tarragona. El sector químic, per la seva part, té un índex de Gini de 0,881, i se situa en el sisè lloc entre els dinou sectors de la indústria catalana, i es reparteix entre la província de Tarragona i l'àrea metropolitana de Barcelona. Si ho mesurem segons els índexs de concentració relativa,⁴ el sector de les coquerries i la refinació continua sent el que obté un valor més alt, mentre que el sector químic es col·loca en vuitè lloc (Hernández et al, 2005).

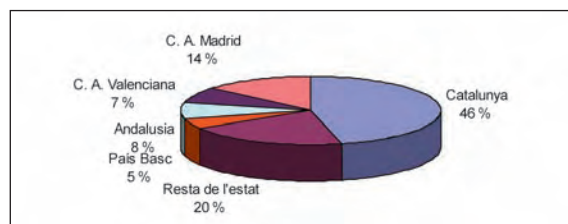


Figura 51. Distribució geogràfica de la producció química de l'Estat espanyol.

Font: FEIQE, 2007.

En el cas de Tarragona, aquesta concentració té el seu origen històric en la instal·lació, a principis dels anys seixanta, de diverses indústries químiques, aprofitant la proximitat del port de Tarragona. Més tard, al 1968, va entrar en funcionament la refineria d'ASESA i, a partir de 1970, amb la liberalització de les activitats petroquímiques a l'Estat, les concessions i el funcionament monopolista cessen, quedant obert el sector a la inversió privada nacional i estrangera (Comisión Nacional de la Energía, 2003). De fet, l'any 2003 el sector químic català era el sector industrial amb més presència de multinacionals estrangeres, amb un 24,7 % del total (Viladecans i Jofre, 2006). Actualment, es conforma com un sistema productiu local molt complet, amb un alt grau d'interrelació empresarial, i no només al llarg de tota la cadena de valor, des de la importació de cru a la producció de productes químics o productes energètics. Les infraestructures de transport, la logística especial d'aquesta indústria (per exemple, els *racks* de canonades que van des del port a les empreses i entre aquestes), els serveis, etc., acaben de conformar un sistema que aprofita molt bé els avantatges que la proximitat dona als sistemes productius locals (Hernández et al, 2005).

2. L'etilè és un d'aquests hidrocarburs més lleugers produïts als *crackers*.

3. Aplicada a la distribució territorial de determinats sectors industrials, l'índex de Gini determina la distribució dels ocupats d'un sector entre les unitats territorials amb les quals es divideix el territori (els municipis i les àrees funcionals). Els valors d'aquest índex van del 0 (l'activitat es distribueix de forma homogènia en el territori) a l'1 (tota l'activitat es concentra en una localitat, sigui municipi o àrea funcional).

4. L'índex de concentració relativa mesura la importància de les primeres unitats empresarials, ordenades de major a menor dimensió, respecte al total de les empreses considerades. Aquests índexs s'expressen com un percentatge, on un valor del 100 % expressa la major concentració geogràfica d'una activitat productiva.

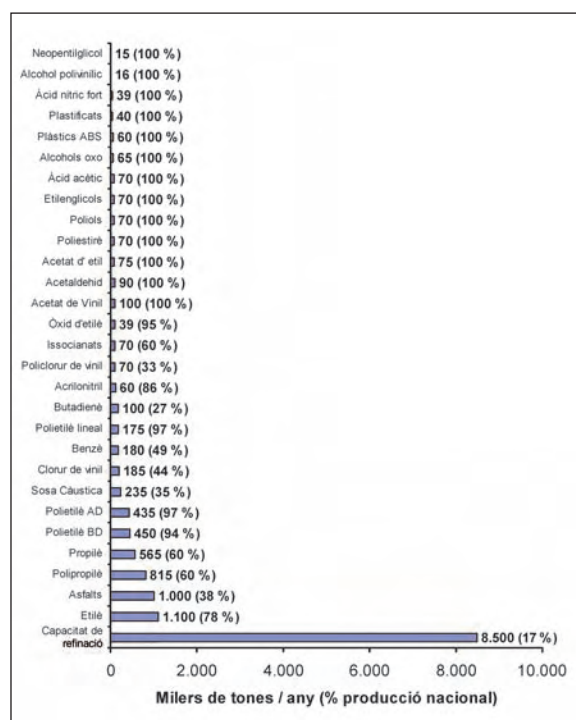


Fig. 52. Capacitat productiva de la indústria química a Tarragona respecte del total de l'Estat

Font: AEQT (2000).

En resum, l'evolució de consums petrolers en el sector d'exploració i refinació i producció de productes químics depèn de l'ampliació de l'activitat industrial del sector, fortament lligada al consum propi i regional (en l'àmbit europeu), i al desenvolupament de la capacitat productiva i exportadora de les indústries químiques dels països en desenvolupament (en l'àmbit global). Com que és un sector en el qual l'eficiència energètica de les instal·lacions i dels processos forma part dels seus criteris operatius, l'únic criteri que està introduint canvis importants en la seva estructura és l'ambiental. La nova normativa europea destinada a la indústria química, Sistema REACH,⁶ obliga a partir del 2007 a nous controls, registres i anàlisis en els processos de producció. També, i a causa dels requeriments en matèria d'emissions de gasos amb efecte d'hivernacle establerts tant en el Pla nacional d'assignacions 2005-2007 com en el que ja s'ha elaborat per al període 2008-2012,⁷ les indústries química i cimentera i el sector de refinació de petroli estan obligats a complir-lo. Per aquests motius la més que probable tendència en el consum d'aquests sectors es dirigeix cap a petites variacions, que, en tot cas, dependran directament del consum dels productes finals i, per tant, de la marxa general de l'economia, tant local com global.

Química de base	Química orgànica ⁵ : acetilè, benzè, etilè, propilè, alcohols, àcids orgànics, fenols, èters, compostos nitrogenats, etc. Química inorgànica: gasos industrials, àcid sulfúric, carburs, fòsfor, calci, hidròxids, halurs, sals, àcids inorgànics, etc.
Agroquímica	Adobs, fertilitzants, insecticides, plaguicides, fumigants, fungicides, desinfectants de llavors, herbicides, mol·lusquicides, etc.
Química Industrial	Gasos comprimits (hidrogen, nitrogen, oxigen, aire líquid, etc.), colorants i pigments, pintures, vernissos i laques, tints d'impresió, olis i greixos per a usos industrials, olis essencials i substàncies aromàtiques naturals o sintètiques, coles i gelatines, productes auxiliars per a les indústries tèxtil, del cuir i del cautxú, explosius i altres productes diversos (decapants, anticongelants, desincrustants, abrasius, líquids per a transmissions, productes per al tractament de metalls, etc.)
Química per al consum	Sabons comuns, detergents i lleixius, articles de perfumeria i cosmètica (colònies, locions, perfums, sabons de tocador, desodorants, productes de cosmètica i higiene corporal, productes de bellesa, articles per a la cura del cabell, etc.), ceres i parafines (espelmes per a usos domèstics, per a la neteja de vehicles o per a altres usos), material fotogràfic sensible, articles pirotècnics, mixtos, etc., productes destinats a usos finals (suavitzants o altres additius, ambientadors, llevataques, netejadors de vidres, de metalls, etc.)
Química farmacèutica	Química fina: primeres matèries i principis actius, que constitueixen els elements bàsics per a la producció dels preparats farmacològics. Específics farmacològics.

Taula 62. Sectors i producció de la indústria química a Catalunya

Font: elaboració pròpia a partir de l'Informe anual de la indústria a Catalunya (DIUE, 2005).

5. S'inclou dins la química bàsica inorgànica la fabricació de matèries primeres plàstiques: polièsters, poliamides, productes de polimerització, poliuretans, cautxú i làtex sintètics, i la producció de fibres artificials i sintètiques.

6. http://ec.europa.eu/environment/chemicals/reach/reach_intro.htm.

7. Disponible a: http://www.mma.es/portal/secciones/cambio_climatico/documentacion_cc/historicos_cc/pna2008_2012.htm.

	Assignació efectiva 2005	Assignació mitjana anual 2005-2007	Assignació mitjana anual 2008-2012
Refineries	15,25	15,25	<15,88
Coqueries	11,49	11,23	11,79
Prod. clinker ⁸	30,29	29,99	31,29
Prod. ciment	27,83	27,53	29,01
Instal·lacions combustió ⁹			
>20 MW	11,49	11,23	11,79

Taula 63. Assignacions d'emissions per activitats PNA 2005-2007 i 2008-2012 (en milions de tones de CO₂ eq)

Font: elaboració pròpia a partir de dades del Pla nacional d'assignació de drets d'emissió (Ministeri de Medi Ambient, 2006).

5.2.6. Consum de derivats del petroli a la indústria per a usos energètics

Pel que fa als usos energètics a la indústria, cada cop es consumeix menys energia provinent de productes petrolers, que se substitueixen per altres combustibles com el gas natural. Per productes, els derivats del petroli consumits al sector industrial a Catalunya són el coc de petroli, el gasoil, el fueloil i els gasos líquuats del petroli. En el seu conjunt, el sector industrial va consumir, el 2005, 1.199 ktep de derivats del petroli, un 23,4 % del total dels consums energètics (ICAEN, 2006). Comparant-ho amb dades del 1990, en què aquest consum va ser de 1.007,8 ktep (un 27,9 % del total de l'energia consumida al sector industrial), s'aprecia una davallada important del consum en termes absoluts (19 % menys respecte de 1990), i una baixada de 4,5 punts percentuals en relació amb la resta de consums energètics industrials. Aquesta baixada (i també la del carbó), s'explica pel considerable augment del consum de gas natural (de 1.025 ktep el 1990 a 2.161,1 ktep el 2005) i de menors augments en el consum d'electricitat i de biomassa.

Dins els consums de derivats del petroli al sector industrial, no disposem d'una desagregació pels corresponents subsectors, encara que l'augment del consum de coc de petroli observat en el període 1990-2005 (de 246,4 a 782,7 ktep) seria plausible atribuir-lo a la fabricació de ciment. També s'observa una disminució important del consum de fueloil, que es podria explicar per l'augment de l'ús del gas natural i la biomassa en la generació de calor i cogeneració.

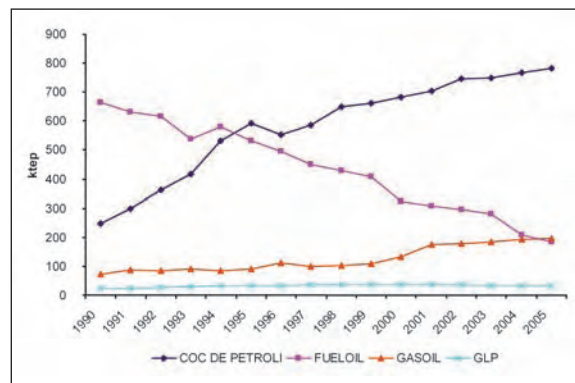


Fig. 53. Consum de derivats del petroli al sector industrial a Catalunya 1990-2005

Font: elaboració pròpia a partir de les dades d'ICAEN (2006).

Producció de ciment

Pel que fa al sector de producció del ciment, Catalunya disposa de set fàbriques de ciment, del conjunt de les 42 que hi ha a tot l'Estat espanyol. A Catalunya l'any 2005 es van produir 5,8 milions de tones, un 13 % del consum espanyol. Aquestes dades de producció representen un creixement del 25,6 % respecte les de l'any 2000 (no es poden comparar amb dades anteriors per canvis en el criteri de recollida de dades) (Ciment Català, 2006).

Totes les fàbriques situades a Catalunya són del tipus integral, és a dir, que inclouen forns de clínquer i molins de ciment.¹⁰ La capacitat de les fàbriques catalanes és de 7.898.000 tones anuals de clínquer i 9.025.000 tones anuals de ciment.

Tant el consum com la producció de ciment segueixen de prop l'activitat constructora pública i privada, i per tant, en una economia com la catalana, la seva evolució està fortament lligada a l'activitat econòmica general. Dins del conjunt de la Unió Europea, i a causa del fort creixement del sector de la construcció en els últims anys, l'Estat espanyol és el principal productor de ciment, amb 50,3 milions de tones de ciment, un 21,1 % de la producció de la Unió Europea (Oficemen, 2007a).

La fabricació de ciment és un procés d'alta intensitat energètica, a causa dels diferents processos de cocció i mòlta, que requereixen grans quantitats d'energia tèrmica i elèctrica. La indústria del ciment és responsable del

8. Instal·lacions de fabricació de ciment sense polvoritzar (clínquer) en forns rotatoris amb una producció superior a 500 tones diàries, o de calç en forns rotatoris amb una capacitat de producció superior a 50 tones per dia, o en forns d'un altre tipus amb una capacitat de producció superior a 50 tones per dia.

9. Amb una potència tèrmica nominal superior a 20 MW, com ara els *crackers* d'etilè i propilè.

10. La fabricació de ciment comença amb l'extracció de les matèries primeres, pedres calcàries que s'extreuen de les pedreres, normalment situades a les proximitats de les fàbriques, i argiles. Abans de continuar el procés, les barreges de pedres i argiles s'homogeneïtzen, per tal d'obtenir la composició òptima. La barreja resultant és transportada als molins de cru on després de noves homogeneïtzacions del producte aquest passa al procés de clínquerització. Aquest procés consta de diversos processos físics i químics, a mesura que el cru agafa temperatura (assecatge, eliminació de l'aigua de l'argila, descarbonatació i, finalment, clínquerització). Una vegada obtingut el clínquer, es refreda, aprofitant els gasos i la calor residual del forn i dels refredadors per al preescalfament i/o precalcificació. En la fase final, el clínquer és mòlt, i és mesclat amb guix i diferents addicions, per aconseguir les diferents varietats de ciment que es comercialitzen.

2 % de l'energia primària consumida a l'Estat espanyol, i s'estima que un 30 % dels costos de fabricació corresponen al consum energètic (Oficemen, 2007b).

Des del punt de vista del consum d'energia, els combustibles més utilitzats a la fabricació de ciment a Europa són el carbó, el coc de petroli i l'hulla (75 % dels casos), mentre que l'altre 25 % es reparteix en l'ús de residus, fuel, lignit o gas natural. Les fàbriques també consumeixen energia elèctrica, en els molins i els ventiladors, consum que representa el 80 % del total de l'energia consumida per la planta de ciment (Departament de Medi Ambient, 2001).

Sense disposar de dades desagregades dels consums de combustibles i electricitat de les fàbriques de ciment catalanes, cal destacar que és una activitat de gran intensitat energètica i en la qual els costos energètics representen una part important del cost total de fabricació. Els BREF¹¹ per a aquest sector recomanen una sèrie de mesures generals per millorar l'eficiència energètica dels processos de fabricació, de manera que es proposen consums energètics, en un forn de procés sec amb preescalfament i precalciniació multifase de 3.000 MJ/tona de clínquer (ibid), un consum que se situa per sota del rang més baix (3.200 a 5.500 MJ/tona de clínquer) en la producció de ciment a Europa (Cembureau, 1997). Aquestes mesures passen per l'optimització del procés amb controls automàtics i informatitzats, sistemes gravimètrics d'alimentació de combustible sòlid, el màxim ús del preescalfament i la precalciniació, refredadors de clínquer que permetin la recuperació de la calor, instal·lacions de sistemes de control de potència per minimitzar el consum elèctric i l'ús d'equips elèctrics d'alt rendiment energètic (Departament de medi ambient, 2001).

La mateixa indústria, davant les pressions dels grups de defensa ambiental i les exigències del Protocol de Kyoto, ja han pensat a substituir el 15 % del coc de petroli que utilitzen per fangs procedents de les depuradores d'aigües residuals. Els resultats provisionals de les proves pilot fetes a les fàbriques de ciment de Sant Feliu de Llobregat i Vallcarca no han mostrat un augment de la contaminació, encara que no es disposa de dades respecte a l'eficiència energètica del procés si s'utilitzen combustibles alternatius. Fins al moment, la penetració dels combustibles alternatius en la fabricació de ciment és molt escassa, de només un 5 % de l'energia consumida per la indústria cementera a l'Estat espanyol. Entre aquests combustibles trobem, a més dels fangs de les depuradores, els pneumàtics usats, les farines animals, els olis usats, els dissolvents, els residus de la fusta i altres residus orgànics. Les indústries del ciment catalana i espanyola encara tenen molt de camí per recórrer en l'ús

dels combustibles alternatius, ja que hi ha països a Europa en què el percentatge de combustibles alternatius se situa en el 30 % (Alemanya, Bèlgica, Noruega), d'altres que s'acosten a la meitat (Àustria i Suïssa, 46 i 50 % respectivament), i fins i tot països que en un 80 % utilitzen combustibles alternatius en la fabricació de ciment (com és el cas d'Holanda) (Oficemen, 2007c).

5.3. Petroli al sector del transport

5.3.1. Situació actual i tecnologies disponibles

A Catalunya, el transport ha registrat, en el període 1990-2005, un creixement anual del seu consum energètic més gran que la resta de sectors, gairebé un 3,7 %. A més, el transport és responsable del 37,7 % de l'energia final consumida a Catalunya, a parts iguals entre el transport de persones i mercaderies. Aquest gran consum energètic és, a més a més, molt ineficient, ja que en gran part correspon a vehicle privat, de manera que el 15 % del consum d'energia final a Catalunya es pot atribuir al vehicle privat. D'aquest consum, un 98 % prové dels derivats del petroli (figura 54).

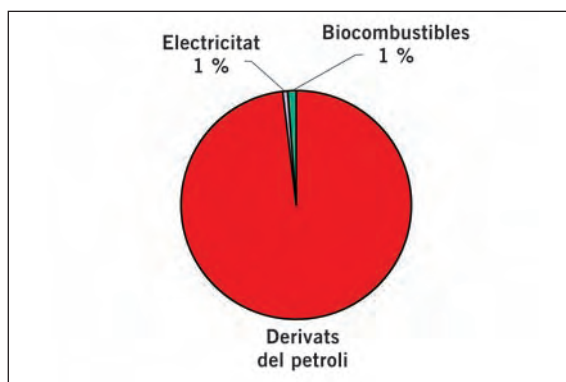


Fig. 54. Consum final d'energia al transport per combustibles (2005)

Font: elaboració pròpia a partir de les dades d'ICAEN (2006).

En els darrers anys, l'evolució del consum energètic en el sector transport continua dominada pels derivats del petroli, amb una presència poc important de l'energia elèctrica (al voltant de l'1 %) i la introducció, a partir de l'any 2002, dels biocombustibles, tot i que també en proporcions molt petites (vegeu la figura 55). Dins dels derivats del petroli cal destacar la creixent *dieselització* del parc automobilístic, que fa que el consum de benzina caigui any rere any, sent compensat pel creixement del consum de gasoil, de manera que entre els anys 1990 i 2005 el creixement combinat de gasoil i benzina ha tingut una mitjana del 4,4 % anual. El pes del consum d'energia final en el sector transport és molt gran amb relació al consum

11. Els BREF són els documents de referència sobre les millors tècniques disponibles per a cada sector.

d'energia final a Catalunya, sent l'any 2005 del 37,7 % d'aquest consum. El transport és el principal sector darrere la forta pujada de la demanda primària a Catalunya durant el període 1990-2005, que ha estat d'un 72,7 % en conjunt. Si bé el consum d'energia final ha crescut durant aquest període un 3,4 % anual, el consum d'energia final en el sector transport ho ha fet un 3,7 % anual.

Cal destacar la introducció a l'Estat espanyol, des de l'any 1994, de diferents plans per afavorir la retirada dels vehicles més vells: el Pla renove I i el Pla renove II, només per a turismes, i l'actual Pla prever, que inclou els vehicles industrials lleugers. La introducció d'aquests plans ha provocat augmentos en el nombre de vehicles que han estat donats de baixa (DGT, 2005), però no ha aconseguit una disminució de l'edat mitjana dels vehicles (ANFAC, 2007). Després de la introducció d'aquest pla, les baixes de vehicles vells gairebé es van doblar a tot Catalunya només en un any (va augmentar en un 81,9 % del 1998 al 1999). Això ha contribuït a millorar l'eficiència del parc d'automòbils, encara que no és l'única variable que s'ha de tenir en compte, ja que per exemple la proporció de vehicles de més de deu anys ha augmentat progressivament, i ha passat del 9,42 % al 1970 a un 39,20 % al 1998 (Ministeri d'Economia, 2003). També la cilindrada dels vehicles ha crescut. Entre 1988 i 2001, la quota de participació de vehicles de major cilindrada ha augmentat un 182 % per als vehicles entre 1.600 i 1.999 cc i un 52 % per als vehicles de més de 1.999 cc (ibid). Encara que l'eficiència millori per la progressiva renovació del parc d'automòbils, el major nombre de vehicles i l'augment de cilindrada incidirien en la direcció contrària. Al conjunt de l'eficiència també ha contribuït la *dieselització* del parc automobilístic, encara que altres factors, com l'augment de vendes de vehicles tot terreny, tendrien a fer baixar aquesta tendència.

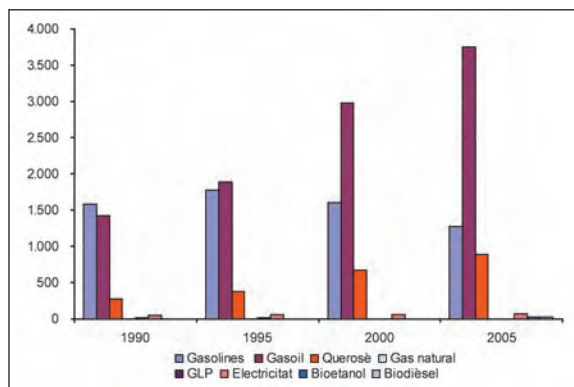


Fig. 55. Consum energètic a Catalunya al sector transport, per combustibles (1990-2005) en milers de tep

Font: ICAEN, 2006.

Com ja s'ha comentat, parlar del balanç del petroli al sector transport és parlar de dependència total de les impor-

tacions i d'una participació important en el conjunt del consum energètic, un 37 % del consum final d'energia (ICAEN, 2006). A més a més, per raó de condicions estructurals, el transport té una gran importància per a l'economia catalana i, de fet, les necessitats de transport han anat creixent de manera paral·lela amb el creixement econòmic, tant pel que fa al transport de mercaderies com el de persones. Les mateixes característiques de l'activitat econòmica, cada vegada més recolzada en el sector logístic, reforcen aquesta tendència. Fenòmens com la deslocalització de la producció de components, l'ús dels mínims estocs necessaris (l'estratègia de l'anomenat *just in time*), una major rotació de productes i la disminució del volum per producte són responsables d'una major necessitat de transport de mercaderies. Però també en són responsables fenòmens com el model urbanístic de Catalunya, que correspon a un model de ciutat dispersa, de creixement ràpid, que fa que l'adequació de les infraestructures de transport públic vagi molt per endarrere d'aquesta expansió. En aquesta secció es dedica un apartat específic al transport de mercaderies i un altre al transport de passatgers.

Per la seva estructura territorial, que no afavoreix la possibilitat de fer arribar una bona xarxa de ferrocarril a tot el territori, i per diversos motius històrics, el transport per carretera és la forma més habitual de transport, tant de persones com de mercaderies.

A Catalunya, en el període 1990-2005 ha augmentat el parc de vehicles en un 56,7 % (segons dades de la DGT). Mentrestant, el cens de conductors s'ha incrementat, en el període 2000-2005, en un 8,3 %, ja que ha passat de poc més de 3,5 milions de conductors (3.504.565) a gairebé 3,8 milions (3.797.524).

Durant el mateix període, el consum de combustibles per al transport (benzina i gasoil), ha augmentat un 67,2 %, amb una disminució del consum de benzina àmpliament compensat pel consum de gasoil (ICAEN, 2006), com es veu clarament a la figura 55. La tendència de consum de combustibles derivats del petroli és, doncs, a l'alça, tenint en compte que, a més dels increments de la mobilitat obligada, el trànsit de mercaderies també augmenta de manera paral·lela al creixement d'àrees econòmiques que impliquen un flux important de mercaderies. Un clar exemple és el sector de la construcció i el trànsit de mercaderies que genera, com s'explicarà més endavant a l'apartat de transport de mercaderies, i com es comenta també l'annex D.

Utilització d'altres combustibles

A banda de la gestió de la demanda o l'increment de l'ús del transport públic en detriment del transport privat, una altra opció per disminuir la dependència d'aquest sector

del petroli és la diversificació energètica dels combustibles. Les opcions que es plantegen presenten diverses característiques que les fan més o menys apropiades a mitjà o llarg terminis. A continuació es presenten les més importants: gasos líquats del petroli o del gas natural, biocombustibles, vehicles híbrids, hidrogen o la possibilitat d'electrificació del transport.

Gasos líquats o gas natural comprimit (GNC)

Els combustibles alternatius derivats del petroli, com ara els gasos líquats del petroli o altres de provinents dels combustibles fòssils, com el gas natural líquat (GNL) o el gas natural comprimit (GNC), estan subjectes als mateixos problemes que els derivats del petroli: seguretat del subministrament i efectes mediambientals del seu ús.

Cal remarcar que no s'inclouen aquí les tecnologies de Gas To Liquids o Coal To Liquids, que requereixen la construcció de plantes dissenyades específicament per portar a terme aquesta mena de transformacions i, a més, tenen pitjors efectes ambientals, ja que calen *inputs* energètics per a la seva transformació, i que normalment, aquests provenen del carbó o el gas natural, amb el consegüent augment de les emissions, almenys si parlem de cicles oberts de CO₂.

L'ús d'aquests combustibles alternatius derivats del petroli faria necessària una infraestructura específica, en el cas del GNC, estacions de recàrrega equipades amb compressors capaços d'augmentar la pressió del gas fins a 200 bars, i vehicles equipats amb els dipòsits adequats. Pel que fa al GNL, la líquüefacció s'aconsegueix mitjançant tècniques criogèniques que eviten l'evaporació del gas, i dipòsits capaços de suportar pressions de 5 bars.

A Catalunya s'han dut a terme algunes iniciatives amb aquests combustibles, com és el cas de la ciutat de Barcelona, on durant un any i mig (1995 i 1996), Transports Metropolitans de Barcelona va introduir dos autobusos que consumien gas natural comprimit, prova pilot que ha resultat en la posada en funcionament de 160 autobusos més funcionant amb GNC (TMB, 2004). L'actuació, emmarcada dins la iniciativa europea CIVITAS, projecta que aquest nombre creixi fins als 250 autobusos (actualment el parc de TMB és de 1.019 vehicles). Una altra iniciativa ha estat la portada a terme per l'empresa CESA i l'Institut Català d'Energia (ICAEN, 2007), que des de 1999 presta els seus serveis de recollida de residus amb vehicles propulsats per gas natural líquat.

Biocombustibles

Els biocombustibles tenen l'avantatge que es poden produir localment (tot i que a la pràctica s'està optant per la importació de matèries primeres des de països en desen-

volupament), que són més neutres respecte a les emissions de CO₂ i que requereixen poques adaptacions en els vehicles existents. Això no obstant, i a causa de la limitació en l'extensió dels cultius per a la seva producció, la seva introducció en quantitats significatives suposaria la importació d'aquests biocombustibles o bé la seva producció local a partir de biomassa importada, fet que no solucionaria la qüestió de la independència o la seguretat energètica. Actualment, les plantes de producció de biocombustibles catalanes només satisfan un 0,4 % del consum energètic en el transport.

Vehicles híbrids

Els vehicles híbrids que es comercialitzen a Catalunya combinen l'ús d'un motor d'explosió convencional amb un motor elèctric, les bateries del qual es recarreguen a partir de l'energia extreta de la fricció dels frens. El motor elèctric es pot fer servir tot sol a baixes velocitats o bé com a complement de la potència del motor convencional d'explosió. Una variant dels vehicles híbrids són els anomenats *plug-in hybrids*, dissenyats perquè puguin ser connectats a la xarxa elèctrica per recarregar les bateries, o fins i tot per injectar energia a la xarxa.

Hidrogen

L'hidrogen com a vector energètic per al transport presenta nombroses dificultats tècniques, a més del fet que la seva obtenció a partir de reformar hidrocarburs no soluciona el problema de la dependència dels combustibles fòssils, de la mateixa manera que la seva obtenció mitjançant l'electròlisi té un rendiment energètic negatiu (l'energia continguda en l'hidrogen és menor que la utilitzada en el procés de l'electròlisi). A part dels problemes de producció d'hidrogen, les dificultats tècniques associades amb el seu transport i emmagatzematge, la inexistència d'infraestructura i el pobre rendiment global del procés fan que aquesta opció encara es trobi molt lluny de poder ser aplicada.

Ja s'han dut a terme algunes iniciatives, encara que de petit abast, per demostrar aquest conjunt de tecnologies. Per exemple, dins el projecte Transport Urbà Net per a Europa (CUTE), TMB va posar en circulació tres autobusos d'hidrogen a la ciutat de Barcelona. En aquest cas, cal destacar que l'hidrogen que propulsa aquests autobusos no prové del reformat del gas natural, sinó que es produeix a partir de l'electròlisi de l'aigua, fent servir energia elèctrica produïda amb plaques fotovoltaïques.

Electrificació

L'electrificació del transport, ja sigui privat o col·lectiu, té avantatges quant a les tecnologies necessàries, ja que avui en dia existeixen motors i bateries amb rendiments

acceptables, els quals, si bé no substitueixen totalment la funcionalitat d'un cotxe amb motor d'explosió, podrien constituir una alternativa raonable. El principal obstacle per a la seva implementació, a més de la inexistència d'una producció en massa d'aquests vehicles, és la càrrega addicional que suposaria en la demanda elèctrica per a usos diferents del transport, obstacle que comparteixen amb l'hidrogen, si aquest s'hagués de produir a partir de l'electròlisi de l'aigua.

5.3.2. Transport de mercaderies

Catalunya és un territori de pas molt important per al transport de mercaderies: se situa com a important eix de connexió amb Europa i amb el sud de la península, a través de l'eix viari del corredor del Mediterrani, i amb el centre peninsular amb el corredor de l'Ebre. A causa de l'activitat dels diferents sectors industrials catalans, Catalunya també és important origen i destinació de mercaderies. Amb dades de l'anàlisi del trànsit de mercaderies que fa el Pla d'infraestructures del transport de Catalunya (Generalitat de Catalunya, 2006b), es constata la gran importància del transport per carretera en aquest sector: l'any 2003, només un 3 % d'aquest es fa per ferrocarril i un 20 % per via marítima, enfront del 76 % que correspon al transport per carretera. S'ha de tenir en compte que gran part de les mercaderies que arriben per via marítima completen el seu recorregut per carretera. La Plataforma Logística del Delta (PLD), que integra el Port de Barcelona, les Zones d'Activitat Logística del Port de Barcelona (ZAL) I i ZAL II, la Zona Franca, el polígon Pedrosa i l'Aeroport del Prat va atraure l'any 2000 uns 188.942 vehicles diaris, entre vehicles pesants, lleugers i turismes. Previsions de l'Autoritat Portuària de Barcelona citades al Pla d'infraestructures del transport de Catalunya preveuen que al 2020 aquest tràfic de vehicles creixerà fins a gairebé mig milió de vehicles diaris, previsió que, si es complís, exerciria una gran pressió en l'eix viari del Llobregat fins a Castellbisbal.

Pel que fa al trànsit que travessa els Pirineus per la frontera, a més dels camions que entren a Catalunya hem d'afegir les mercaderies que, havent arribat via ferrocarril fins a la frontera continuen el seu camí per carretera. Dels 4,3 milions de tones de mercaderies que van arribar per ferrocarril fins a Catalunya per la frontera amb França, 1,9 milions de tones van continuar el seu camí per carretera mitjançant transbordaments fets a Perpinyà – Sant Carles, Ribesaltes i el Voló.

Quantitativament, i amb dades de 2005 de l'*Enquesta permanent de transport de mercaderies per carretera* (Ministeri de Foment, 2005), Catalunya és, a més, la segona comunitat autònoma, per darrere d'Andalusia, en nombre de vehicles autoritzats per al transport de mercaderies per carretera, amb 53.824 vehicles. Segons la

mateixa *Enquesta*, Catalunya també és la comunitat autònoma que més tones per quilòmetre mou cap a la resta de comunitats autònomes, amb 17.173 milions t/km, i la segona en t/km rebudes d'altres comunitats autònomes, 15.295 milions. Pel que fa al transport internacional, Catalunya lidera el rànquing de mercaderies rebudes, amb 8.052 milions t/km, i es col·loca en tercer lloc, a molt poca distància del segon, el País Valencià, en t/km expedides, 5.916 milions. Pel que fa al transport de mercaderies intern, de nou Catalunya se situa en segon lloc per darrere d'Andalusia, amb 10.038 milions de t/km.

Segons la mateixa enquesta (Ministeri de Foment, 2005), el transport de materials de construcció i minerals, tant bruts com manufacturats (sorra, grava, ciment, peces de formigó, guix, pedra tallada o en brut, maons, teules, etc), representa més de la meitat de les mercaderies transportades a Catalunya. Del mateix estudi es desprèn també que el balanç entre les importacions i les exportacions de mercaderies de Catalunya és lleugerament positiu, gairebé 1,5 milions de tones. Cal destacar que els balanços que es mostren negatius són els dels materials de construcció i minerals, important des de la resta de l'Estat 2,5 milions de tones el 2005, els de productes agrícoles i animals vius (2 milions de tones) i els de productes metal·lúrgics (0,5 milions de tones). Mentrestant, altres tipus de mercaderies presenten un balanç positiu, com ara els adobs i els productes alimentaris i els farratges (0,5 milions de tones cadascun), combustibles minerals sòlids i productes petrolers (0,4 i 1,4 milions de tones, respectivament), màquines, vehicles, objectes manufacturats i transaccions especials (1 milió de tones) i, finalment, i de manera destacada, l'exportació de productes químics, amb gairebé 4 milions de tones.

Pel que fa a l'evolució del parc de vehicles, en el període 1997-2004, i segons dades de la Direcció General de Trànsit, el creixement del nombre de camions i furgonetes a Catalunya ha estat del 29,6 %, i el 2004 va arribar a 714.600 vehicles en aquesta categoria.

Així doncs, cal destacar el caràcter estructural del gran consum de productes petrolífers destinats al sector del transport de mercaderies, que s'explica per la situació geogràfica de Catalunya, amb els seus importants ports i la seva posició clau en el trànsit que circula pel corredor del Mediterrani. També hi influeix la importància de sectors com el químic o el de la construcció, que generen un important moviment de tones en el transport per carretera, ja sigui de materials que tenen el seu origen a Catalunya (cas dels productes químics) o bé de materials que tenen la seva destinació a Catalunya (materials de construcció i recursos minerals). En un escenari continuïsta, en el qual el transport per carretera continuï sent dominant, i en absència d'un canvi en la composició dels combustibles que mouen el parc de vehicles dedicat al trans-

port per carretera, la dependència de l'ús del petroli per al transport de mercaderies continuarà creixent.

Les solucions a aquesta situació poden venir de la mà de polítiques orientades pels actuals plans europeus de gestió del transport, recollits al *Llibre blanc de la Unió Europea* sobre transport, titulat "La política europea del transport de cara al 2010: l'hora de la veritat" (Comissió Europea, 2004). Dins de les propostes fetes des de la UE, destaca, en primer lloc, el paper del ferrocarril en el transport de mercaderies, amb la recomanació de crear noves línies dedicades exclusivament a les mercaderies. Això passaria per la supressió dels colls d'ampolla, amb suport financer per a projectes ferroviaris transfronterers que creuin barreres naturals que, encara que poc rendibles, tinguin un valor afegit demostrat, com podria ser la connexió ferroviària de gran capacitat dels Pirineus. A més de la promoció del ferrocarril, també s'aconsella reforçar l'intermodalitat, amb l'èmfasi posat en les connexions marítimes i fluvials amb el ferrocarril (recollit en el Programa Marco Polo II 2007-2013).

5.3.3. Transport de passatgers

El creixement econòmic i demogràfic, les taxes d'ocupació i d'estudi i l'augment de la mobilitat intermunicipal han estat els factors principals responsables de l'augment de la mobilitat en els darrers vint anys. Segons dades del Pla d'infraestructures del transport de Catalunya, es preveu que entre el 2001 i el 2026 la mobilitat obligada creixi un 2,3 % anual, amb una taxa acumulada el final del període d'un 77 %. Fins ara, el gran beneficiari d'aquesta mobilitat ha estat el vehicle privat, que si el 1981 representava més d'un 40 % de tots els desplaçaments entre municipis per raó de treball, l'any 2001 aquest percentatge estava a prop del 70 %. Pel que fa a la mobilitat no obligada (oci, turisme), aquesta tendeix a augmentar amb els augments de la renda i del temps lliure, encara que es manté en una proporció menor: en un dia feiner, representa un 25 % del total de la mobilitat.

Dels 563 kilòmetres de la xarxa viària catalana que es troben congestionats (Generalitat de Catalunya 2006b), la major part corresponen a la Regió Metropolitana de Barcelona (RMB). En zones urbanes densament poblades com aquesta, l'alternativa recau en el transport públic, especialment en el ferrocarril, metro i tramvia.

Exceptuant el cas del tramvia, que ha tingut un gran creixement a la RMB gràcies a les línies que enllacen Barcelona i el Baix Llobregat (Trambaix) i Barcelona i Sant Adrià de Besòs (Trambesòs), el creixement a les altres modalitats encara està en fase de projecte, i sotmès a l'aplicació del Pla d'Infraestructures de Transport de Catalunya i als acords amb el Ministeri de Foment. No obstant això, el creixement en el nombre d'usuaris del transport públic, especialment en el cas de les rodalies de Renfe a l'àrea de Barcelona, en absència de creixements en les línies o en la freqüència de pas, resulta en la massificació i congestió del servei. En altres zones, ja sigui per la inexistència de vies d'alta capacitat gratuïtes o per altres motius, com la falta d'integració entre les xarxes de transport públic, manca d'infraestructures, situació orogràfica, etc., el transport privat per carretera continua creixent davant la major demanda de mobilitat intermunicipal.

El Pla d'infraestructures per al transport de Catalunya identifica algunes de les zones que pateixen un dèficit d'infraestructures del transport. Així, les comarques pirinenques amb els desplaçaments entre Vielha–Sort, Sort – la Seu, el Pont de Suert – Sort, Berga – Ripoll o Ripoll – Puigcerdà, la connexió Igualada – Manresa o Falset – les Borges Blanques són algunes de les més problemàtiques.

Una de les conseqüències del dèficit en les infraestructures del transport és que la velocitat comercial dels vehicles a Catalunya ha estat minvant els últims sis anys. La congestió és, a més dels problemes que causa a la mobilitat, un factor molt important per fer caure encara més l'eficiència del transport privat, especialment en el cas del transport de passatgers amb vehicle privat, a causa de la seva baixa ocupació habitual. A aquesta circumstància s'afegeix el fet que l'ocupació de la xarxa viària segueix un patró horari que tendeix a concentrar els desplaçaments en franges horàries molt concretes que afavoreixen la congestió.

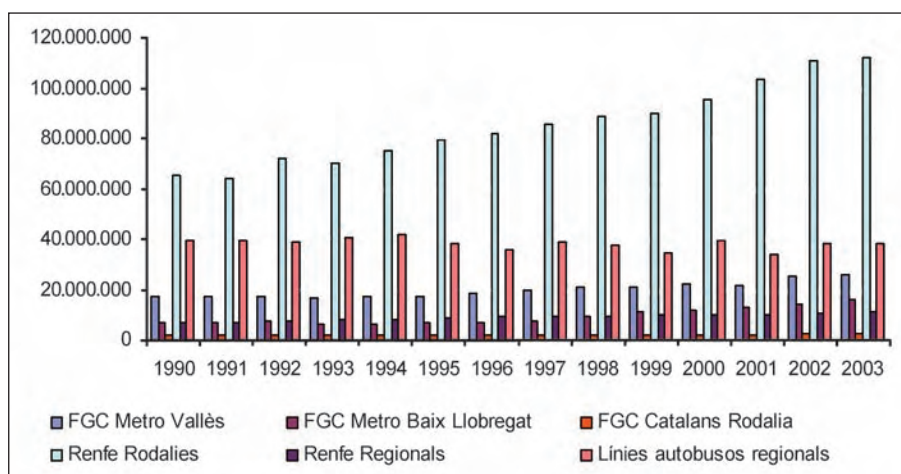


Fig. 56. Evolució del nombre de viatgers a RENFE, FGC i autobusos regulars a Catalunya (1990-2003)

Font: Departament de Política Territorial i Obres Públiques, 2004.

Pel que fa a les modalitats del transport públic per carretera, segons dades de l'Observatori del transport de viatgers per carretera (Ministeri de Foment, 2005), Catalunya avui és la tercera comunitat autònoma en nombre d'autobusos per al transport de viatgers, amb 4.597 unitats, només superada per Andalusia (4.690) i la Comunitat Autònoma de Madrid (6.795). Quant als serveis públics de transport en turismes (taxis) i lloguers de cotxes amb conductor, són aquestes mateixes comunitats autònomes les que ocupen els primers llocs: Catalunya es troba en el segon lloc, amb 10.493 autoritzacions de servei públic de transport en turismes, superada per Madrid i seguida per Andalusia. En el cas del lloguer de vehicles amb conductor l'ordre és el mateix, amb Catalunya en segon lloc amb 402 llicències.

L'evolució del parc de vehicles en el període 1990-2005, incloent-hi turismes, motocicletes i autobusos, ha estat d'un 47,8 %, 62 % i 36,1 % respectivament, amb un nombre de vehicles d'aquestes categories el 2005 de 3.181.101, 486.366 i 7.529 unitats, respectivament. En conjunt, el parc de vehicles per al transport de passatgers per carretera ha augmentat en el període esmentat en un 49,5 % (un 3,3 % anual).

En resum, en aquest sector s'observen creixements en gairebé totes les modalitats, exceptuant-ne les línies d'autobusos regionals; la mobilitat que més augmenta és la intermunicipal obligada, i allà on no hi ha les suficients infraestructures de transport públic, aquesta mobilitat és satisfeta amb el vehicle privat. Això es manifesta en l'augment del consum energètic destinat al transport, que segons les últimes dades es reparteixen aquest consum a parts iguals (Generalitat de Catalunya, 2006a). Totes les previsions, tant de caràcter autonòmic (PITC) com estatal (PEIT) apunten a importants creixements de les infraestructures de transport públic, però al mateix temps s'insisteix en el sobredimensionament de les infraestructures viàries com a part de la solució. Des del punt de vista del consum energètic, les previsions del PITC apunten que continuarà creixent a un ritme superior al d'altres sectors. Per tal de canviar aquesta tendència, alguns eixos d'actuació possibles, ja apuntats per exemple a la Llei de mobilitat,¹² fan referència a una millora de les infraestructures de transport públic, la millora de la intermodalitat, una millora de l'eficiència energètica dels vehicles i la diversificació energètica dels combustibles per al transport.

5.3.4. El sector transport davant la seguretat del subministrament de petroli

El sector del transport és especialment vulnerable a les interrupcions i les davallades del subministrament de

petroli, així com als augments de preus, com es va poder observar, per exemple, durant els xocs petrolers dels anys 1973 i 1981. Les davallades de producció i subministrament poden estar causades per l'esgotament de jaciments o províncies petrolíferes concretes, o bé ser degudes a motius geopolítics (com és el cas de l'Iraq actual) o bé poden ser estructurals i permanents, com seria el cas si la producció mundial arribés al punt de màxima extracció (cim del petroli).

L'any 2005 l'Agència Internacional de l'Energia va publicar l'informe *Saving Oil in a Hurry: Measures for Rapid Demand Restraint in Transport* (AIE 2005c), on proposava una sèrie de mesures per tal de gestionar una crisi puntual en el subministrament de petroli. L'agència va determinar que les mesures més efectives per fer disminuir el consum del petroli en el transport en cas d'una crisi puntual són les més restrictives, com les prohibicions de la circulació. Aquestes mesures, però, sovint s'han d'enfrontar a la resistència de l'opinió pública. Altres mesures, més dependents de la bona voluntat de la població, produeixen estalvis més petits, però la seva relació cost-efectivitat és molt alta, com per exemple un canvi en els horaris de treball o el teletreball. Per contra, les mesures amb costos més grans, especialment si es tracta d'infraestructures, no són rendibles a l'hora d'aconseguir estalvis en el consum de combustible.

Pel que fa als efectes sobre el transport d'un problema estructural en el subministrament, com serien els efectes del cim del petroli, un dels informes de major prestigi que han tractat aquesta qüestió és l'anomenat *Informe Hirsch* (SAIC, 2005), encarregat pel Departament d'Energia dels Estats Units. L'informe se centra en els efectes que el zenit (o cim) del petroli tindria en el subministrament de combustibles líquids derivats dels hidrocarburs per al transport. En aquest informe s'adopta una perspectiva de gestió del risc, i l'estratègia de mitigació proposada parteix de les tecnologies disponibles actualment, per la qual cosa un aspecte clau és el temps de reacció com a factor que determinarà l'èxit d'aquestes estratègies.

En aquest sentit, la conclusió a què arriba estima que faria falta avançar-se 20 anys al moment del zenit del petroli per aconseguir posar en marxa les mesures necessàries per tal que aquest no tingués cap efecte negatiu sobre la societat i l'economia. Si confrontem aquesta dada amb les diferents dates que s'han donat per al zenit del petroli (que s'explicaran detalladament a la secció 5.4) trobem que, només en els casos més optimistes, un zenit del petroli a partir de 2030, seríem a temps de gestionar l'arribada d'aquest fenomen de manera que no comportés un perjudici greu per als nostres sistemes econòmics i socials.

12. Llei 9/2003, de 13 de juny, de la mobilitat, DOGC núm. 3913 de 27/6/2003.

Una altra de les característiques d'aquest informe és la de centrar-se gairebé de manera exclusiva en mesures de subministrament, i en menor mesura en la millora d'eficiència en els vehicles o l'estalvi. Així, l'informe no preveu mesures de nova fiscalitat en el transport o de legislació sobre l'ús de l'automòbil, com ara reduccions de velocitat, prohibició de circulació en dies alterns, etc., que sí que podrien ser mesures útils per modificar els hàbits d'utilització del vehicle privat.

L'objectiu de l'informe Hirsch, doncs, és presentar mesures d'actuació sobre tecnologies per a la producció de combustibles líquids per al transport en diferents escenaris temporals, i avaluar la seva capacitat de pal·liar les dificultats que pot comportar el pic del petroli sobre el sistema de transport. L'informe Hirsch identifica diferents mesures de mitigació.

Una primera mesura és l'estalvi, producte exclusivament de l'aplicació de tecnologies existents a la flota de vehicles, com ara nous dissenys més eficients en l'ús del combustible (per exemple, una més gran generalització dels motors dièsel), o petites modificacions als motors (centraletes electròniques que desactivin un cilindre del motor quan la demanda de potència és baixa). També es poden promoure tecnologies disponibles com la dels vehicles híbrids, que combinen motors d'explosió tradicionals amb motors elèctrics.

Seguint amb altres alternatives per a la substitució del petroli en el transport, l'informe Hirsch inclou la possibilitat de fer servir la tecnologia de *Gas To Liquids* (GTL) i de *Coal To Liquids* (CTL) per produir combustibles líquids a partir de gas natural o carbó mitjançant el procés Fisher-Tropsch (F-T). Aquesta opció seria viable tècnicament avui en dia, però tant el gas natural com el carbó estan subjectes també a l'esgotament i la seva extracció també segueix un perfil semblant a la corba de Hubbert, ja que primerament s'aprofiten els jaciments més grans, de més bona qualitat i amb un retorn energètic major. En cas d'un aprofitament massiu de les reserves de gas i carbó per a la seva conversió en combustibles sintètics, s'hauria de revisar a l'alça les previsions de demanda durant les properes dècades, per tal d'acomodar el seu nou ús com a font de combustibles per al transport. I tot això en escenaris que ja preveuen un fort creixement de la demanda d'aquí al 2030: un 60,1 % per al carbó i un 68 % per al gas natural (AIE, 2006).

Els biocombustibles són una altra de les opcions proposades. En aquest sentit, la Unió Europea ja s'ha proposat uns objectius de penetració en el mercat de combustibles líquids per al transport de més d'un 5,75 % al 2010,¹³ i la

Comissió Europea ha proposat avançar més en aquest sentit establint un objectiu mínim vinculant del 10 % dels combustibles per al transport el 2020.¹⁴ Encara que teòricament sembla possible, els requeriments de terres de cultiu i la competència amb altres usos del sòl ho fan molt difícil a la pràctica (IPTS 2006), de manera que s'opta per les importacions de primeres matèries, amb els importants impactes associats que s'expliquen al capítol 2.

L'informe Hirsch també estudia les opcions de l'electrificació del transport i l'hidrogen. Ambdós comparteixen la característica que el vector elèctric o d'hidrogen necessiten d'una font primària per a ser produïts, de manera que estaríem desplaçant la càrrega de la producció d'aquests vectors a sistemes ja existents i que, si descomptem l'energia nuclear i les renovables, es recolzen majoritàriament en energies primàries d'origen fòssil. A més, en aquests casos hauríem d'afegir el cost addicional de renovació de la flota de vehicles, incloent-hi el factor temporal, i els costos en noves infraestructures (de l'hidrogen, estacions de recàrrega, construcció i reciclatge de bateries, transport, etc).

5.4. El zenit del petroli

Complementem aquest capítol amb aquest apartat que analitza en profunditat el concepte de zenit del petroli i la situació mundial de les reserves de petroli. Darrere la forta pujada experimentada en els mercats del petroli en els últims quatre anys se situen diverses incerteses que han portat de nou a l'actualitat el debat sobre el futur del petroli. A més a més de problemes amb la fiabilitat de les dades, la falta d'inversió i les restriccions en l'accés a les reserves, els aspectes purament geològics de la producció, especialment els límits en els fluxos recuperables de petroli i la seva qualitat i rendiment energètic han entrat en la discussió del futur d'aquest important recurs energètic. Totes aquestes circumstàncies, però especialment els límits geològics, afecten profundament les previsions en la disponibilitat d'aquest recurs, i per això cal fer un seguiment de les dades i les hipòtesis que envolten el fenomen del zenit del petroli.

5.4.1. Antecedents

Podem atribuir la paternitat del concepte de "zenit de producció de petroli" al geofísic nord-americà Marion King Hubbert (1903-1989). Hubbert va dedicar la primera part de la seva carrera a la investigació i la pràctica de la exploració i extracció petrolífera, a Nou Mèxic, Oklahoma i Texas, treballant amb companyies com Amerada i Shell. Va ser pioner en la utilització de tècni-

13. Directiva 2003/30/CE del Parlament Europeu i del Consell, de 8 de maig de 2003, relativa al foment de l'ús de biocarburants i altres combustibles renovables en el transport [Diari Oficial L 123 de 17.5.2003].

14. COM (2007) 1 final. Comunicació de la Comissió al Consell Europeu i al Parlament Europeu. Una política energètica per a Europa.

ques sísmiques en l'exploració. La segona part de la seva carrera la va dedicar a l'ensenyament, a les universitats de Columbia, Stanford, Califòrnia (CIT) i Massachusetts (MIT), juntament amb el seu treball al US Geological Survey. Però el que el va fer famós va ser un discurs pronunciat en una trobada del American Petroleum Institute, a San Antonio (Texas), el març de 1956. Allà va anunciar que els Estats Units arribarien al seu màxim de producció petroliera en un termini de 10 o 15 anys.

El concepte de zenit (també conegut com a *pic* o *cim* del petroli) era ben conegut pels geòlegs, geofísics i enginyers de la indústria petroliera, ja que sabien per experiència que el perfil de producció dels pous individuals està marcat per un punt màxim, a partir del qual la producció disminueix progressivament. En aquells temps de bonança petroliera, en els quals els Estats Units (EUA) eren el primer productor mundial de cru i feien servir el seu propi cartel (la Texas Railroad Commission, que més tard va servir d'inspiració per al naixement de l'OPEP), ningú no havia gosat proposar que el que era vàlid per a un pou podria ser vàlid per al conjunt de pous, jaciments, províncies petrolíferes, països i, finalment, tot el món.

En el treball presentat a l'American Petroleum Institute el mes de juny de 1956 "Nuclear energy and the fossil fuels",¹⁵ Hubbert va indicar que durant les etapes inicials en l'extracció de recursos fòssils com el carbó o el petroli, i en absència de condicionants externs, l'extracció tendeix a créixer exponencialment. Hubbert s'interrogava sobre quant més temps es podria mantenir aquesta tendència, comptant amb la premissa que, tot i que els processos geològics que havien creat aquest recurs encara continuaven en marxa, en la pràctica l'explotació dels combustibles fòssils consistiria en el progressiu esgotament d'una quantitat fixa del recurs, ja que aquest no rebria addicions significatives durant un període rellevant per a la humanitat. Hubbert va concloure que, lògicament, cap recurs finit no pot ser extret a un ritme de creixement exponencial, més enllà de breus períodes de temps, ja que existeixen límits físics que ho impedeixen. Per visualitzar les seves observacions, Hubbert va considerar que en la corba d'extracció d'un recurs finit hi ha dos punts que són coneguts: la producció és zero quan $t = 0$ i la producció torna a ser zero quan $t = \infty$ i el recurs s'ha exhaurit. És a dir, la producció ha de començar al zero, passar per un o més màxims i acabar tornant a ser zero. Hubbert va considerar també els principis del càlcul integral per acabar fent servir una derivada d'una corba logística per als seus càlculs, coneguda avui com la "corba de Hubbert":

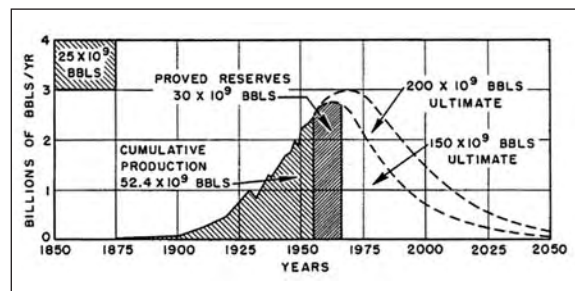


Figura 57. Corba original de Hubbert per a la producció de petroli als EUA
Font: "Nuclear energy and the fossil fuels" (Hubbert, 1956).

Malgrat el seu evident interès com a precursor del càlcul de reserves i estimacions de la producció futura, hi ha molts més factors que afecten la producció de petroli, com per exemple els factors polítics. De fet, Hubbert va calcular també quan es produiria el cim mundial de la producció de petroli (que va situar en l'any 2000), però evidentment el seu model no va poder preveure, per exemple, els dos *shocks* petrolers del 73 i el 81 (causats pels efectes de la guerra del Yom Kippur i de la revolució islàmica a l'Iran, respectivament). Els Estats Units van arribar al seu zenit de producció el 1971, tal com Hubbert havia predit, i van començar a satisfer la seva demanda amb quantitats creixents de petroli importat. Les reflexions de Hubbert van ser majoritàriament oblidades, fins que l'any 1998 dos geòlegs retirats van publicar un polèmic article que rescatava els fonaments del pensament de Hubbert (Campbell i Laherrère, 1998).

"The end of cheap oil", escrit pels geòlegs Colin Campbell i Jean Laherrère i publicat el 1998 a *Scientific American*, va tornar a posar el debat del futur del subministrament del petroli d'actualitat, almenys en cercles científics, però s'hauria d'esperar fins al 2002, moment en el qual el petroli va iniciar una nova escalada de preus, per tal que el debat sobre el zenit del petroli tornés a l'actualitat, i on arribaria fins i tot més enllà dels cercles especialitzats.

Els arguments de Campbell i Laherrère a *Scientific American*, basats en el seu coneixement sobre el terreny (ambdós són geòlegs retirats amb molta experiència en l'exploració petroliera), posaven en qüestió el "pensament convencional" que fins llavors havia predominat entre la indústria i els analistes del petroli.

En primer lloc, Campbell i Laherrère dubtaven tant de les xifres de reserves com dels conceptes amb els quals fins ara havia treballat la indústria. En el cas dels volums de reserves, aquests autors van denunciar que les xifres oficials eren producte de simples enquestes en les quals companyies i ministeris simplement declaraven les quan-

15. Disponible a <http://www.hubbertpeak.com/hubbert/1956/1956.pdf>

titats sense cap obligació de justificar-les o de presentar una auditoria independent sobre aquestes. Potser el cas més escandalós, ja denunciat en el moment de la publicació de l'article, va ser el que van protagonitzar els sis països membres de l'OPEP que més produïen, quan el 1987 van doblar les seves reserves, sense cap mena de justificació geològica (vegeu la figura 58). A aquest fet s'hi ha d'afegir que molts d'aquests països informen de quantitats de reserves invariables, malgrat la producció. Així, l'Iran, malgrat que havia produït més de 8.600 milions de barrils en el període 1986-1993, va mantenir intacta la seva xifra de reserves provades en 92.900 milions de barrils (BP, 2006). També l'Iraq va mantenir les seves reserves en 100.000 milions de barrils durant el període 1987-1995, malgrat que havia produït més de 12.000 milions de barrils (ibid).

El veritable motiu de la revisió de reserves de l'any 1988 va ser el sistema de quotes imposat per l'OPEP als seus membres, segons el qual, cada país només podria produir en proporció a les seves reserves de petroli.

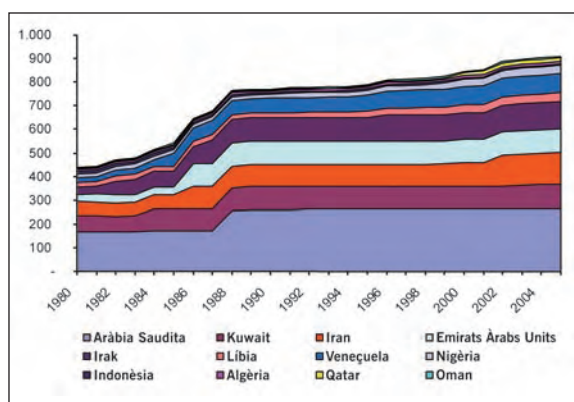


Fig. 58. Revisió i evolució de reserves provades de l'OPEP (en milers de milions de barrils).

Font: BP, 2006.

L'altre problema amb les reserves té l'origen en quina n'és la nomenclatura i com es classifiquen. Normalment, la classificació que la indústria fa servir es compon dels tipus de reserves següents:

- El que s'ha extret fins ara (*cumulative production*, o producció acumulada).
- L'estimació del que queda per produir dels jaciments coneguts (*reserves*).
 - *Reserves provades*: ja han estat descobertes i es té una raonable certesa que es podran extreure profitosament.
 - *Reserves probables*: volums que es pensa que existeixen en acumulacions ja descobertes i que s'espera que siguin comercials, però amb menys probabilitat que les reserves provades.

– *Reserves possibles*: volums en jaciments ja descoberts però que tenen menys probabilitats de ser recuperats que les reserves probables.

- Estimacions del que es podria produir dels jaciments que es descobriran en el futur (*yet-to-find*, o encara per descobrir).

El problema és que no tots els països ni totes les companyies segueixen el mateix criteri. Així, les companyies que cotitzen a Wall Street han de seguir les normes de la *Securities and Exchange Commission* (SEC), que obliga a reportar només les reserves provades. Mentrestant, altres reports no segueixen les mateixes normes, i mesclen xifres de reserves amb diferents graus d'incertesa.

Tampoc no hi ha consens respecte del total del petroli que s'espera que es pugui extreure, conceptualitzat amb el terme *ultimate recoverable resource* (URR) (recurs últim recuperable), ni podem parlar d'un sistema universal de comptabilització d'aquests conceptes. Per exemple, alguns geòlegs treballen amb un rang de probabilitats, que s'expressa com P_n , on n és el tant per cent de probabilitats que realment existeix la quantitat de reserves estimades. Així, per als seus pronòstics, la United States Geological Survey (USGS), pot classificar les reserves com a P90 o P5, depenent del grau de certesa que es té sobre l'estimació. El problema és que habitualment no es produeix aquest refinament en la publicació d'estimacions, i a les estadístiques resultants d'aquestes enquestes sense verificar o especificar acaben sumades totes juntes, tant les reserves provades com les possibles, tant les P5 com les P95, tant els petroli lleugers com els pesants o no convencionals, i tot això, sumat sense distinció, acaba en informes que després serveixen de base per a posteriors estudis. És el cas del British Petroleum Statistical Review, confeccionat a partir de dades provinents d'enquestes fetes per la publicació *Oil & Gas Journal*.

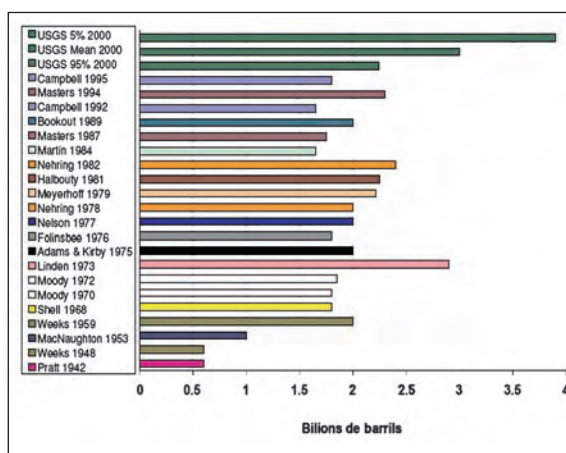


Fig. 59. Diferents estimacions per a l'URR (últim recurs recuperable) de petroli a escala mundial

Font: Energy Information Administration, 2000.

La figura 59 mostra diferents estimacions de les reserves mundials de petroli. Cal destacar que malgrat que l'USGS fa servir en els seus estudis el valor mitjà (*mean value*) de les seves estimacions, quantitat que després és assumida per altres organismes com l'EIA o l'AIE, és el valor P95, al qual s'assigna més probabilitats d'encert, el que més s'assembla a altres estimacions, considerades comunament com a *pessimistes*.

Un altre argument presentat per Campbell i Laherrère és la davallada dels descobriments. Atès que la quantitat màxima de descobriments es van produir a principis dels anys seixanta (Smil, 2003), aquests geòlegs no creuen que hi pugui haver nous descobriments significatius, i pensen que ja hem descobert el 92 % de tot el petroli recuperable. Per il·lustrar aquest punt, Campbell i Laherrère recomanen mostrar els descobriments ajustats a la data del descobriment, amb la finalitat d'expressar que a mesura que passa el temps, i malgrat els avenços tècnics, cada vegada calen més pous exploratoris (els *wildcats*), per descobrir la mateixa quantitat de petroli. Presentant les dades d'aquesta manera es pretén també desmuntar l'argument del *creixement de les reserves*, que per a Campbell i Laherrère no demostra que cada vegada podem extreure més petroli dels jaciments ja descoberts, sinó que les estimacions inicials s'han presentat de manera voluntària amb volums més modestos que els reals. Aquesta pràctica és seguida sobretot per les companyies privades, que d'aquesta manera poden assegurar-se un flux de reserves continu que els permet presentar un percentatge de reserves que sempre compensa el que s'extrau anualment.

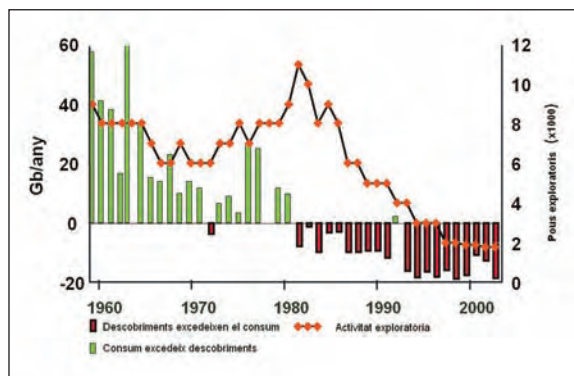


Fig. 60. Relació entre descobriments i consum de petroli
Font: Adaptat de Campbell i Zagar (2004).

5.4.2. Estat actual de la discussió

El pronunciat repunt dels preus del petroli experimentat des de l'any 2000 i la disminució de la capacitat excendentària de petroli a partir de l'any 2002 han estat en gran part responsables de la revifalla del debat del cim de la producció mundial de petroli. El cim del petroli ha ocupat portades d'importantes revistes (*National Geographic*, 2004¹⁶), editorials de grans diaris (*New York Times*, 2004 i 2006¹⁷), programes especials a la televisió (CNN, 2006) i diversos documentals (Green i Silverthorn, 2004; Sunset Presse, 2005), a més de gran quantitat de llibres, tant tècnics com dedicats al gran públic (Smil, 2003; Heinberg 2003 i 2004; Deffeyes, 2003 i 2005; Campbell, 2004; Kunstler, 2005; Roberts, 2005; Simmons, 2005; Goodstein, 2005; Tertzakian, 2006). La divisió entre pessimistes i optimistes s'ha tornat a repetir, amb un major ressò mediàtic.

Cal destacar l'actitud, ben diferent, de dues companyies de petroli nord-americanes. D'una banda, Chevron ha posat en marxa una campanya anomenada "Will You Join Us?"¹⁸ ("T' uneixes a nosaltres?"), en la qual manifesta clarament que "l'era del petroli fàcil s'ha acabat" i proposa un debat obert amb els ciutadans sobre els reptes energètics. Al mateix temps, ExxonMobil va pagar un anunci¹⁹ a plana sencera al *New York Times* en què s'afirmava que "contràriament al que diu la teoria, la producció de petroli no mostra signes d'haver arribat al zenit". L'anunci va ser publicat el dia següent de la publicació d'un editorial sobre el zenit del petroli (*New York Times*, 2006).

Amb una mirada més atenta, la distinció entre pessimistes i optimistes ens presenta un panorama més complex. En primer lloc, ningú no nega el fenomen del zenit del petroli, fins i tot els més optimistes, com l'Energy Information Administration mostren gràfiques on la producció de petroli arriba a un màxim i després decau.

El debat actual se centra, d'una banda, en la data del cim de la producció de petroli mundial, i de l'altra, en els seus efectes. Tant l'Energy Information Administration com l'Agència Internacional de l'Energia, per citar les dues institucions que publiquen els pronòstics energètics amb més referències i que serveixen de model per als governs dels països industrialitzats, fan servir com a base l'estudi publicat pel servei geològic dels EUA (USGS, 2000). Aquest estudi pronostica un cim del petroli l'any 2021 (figura 61) i per tant podem qualificar-los com a "proponents d'un zenit tardà".

16. *National Geographic* (2004). El fin del petróleo barato.

17. *The Oil Crisis*. Paul Krugman (2004); *The End Of Oil*. Semple Jr R. B (2006).

18. <http://www.willyoujoinus.com/>.

19. http://www.exxonmobil.com/Corporate/Files/Corporate/OpEd_peakoil.pdf.

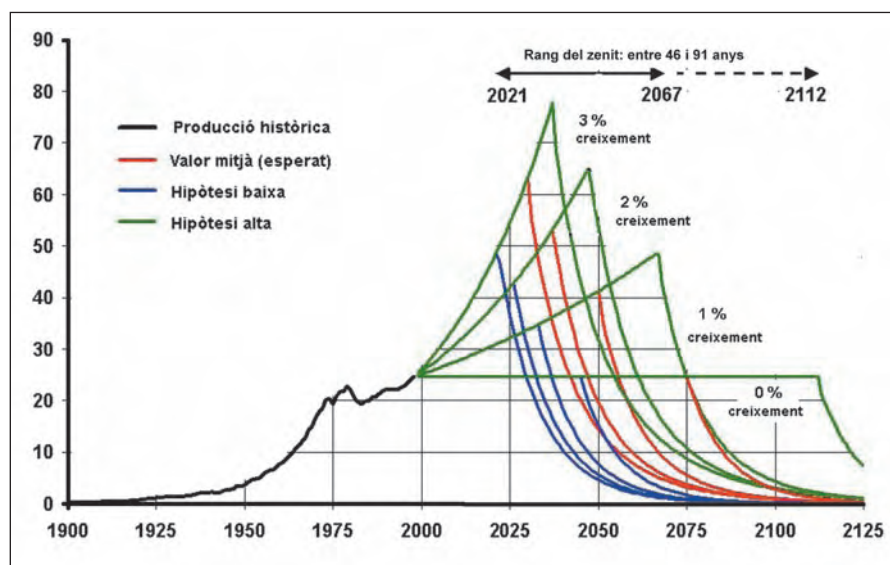


Fig. 61. Diferents escenaris de producció anual de petroli segons l'EIA, en milers de milions de barrils anuals.

Font: Elaboració pròpia a partir d'Energy Information Administration, 2000.

És important destacar que un dels arguments del camp *pessimista* és que per al futur de la producció petroliera és molt més rellevant la capacitat de producció que les reserves. Aquest argument es basa en les diferents qualitats del petroli, com ara la seva viscositat o el seu contingut en sofre i en les dificultats de producció dels petroli no convencionals i dels petroli que es troben en aigües profundes i ultraprofundes o a les zones polars. Com que al principi de l'exploració petroliera es troben en primer lloc els jaciments més grans i es tendeix a explotar primer els petroli de més bona qualitat (Campbell 2003), en absència de nous descobriments la tendència és que l'extracció de petroli que queda és progressivament més difícil i, per tant, més cara, i la seva taxa de retorn energètic és menor. Com que la tendència és que cada vegada s'inclouin més petroli pesants i altres tipus de petroli no convencionals al conjunt de reserves amb les quals es compta per satisfer el consum previst, juntament amb el desenvolupament dels camps existents, les anàlisis més conservadores posen l'accent en el fet que per satisfer la

demanda prevista no només cal que les reserves existin, sinó que a més aquestes es puguin extreure al ritme necessari i a uns costos raonables. Per tant, és la qualitat de les reserves, entesa com la qualitat del petroli més la seva accessibilitat, la que determinarà els nivells de producció probables.

El millor exemple que el volum de les reserves no té relació amb el seu ritme d'extracció és el de les sorres asfàltiques del Canadà. Aquestes reserves provades de petroli no convencional, malgrat que són abundants (179.000 milions

de barrils), no es preveu que puguin aportar més de cinc milions de barrils diaris (mbd) el 2015 segons l'AIE (AIE, 2006), mentre que altres no esperen que s'arribi a aquest nivell de producció fins al 2030 (Alekkett *et al.* 2006). Des del 2005, quan la publicació *Oil & Gas Journal* va decidir que les sorres asfàltiques canadenques s'afegirien a les reserves provades convencionals a les seves estadístiques, el Canadà ostenta el segon lloc mundial en reserves provades. Però si ho comparem amb el primer classificat, es pot veure clarament per què una gran quantitat de reserves no ens assegura un nivell d'extracció proporcional a aquestes:

- L'Àrab Saudita, amb 267.000 milions de barrils en reserves provades, té una capacitat de producció de 9,5 mbd que, segons les previsions més conservadores, podria mantenir durant vint anys més (ASPO, 2006).
- El Canadà, amb 179.000 milions de barrils en reserves provades, té una capacitat de producció de gairebé 1 mbd (CAPP, 2005), amb un horitzó màxim de producció de 5 mbd el 2015 o el 2030, segons les fonts.

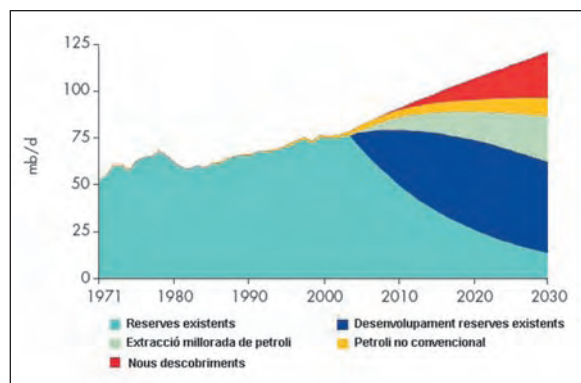


Fig. 62. Producció de petroli fins al 2030, per fonts

Font: AIE, 2004.

Així, l'Agència Internacional de l'Energia (AIE, 2004) afirmava al sumari del *World Energy Outlook 2004* que "la producció de petroli convencional no arribarà al cim abans del 2030 si es fan les inversions necessàries". En el capítol 3 del mateix informe, especifica que si l'URR (el total de recursos que es podran extreure) estimat per aquesta previsió resulta massa alt (es refereix a una estimació posterior a l'USGS 2000 del *mean value* de l'URR de 2.626 milers de milions de barrils), el cim podria arribar el 2015 o abans. Això demostra que, segons les estimacions de l'URR que s'utilitzin, un pot caure ràpidament en el camp dels *pessimistes*.

Més endavant, en un altre informe, l'Agència Internacional de l'Energia (AIE, 2005a) va abordar la qüestió d'una manera molt més clara, fins i tot fent referència a les previsions completes fetes per Hubbert respecte a la producció de petroli als Estats Units. De nou, el mateix missatge es repetia, matisant que per evitar un cim del petroli abans del 2030, farà falta la introducció d'avenços tecnològics i la inversió de fins a 5 bilions de dòlars d'aquí al 2030. La combinació d'inversió i tecnologia serviria per augmentar la recuperació en els jaciments coneguts, accedir a altres de situats en territoris *frontera*, com ara les aigües ultraprofundes o l'Àrtic i l'Antàrtic, i aprofitar els dipòsits de petroli no convencionals, com ara les sorres asfàltiques canadenques o els petrolis pesants de la franja de l'Orinoco a Veneçuela.

L'any 2005, l'AIE va publicar "*Saving Oil in a Hurry: Measures for Rapid Demand Restraint in Transport*" (AIE, 2005c), en què, en plena crisi de preus del petroli, oferia als membres de l'OCDE consells per superar interrupcions puntuals en el subministrament de petroli. Malgrat que no era específicament un informe sobre el cim de la producció de petroli, els casos plantejats (la crisi del petroli dels setanta, les protestes a les benzineres a la Gran Bretanya el 2000 o el tancament de l'única refineria de petroli a Austràlia al 1981) i les solucions temporals ofertes (prohibicions de circulació, compartir el cotxe, reducció del límit de velocitat, etc.) van ser aprofitades pels defensors d'un cim del petroli proper per remarcar el canvi d'actitud de l'AIE (ASPO, 2005a i 2005b).

Finalment, en la darrera edició del *World Energy Outlook* (AIE, 2006), es rebaixa la xifra d'inversions necessàries per evitar un cim del petroli abans del 2030 fins als 4,2 bilions de dòlars, i es determina un cim parcial per al petroli que prové de fora de l'OPEP, per al 2015. A diferència de l'anterior *World Energy Outlook* (AIE, 2004), però, l'agència inclou un escenari en el qual les inversions necessàries no es duen a terme (s'afirma que "estem molt lluny de poder assegurar que aquesta inversió es produirà", pàgina 85), afectant el creixement de la producció OPEP, fent pujar significativament els preus, i afectant el creixement econòmic, que, de retruc, faria disminuir la demanda energètica.

En resum, la qüestió del zenit del petroli es podria reduir al fet que serien el petroli no convencional, juntament amb la producció de combustibles alternatius i el petroli de territoris frontera, els encarregats d'endarrerir la data del pic de producció del petroli mundial. Els problemes d'accessibilitat a les reserves, tant des del punt de vista operatiu (àrtic, aigües profundes), com dels mercats (el 84 % de les reserves mundials estan en mans de companyies nacionals que sovint no permeten l'accés a les seves reserves per part de les companyies privades inter-

nacionals –Marzo, 2005–), i la mateixa natura dels petrolis no convencionals (amb fluxos de menor volum i menys retorn de l'energia invertida) són els principals obstacles perquè la visió optimista del pic del petroli es faci realitat. Si a aquest fet hi afegim els problemes de *superfície* derivats del fet que el 62 % de les reserves mundials estan situades a l'Àfrica Occidental i a l'Orient Mitjà i que les inversions necessàries per fer que totes aquestes reserves es converteixin en fluxos que arribin al mercats no estan assegurades (AIE 2006), el panorama resultant exigeix mesures preventives i una planificació suficient davant d'un decada certament incertes pel que fa a la seguretat del subministrament de petroli i el seu nivell de preus.

5.5. Conclusions

De les dades presentades en aquest capítol és fàcil deduir l'absoluta dependència que l'economia catalana presenta respecte del petroli importat en sectors destacables com són la indústria química, la del ciment i el transport. Aquesta és una circumstància que es pot generalitzar al món en el seu conjunt, ja que aquestes indústries, especialment la química i el sector transport, depenen de manera gairebé absoluta del petroli (AIE, 2004).

La sostenibilitat d'aquests sectors, a causa de la forta pujada de preus en els últims anys, i vistes les incerteses que es projecten sobre el futur del subministrament del petroli, o sobre els límits del seu consum i d'altres combustibles fòssils responsables de l'emissió de gasos amb efecte d'hivernacle, han estat freqüentment objecte de discussió i estudi.

En el sistema energètic actual, que ja s'anuncia com a *insostenible* i vulnerable a la manca d'inversió, a la catàstrofe ecològica o a les interrupcions sobtades (AIE, 2006), noves demandes en alguns dels seus subsistemes es presenten, com a mínim, de dubtosa viabilitat. Si més no, l'informe Hirsch (SAIC, 2005) confirma que no comptem amb cap solució que ens permeti una substitució no traumàtica del petroli en cas d'arribar al pic del petroli amb temps insuficient per reaccionar amb un programa de substitució.

Pel que fa a la indústria química, ja hi ha la consciència que el seu futur està definitivament lligat a l'ecoeficiència i a l'ús de matèries primeres alternatives al petroli, com ara la biomassa (encara que també el carbó), i el desenvolupament de tècniques com la nanotecnologia i la biotecnologia (SUSCHEM, 2005; PTE-Química Sostenible, 2006; i NRC, 2006). Aquesta indústria, però, es planteja el 2025 com l'horitzó a partir del qual començarà a produir-se una transició en la qual es deixaran de banda els combustibles fòssils i començarà a ser crític l'accés a

fonts alternatives de combustibles i matèries primeres fòssils (NRC, 2006).

Mentrestant, la indústria química continuarà sent vulnerable davant l'encariment del petroli, no només per la pujada en els costos, sinó també pel procés de deslocalització d'algunes indústries que s'estan movent cap a països on les matèries primeres com el petroli o el gas natural són molt més barates i que, a més, estan més a prop dels mercats amb més empenta (DIUE, 2006).

En resum, no es poden esperar canvis profunds en l'estructura del transport o la indústria química pel que fa a la seva dependència del petroli abans de 20 anys. També s'ha de tenir en compte que, de fet, canvis en la manera com satisfem les necessitats de mobilitat, per exemple, amb una menor dependència del petroli, podrien beneficiar la indústria química, alleugerint la càrrega que sobre els preus del petroli exerceix la creixent demanda de petroli per al transport. Tant el transport com l'activitat industrial en un sector tan important per la seva àmplia gama de productes com és el químic depenen del creixement econòmic, de manera que la marxa d'aquests també està lligada al desenvolupament de l'economia mundial.

Tant en un cas com en l'altre, una arribada en un futur proper al pic de producció mundial de petroli (abans del 2015) podria donar com a resultat greus disrupcions, tant pels efectes directes sobre aquests sectors, com ara la pujada de preus de les matèries primeres (petroli, i per extensió, gas natural), com pels efectes indirectes mitjançant l'afectació de l'economia.

Atès que no es pot descartar que la producció mundial de petroli arribi a un pic abans del 2015 o bé que es produeixi un nou xoc petroler per motius geopolítics, atesa la creixent inestabilitat a l'Orient Mitjà, cal concloure que el model de transport català i el seu sector químic estan sotmesos a gran riscs en els propers anys, i que difícilment aquests riscs es podran neutralitzar a temps, en cas que s'esdevingui una crisi de subministrament. Les possibles solucions per part del subministrament necessiten temps per aplicar-se, com a mínim vint anys i, en tot cas, si es preveu un pic l'any 2030, que és una estimació *optimista*, no hauríem de trigar gaire a començar a planificar aquesta transició energètica. Per tant, la consecució d'una independència energètica del petroli no sembla a l'abast de la nostra economia durant les properes dècades. Com a màxim, podrem gestionar la nostra dependència amb les mesures ja disponibles. A més a més, atesa l'ínfima capacitat productora del país i la inestabilitat dels mercats internacionals del petroli, afectats per una gran volatilitat en els últims anys, l'opció més segura sembla incidir en les polítiques domèstiques des-

tinades a reduir la demanda de petroli per al transport, en primer lloc, i a impulsar una acceleració dels canvis que la mateixa indústria química ja preveu per a l'horitzó del 2025.

Així, aquests objectius per a la política domèstica es podrien traduir en diverses mesures:

- Increment de l'eficiència energètica: millora dels estàndards d'eficiència dels vehicles, elevació del nivell impositiu dels carburants amb resultat d'una transferència de fons per a la recerca i el finançament de models de mobilitat sostenible.
- Augment de les fonts de combustibles alternatius: encara que la producció de biocombustibles està creixent de manera espectacular (més d'un 600 % de l'any 2002 al 2003 a Catalunya, per exemple), hi ha límits quant a la proporció del total de combustible consumit que podrà ser abastida amb aquests biocombustibles, a banda dels impactes lligats també a la producció de biocombustibles, que no són menyspreables. Les directrius de la Unió Europea estableixen que l'any 2010 un 5,75 % de tota la gasolina i el gasoil s'ha de substituir amb biocombustibles (i un 10 % el 2020, segons proposa la Comissió²⁰), però això, que teòricament és possible, s'ha d'enfrontar a límits importants, com són la disponibilitat de terres de cultiu suficients. En tot cas, s'han d'estudiar la producció i el consum de biocombustibles amb criteris de sostenibilitat i prevalent la producció local per al consum local, lluny del model industrial actual, que depèn de les importacions de biomassa.
- Millora de la seguretat i l'eficiència de la infraestructura energètica: augmentar la capacitat de les reserves estratègiques de petroli a l'Estat espanyol, actualment de 90 dies per a gasolines, destil·lats mitjans (querosens i gasolis) i fueloils. Cal esmentar el dèficit de refinat de gasoil, que ens obliga a importar molt dièsel refinat mentre que al mateix temps exportem un petit volum de benzina (el 2005 es van importar 13,2 milions de tones de gasoil mentre que es van exportar 2,8 milions de tones de benzina).
- Mobilitat: ateses les creixents necessitats de transport de la societat i el continuisme del model basat en el vehicle privat, especialment pel que fa a la mobilitat intermunicipal, que és la que més ha crescut en els últims anys, cal fer una aposta decidida per un nou model de mobilitat, basat en una reducció de les necessitats de mobilitat satisfetes pel vehicle privat. Aquesta acció comportaria també una revisió dels plans d'infraestructures per adaptar-los a models menys dependents del vehicle privat. Així, l'actual PEIT 2005–2020 col·locaria l'Estat espanyol com l'estat amb major nombre de quilòmetres d'autopistes i autovies d'Euro-

20. COM (2007) 1 final. Comunicació de la Comissió al Consell Europeu i al Parlament Europeu. Una política energètica per a Europa.

- pa el 2020 (Bermejo, 2005). Aquest pla d'infraestructures resulta inadequat tant en el supòsit d'un pic del petroli tardà (perquè perpetua un model de mobilitat caduc) com en el d'un pic del petroli primerenc (perquè resultaria en un excés d'oferta davant una davallada del consum de petroli).
- Polítiques de lluita contra el canvi climàtic: en general, totes les polítiques destinades a combatre el canvi climàtic són al mateix temps complementàries a altres polítiques de gestió de la demanda, per això cal reforçar les mesures destinades a reduir les emissions de gasos contaminants amb els arguments de la seguretat energètica.

Finalment, i atenent el missatge de l'Agència Internacional de l'Energia, hi ha la sensació que en el món energètic general i en el del petroli en particular el futur no sembla gaire desitjable (brut, insegur, car) llevat que hi hagi una profunda remodelació del nostre sistema energètic, especialment pel que fa al transport, que és el sector que presenta globalment una major dependència del petroli. Si reconeixem, però, la importància del transport a l'economia i el funcionament de les nostres societats, els reptes que representen les incerteses del futur del subministrament del petroli aconsellen l'estudi urgent de nous models socioeconòmics que tinguin com a prioritat la disminució de la intensitat energètica i la reducció, en termes absoluts, del consum energètic. Les resistències a aquests canvis, impulsades principalment per la por al fet que a curt termini tinguin un efecte negatiu en l'economia, hauran de ser contrastades amb els potencialment desastrosos efectes d'una arribada al zenit de la producció mundial de petroli primerenc. Juntament amb els arguments del canvi climàtic, la més que possible crisi energètica, amb el petroli com a protagonista, hauria de guiar un conjunt de polítiques transversals que ens portin cap a una Catalunya molt més eficient energèticament i que sigui capaç d'orientar el seu model socioeconòmic cap a models autènticament sostenibles, que inverteixin la tendència continuada i creixent de dependència dels fluxos de recursos materials i energètics provinents de l'exterior.

Referències

AEQT - ASSOCIACIÓ EMPRESES QUÍMIQUES DE TARRAGONA [en línia].
http://www.aeqt.com/index.php?tipo=pagina_cat_07_02#c [Consulta 9.11.2006]

AIE (2004). *World Energy Outlook 2004*. París: Agència Internacional de l'Energia.

AIE (2005a). *Resources to Reserves: Oil & Gas Technologies for the Energy Markets of the Future*. París: Agència Internacional de l'Energia.

AIE (2005b). *World Energy Outlook 2005, Middle East and North Africa Highlights*. París: Agència Internacional de l'Energia.

AIE (2005c). *Saving Oil in a Hurry: Measures for Rapid Demand Restraint in Transport*. París: Agència Internacional de l'Energia.

AIE (2006). *World Energy Outlook 2005*. París: Agència Internacional de l'Energia.

ALEKLETT et al (2006). *A Crash Program Scenario for the Canadian Oil Sands Industry*. Uppsala Hydrocarbon Depletion Study Group.

ANFAC (2007). *Estadísticas del parque de automóviles* [en línia]. <http://www.anfac.es/> [consultada el 19/12/2006].

ASPO (2005a). *The IEA Changes its Tune*. ASPO Newsletter 52. Item 522. Association for the Study of Peak Oil.

ASPO (2005b). *The New Posture of the International Energy Agency*. ASPO Newsletter 53. Item 535. Association for the Study of Peak Oil,

ASPO (2006). *Saudi Arabia Country Analysis (revision)*. ASPO Newsletter 66. Item 715. Association for the Study of Peak Oil.

BERMEJO, (2006). *Análisis socioeconómico del PEIT 2005-2020*.

BP (2006). *British Petroleum Statistical Review 2006*. British Petroleum. Juny de 2006.

CAMPBELL; LAHERRÈRE (1998). "The End of Cheap Oil". *Scientific American*. Març de 1998.

CAMPBELL; ZAGAR (2004). *The Iron Grip of Depletion*. Texas Offshore Technical Conference.

CAMPBELL, C. (2003). *The Essence of Oil and Gas Depletion*. Multi-Science Publishing Co. Ltd.

CAMPBELL, C. (2004). *The Coming Oil Crisis*. Multi-Science Publishing Co. Ltd.

CANADIAN ASSOCIATION OF PETROLEUM PRODUCERS (2005). *Canadian Crude Oil Production and Supply Forecast 2006-2020*.

- CEMBUREAU (1997). *Alternative Fuels in Cement Manufacture*. The European Cement Association. Abril de 1997.
- CIMENT CATALÀ (2006). Estadístiques [en línia] <http://www.ciment-catala.org/home.htm> [Consulta del 02/03/2007]
- CNN (2006). *We Were Warned: Tomorrow's Oil Crisis*.
- COMISIÓN NACIONAL DE LA ENERGÍA (2003). *Cronología del Sector Petrolero Español*.
- CORES (199-2005). *Boletín Estadístico de Hidrocarburos*. Corporación de Reservas Estratégicas. Madrid: Ministeri d'Indústria, Comerç i Turisme.
- DEFFEYES, K.S. (2003). *Hubbert's Peak: The Impending World Oil Shortage*. Princeton University Press.
- DEFFEYES, K.S. (2005). *Beyond Oil: The View from Hubbert's Peak*. Hill and Wang.
- DEPARTAMENT D'INNOVACIÓ, UNIVERSITATS I EMPRESA (2006). *Informe anual sobre la indústria a Catalunya 2005*. Generalitat de Catalunya.
- DEPARTAMENT DE MEDI AMBIENT (2001). *Les Millors Tècniques Disponibles Aplicables a la Indústria del Ciment. (Documents de referència sobre les millors tècniques disponibles a la indústria; 1)*. Barcelona: Generalitat de Catalunya, Departament de Medi Ambient. Novembre de 2001
- DEPARTAMENT DE POLÍTICA TERRITORIAL I OBRES PÚBLIQUES (2004). *Informe Anual i Estadístiques dels Transports a Catalunya 2003*. Barcelona: Generalitat de Catalunya, Departament de Política Territorial i Obres Públiques, Direcció General de Ports i Transports (octubre de 2004).
- DIRECCIÓN GENERAL DE TRÁFICO (2006). *Estadísticas anuales DGT. Parque Nacional de Vehículos*.
- ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION (2000). *Long Term World Oil Supply*.
- EUROSTAT (2002). *Energy and environment indicators data 1985-2000* (pàgina 15).
- FEDERACIÓN EMPRESARIAL DE LA INDUSTRIA QUÍMICA ESPAÑOLA (2007). *Radiografía del sector químico español 2007*.
- GENERALITAT DE CATALUNYA (2006a). *Pla de l'energia de Catalunya 2006-2015. Pla estratègic*. Barcelona: Generalitat de Catalunya. Departament de Treball i Indústria. Juny de 2006.
- GENERALITAT DE CATALUNYA (2006b). *Pla d'infraestructures del transport de Catalunya*. Barcelona: Generalitat de Catalunya. Departament de Política Territorial i Obres Públiques. Juliol de 2006.
- GOODSTEIN, D. (2005). *Out of Gas: The End of the Age Of Oil*. W. W. Norton & Company.
- GREEN, G.; SILVERTHORN, B. (2005). *The End of Suburbia*.
- HEINBERG, R. (2003). *The Party is Over*. New Society Publishers.
- HEINBERG, R. (2004). *Powerdown: Options and Actions for a Post-Carbon World*. New Society Publishers.
- HERNÁNDEZ, J.M.; FONTRODONA, J.; PEZZI, A. (2005). *Mapa dels sistemes productius locals industrials a Catalunya*. Barcelona: Generalitat de Catalunya. Departament de Treball i Indústria, Secretaria d'Indústria i Energia. (Papers d'economia industrial, 21, maig de 2005).
- HUBBERT (1956). *Nuclear energy and the fossil fuels*. Publication no. 95. Shell development company. Exploration and production research division. Juny de 1956.
- ICAEN (2006). *Balanços d'Energia Primària 1990-2005*. Institut Català de l'Energia, (mimeo).
- ICAEN (2007). Diversificació de combustibles – Gas natural. [En línia] <http://www.icaen.net/index.jsp?idsub=91&type=1&opt=listado&opt2=ver&idmenu=24&idcat=59&idnot=44&nomcat=Transport&nomsu= Diversificaci%F3> [Consulta del 15/12/2006]
- ICAEN (2000-2005). *Butlletí de conjuntura energètica a Catalunya*. Barcelona: Generalitat de Catalunya, Departament de Treball i Indústria, Institut Català de l'Energia.
- IDESCAT (2006). *Anuari estadístic de Catalunya 2006*. (Capítol: Indústria, R+D i energia).
- IPTS (2006). *Necesidades de suelo para cumplir los objetivos de las políticas de energías renovables en la Unión Europea*. Institute for Prospective Technological Studies.
- KUNSTLER, J.M. (2005). *The Long Emergency: Surviving the Converging Catastrophes of the Twenty-First Century*. Atlantic Monthly Press.

MARZO, M. (2006). "Es sostenible nuestro actual estilo de vida? ¿Tenemos la energía asegurada?". *Cicle de conferències CosmoCaixa "Física y sociedad"*. (Abril de 2006).

MINISTERI D'ECONOMIA (2003). *Estrategia de ahorro y eficiencia energética en España 2004 – 2012. Sector transporte*.

MINISTERI D'INDÚSTRIA, COMERÇ I TURISME (2006). *La energía en Espanya 2005*.

MINISTERI DE FOMENT (2005). *Encuesta permanente de transporte de mercancías por carretera 2005*.

MINISTERI DE FOMENT (2006). *Observatorio del transporte de viajeros por carretera 2006*.

NRC (2006). *Sustainability in the Chemical Industry*. Committee on Grand Challenges for Sustainability in the Chemical Industry. Board on Chemical Sciences and Technology National Research Council of the National Academies. 2006.

OFICEMEN (2007a). *Memoria anual 2005*. [en línea]: <http://www.oficemen.com/eventos/verinformes.php?ver=30> [Consulta 2.3.2007]

OFICEMEN (2007b). *Cemento y energía* [en línea]: <http://www.oficemen.com/eventos/verinformes.php?ver=30> [Consulta 2.3.2007]

OFICEMEN (2007c). *Combustibles alternativos*. [en línea]: <http://www.oficemen.com/eventos/verinformes.php?ver=30> [Consulta 2.3.2007]

PTE-QUÍMICA SOSTENIBLE (2006). *Logros y Retos de la Plataforma Tecnológica de Química Sostenible*. Plataforma Tecnológica Española de Química Sostenible. Juliol 2005.

ROBERTS, P. (2005). *El fin del petróleo*. Barcelona: Ediciones B.

SAIC (2005). *Peaking of World Oil Production: Impacts, Mitigation, & Risk Management*. Science Applications International Corporation. Febrer 2005.

SIGRAUTO (2005). *Memoria 2005*.

SIMMONS, M. R. (2005). *Twilight in the Desert: The Coming Saudi Oil Shock and the World Economy*. Nova York: Wiley.

SMIL, V. (2003). *Energy at the Crossroads: Global Perspectives and Uncertainties*. The MIT Press.

SUNSET PRESSE (2005). *Un baril à hauts risques*.

SUSCHEM (2005). *The vision for 2025 and beyond*. European Technology Platform for Sustainable Chemistry, febrer de 2005.

TERTZAKIAN, P. (2006). *A Thousand Barrels a Second: The Coming Oil Break Point and the Challenges Facing an Energy Dependent World*. McGraw-Hill.

UNIÓ EUROPEA (2004). *Libro blanco - La política europea de transportes de cara al 2010: la hora de la verdad*.

US GEOLOGICAL SURVEY (2000). *World Petroleum Assessment, 2000*, Digital Data Series 60.

VILADECANS, E.; JOFRE, J. (2006). *La localització geogràfica de la indústria a Catalunya: El paper de les economies d'aglomeració*. Generalitat de Catalunya, Departament de Treball i Indústria. (Papers d'economia industrial, 22, febrer de 2006).

6. Emissions de gasos amb efecte d'hivernacle derivades del consum d'energia

Vicent Alcàntara, Emilo Padilla i Jordi Roca Jusmet

Vicent Alcàntara és economista i professor titular del Departament d'Economia aplicada de la UAB. Investigador adscrit a l'Institut de Ciència i Tecnologia Ambiental (ICTA) de la UAB. Expert en Taules *Input-Output* monetàries i físiques, en la relació entre economia i energia i emissions de CO₂, així com en indicadors biofísics de sostenibilitat, té diverses publicacions a revistes internacionals sobre el consum d'energia i les emissions de CO₂ associades, tant a Espanya com al món.

A/e: Vicent.Alcantara@uab.cat

Jordi Roca Jusmet és doctor en economia i catedràtic en el Departament de Teoria Econòmica de la Universitat de Barcelona. Especialitzat en economia ecològica, ha fet diversos treballs sobre energia, emissions de gasos amb efecte d'hivernacle, comptabilitat econòmica i ambiental i fiscalitat ambiental. Entre les seves publicacions destaca el llibre *Economía ecológica y política ambiental* (amb Joan Martínez Alier), publicat pel Fondo de Cultura Económica, l'informe *Experiències autonòmiques de fiscalitat ambiental i propostes per a Catalunya* (amb Ignasi Puig i Enric Tello; Departament de Medi Ambient i Habitatge de la Generalitat de Catalunya, 2005) i la seva contribució a *El final de la era del petróleo barato* (coordinat per Joaquím Sempere i Enric Tello, editorial Icaria, 2008). Ha publicat nombrosos articles en altres llibres col·lectius i revistes (*Ecological Economics*, *Energy Economics*, *Energy Policy*, *Environmental and Resource Economics*, *Ecología Política*,...).

A/e: jordiroca@ub.edu

Emilio Padilla és economista i professor titular d'Economia Aplicada a la UAB, especialitzat en economia ecològica, fiscalitat ambiental, equitat, canvi climàtic i economia de l'energia. Té diverses publicacions a revistes internacionals sobre el consum d'energia a Espanya i les emissions de CO₂ associades, així com sobre fiscalitat ambiental.

A/e: Emilio.Padilla@uab.cat

Capítol 6. Emissions de gasos amb efecte d'hivernacle derivades del consum d'energia

- 6.1. Introducció
- 6.2. Evolució de les emissions de CO₂ a Catalunya i els seus principals factors explicatius
- 6.3. La importància dels diferents processos emissors a Catalunya i comparació amb el conjunt de l'Estat
- 6.4. Evolució de les emissions de CO₂ vinculades al consum d'energia per a usos energètics
- 6.5. Una perspectiva general de les emissions totals de CO₂ vinculades al consum d'energia
 - 6.5.1. Les fonts d'emissió i el seu comportament
 - 6.5.2. Els canvis operats en els sectors econòmics
- 6.6. Efectes explicatius de l'evolució de les emissions de CO₂ vinculades a l'ús d'energia: metodologia, aplicació i resultats
 - 6.6.1. Metodologia
 - 6.6.2. Aplicació i resultats
- 6.7. Conclusions

6.1. Introducció

En aquest capítol s'examina l'evolució de les emissions de CO₂ per al període 1990 a 2005. Fins ara l'estudi ha tractat sobre l'energia sense considerar els impactes que en provoca l'ús. En aquest capítol ens centrarem en una de les pressions ambientals més importants lligades al consum d'energia: les emissions de CO₂, el més important dels gasos amb efecte d'hivernacle.

L'augment de les concentracions de CO₂ a l'atmosfera causat per l'activitat humana és el factor principal responsable de la intensificació de l'efecte hivernacle i del canvi climàtic resultant.¹ El principal factor explicatiu de l'augment de les concentracions de gasos amb efecte d'hivernacle a l'atmosfera és l'ús massiu de combustibles fòssils que va acompanyar –i acompanya– els processos d'industrialització i l'expansió del transport per carretera. Tot i que el problema del canvi climàtic s'ha convertit actualment en un dels problemes ambientals que genera més preocupació a escala global, no sembla que les mesures adoptades per afrontar-lo hagin estat ni de lluny gaire efectives per mitigar les emissions que el causen i reduir les concentracions atmosfèriques dels gasos amb efecte d'hivernacle.

Fins ara el resultat més visible d'aquesta preocupació va ser el compromís de control d'emissions establert al Protocol de Kyoto l'any 1997 que, tot i la moderació de les seves propostes, no ha estat ratificat encara pels Estats Units, el país que emet més gasos amb efecte d'hivernacle. Per a la Unió Europea el compromís implicava una reducció d'emissions del 8 %. En el cas espanyol, aquest compromís es va traduir a limitar el creixement de les emissions en el període 2008-2012 en un 15 % respecte de les de 1990. Això no obstant, la Unió Europea es planteja actualment unes reduccions superiors, fins a arribar, com a mínim, al 20 % de reducció l'any 2020, segons va aprovar al febrer el Consell de Medi Ambient de la Unió Europea. Això, a l'espera que s'acabi de traduir en diferents compromisos per a cada país membre, haurà de significar majors esforços per reduir les emissions en els propers anys.

Al llarg del present capítol s'analitza l'evolució de les emissions de diòxid de carboni a Catalunya, tant des d'una perspectiva agregada, com amb tot el detall possible que ens permeten les dades disponibles.

Per a la primera part del capítol, seccions 2 i 3, s'han utilitzat les dades de l'Inventari d'Emissions a l'Atmosfera Corine-Aire, elaborat pel Ministeri de Medi Ambient per

al període 1990-2004. Aquestes dades inclouen totes les emissions de CO₂, classificades en diferents processos emissors. Això ens permet disposar d'una perspectiva sobre l'evolució de les emissions totals de CO₂, analitzant els principals factors determinants d'aquesta evolució, seguint metodologies àmpliament utilitzades en l'anàlisi energètica (com la descomposició en factors de Kaya) que ens permet tenir una primera visió global sobre les forces motrius que han determinat el comportament experimentat per les emissions; unes emissions que, com veurem, han superat enormement els límits de creixement, citats anteriorment, que hi havia establerts per a l'Estat espanyol.

Aquesta base de dades també ens permetrà analitzar la importància dels diferents processos emissors a Catalunya. Les dades permeten analitzar les diferències que hi ha amb el conjunt de l'Estat en la importància dels diferents processos.

Per a la segona part del capítol, seccions 4 a 6, la base de dades utilitzada és la mateixa que s'ha fet servir als capítols 2 i 3, en parlar d'energia primària. És a dir, els balanços energètics de Catalunya, facilitats per al període 1990-2005 per l'Institut Català de l'Energia (ICAEN). Un cop més hem d'agrair a l'ICAEN, i especialment a Joan Esteve i Albert Casanoves, haver-nos facilitat la base de dades i haver resolt els nostres dubtes sobre aquesta informació.² Els comentaris sobre els balanços energètics de Catalunya que fem a la introducció del capítol 3 també són pertinents per a l'anàlisi que es fa aquí.

En aquesta segona part només es tindran en compte les emissions vinculades al consum d'energia per a usos energètics. D'altra banda, només es consideren les emissions de CO₂ relacionades amb el carbó, el petroli, els saldos importadors de derivats de petroli i del gas natural, atès que les altres fonts no generen directament aquestes emissions o les emissions totals tenen una importància molt escassa.

Les emissions de CO₂ s'expliquen, principalment, per l'ús d'energia fòssil. Això no obstant, no totes les fonts d'energia primària tenen els mateixos factors d'emissió (carboni per unitat d'energia) ni tampoc és igual l'eficiència en el seu ús i transformació. El treball que es desenvolupa en aquests apartats constitueix una recerca paral·lela a la realitzada al capítol 3, i es basa, com aquell capítol, en la metodologia desenvolupada a Alcántara i Roca (1995), consistent en l'estimació de l'energia primària *arrossegada* pels consums finals d'energia i les

1. En el cas de l'Estat espanyol, les emissions de CO₂ representen el 81 % del total de les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle generades per l'activitat humana, expressades en CO₂ equivalent.

2. Com ja assenyalàvem al capítol 3, les dades de 2004 i 2005 sobre energia primària que hem utilitzat als càlculs són provisionals i poden experimentar variacions, la qual cosa podria fer variar els càlculs d'aquests apartats.

emissions que impliquen aquesta energia primària. Per obtenir les estimacions de les emissions amb les dades dels balanços, a partir de l'aplicació de l'esmentada metodologia, hem utilitzat els factors d'emissió publicats per l'IPCC (1996).

L'obtenció de les estimacions d'emissions a partir de l'ús d'energia per a usos energètics ha de permetre analitzar els canvis operats que expliquen l'evolució de les emissions. Aquesta evolució es presenta en una perspectiva general i també descomponent en factors explicatius l'evolució d'aquestes emissions; tal com es va fer al capítol 3 per a l'energia.

Després d'aquesta introducció, l'estructura del capítol és la següent. La secció 6.2 descriu l'evolució de les emissions totals de CO₂ a Catalunya durant el període 1990-2004 i els seus principals factors explicatius. La secció 6.3 analitza la importància dels diferents processos emissors catalans i els compara amb el conjunt espanyol. La 6.4 estima les emissions a partir de l'energia primària *arrossegada* pels consums finals d'energia per a usos energètics i analitza l'evolució d'aquestes emissions de CO₂. La secció 6.5 analitza els canvis operats que expliquen aquesta evolució des d'una perspectiva general. La 6.6 analitza els factors explicatius de l'evolució de les emissions de CO₂ provinents del consum d'energia per a usos energètics. Finalment, la 6.7 recull unes breus conclusions.

6.2. Evolució de les emissions de CO₂ a Catalunya i els seus principals factors explicatius

En aquest apartat analitzem l'evolució de les emissions de CO₂ a Catalunya,³ estudiant les principals forces motrius que les produeixen. A la figura 63 es pot observar quina ha estat l'evolució de les emissions entre 1990 i 2004 i el seu distanciament respecte als compromisos internacionals sobre canvi climàtic de control d'emissions de gasos causants de l'efecte hivernacle.

Al llarg del període analitzat, les emissions van augmentar considerablement. No obstant això, es poden distingir diverses etapes en el comportament d'aquestes emissions. Durant els primers anys de la dècada dels noranta, les emissions van restar estables, i al 1993 fins i tot van ser inferiors a les de 1990. Entre 1993 i 1995, en canvi, es va produir un important increment d'emissions, de més d'un 20 %, que va portar al fet que l'any 1995 Catalunya ja superés el creixement límit del 15 % del nivell de 1990, marcat posteriorment pel compromís

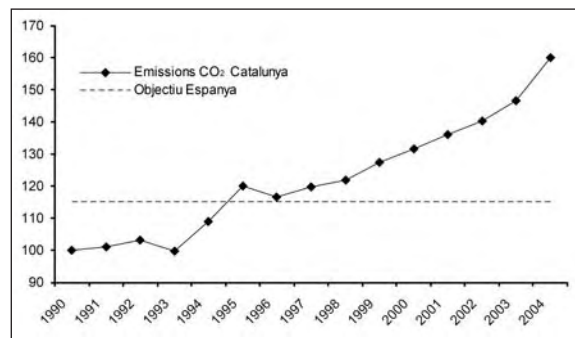


Fig. 63. Evolució de les emissions de CO₂ a Catalunya i distància respecte del compromís espanyol d'emissions de gasos amb efecte d'hivernacle (100 = nivell de 1990)

Font: elaboració pròpia a partir de les dades del Ministeri de Medi Ambient.

espanyol en el marc del Protocol de Kyoto (dins del conjunt de la Unió Europea l'Estat espanyol no pot superar el 15 % d'augment per a la mitjana de les emissions de 2008-2012 respecte de les de 1990 per al total de gasos amb efecte d'hivernacle inclosos al protocol de Kyoto⁴). Després d'una lleugera reducció entre 1995 i 1996, s'inicià una etapa d'augment continu en el nivell d'emissions, increment que es dispara el darrer any de la mostra. Sent l'Estat espanyol un dels països que més s'ha distanciat del compromís establert dins de la Unió Europea, és molt destacable el fet que a Catalunya l'evolució de les emissions hagi estat encara més desfavorable.

Com a resultat, les emissions de CO₂ a Catalunya, lluny d'estabilitzar-se, han experimentat un important creixement respecte el nivell de 1990, any de referència per al Protocol de Kyoto, augmentant en un 60,11 % des de llavors.

Un dels factors que hi ha al darrere de l'evolució de les emissions al llarg d'un període a qualsevol economia és l'evolució de l'activitat econòmica que s'hagi produït. No obstant això, el creixement econòmic es pot produir per la major prosperitat econòmica dels seus habitants, la composició de la producció o simplement per un augment de la població. D'altra banda, les diferents tecnologies utilitzades en la producció poden fer que es contamiï més o menys en funció de la necessitat d'energia, o en funció del tipus d'energia que s'utilitzi. Per tant, hi ha múltiples factors que influeixen en el nivell d'emissions de CO₂, com el desenvolupament econòmic, el creixement demogràfic, el canvi tecnològic, les dotacions de recursos, les estructures institucionals, els models de transport, els estils de vida i el comerç internacional.

Una eina analítica utilitzada freqüentment per explorar quines són les principals forces motriu causants de les

3. Considerem únicament les emissions de CO₂; per tant, les dades no inclouen les emissions de metà ni òxid nitrós ni altres gasos amb efecte d'hivernacle en CO₂ equivalent.

4. Els sis gasos inclosos al Protocol són: CO₂, CH₄, N₂O, PFCs, HFCs i SF₆.

emissions de gasos amb efecte d'hivernacle és la identitat de Kaya (1989) (vegeu per exemple, Yamaji *et al.*, 1991). Segons aquesta identitat, les emissions d'un país es descomponen en el producte de quatre factors bàsics (que, alhora, es veuen influïts per altres factors):

- L'índex de carbonització o intensitat de carboni de l'energia (definida com el CO_2 emès per unitat d'energia primària, $\frac{\text{CO}_{2t}}{E_t}$),
- La intensitat energètica (definida com l'energia primària per unitat de PIB, $\frac{E_t}{\text{PIB}_t}$),
- La renda econòmica (definida com el PIB *per capita*, $\frac{\text{PIB}_t}{P_t}$), i
- La població (P)⁵.

$$\text{CO}_{2t} = \frac{\text{CO}_{2t}}{E_t} \cdot \frac{E_t}{\text{PIB}_t} \cdot \frac{\text{PIB}_t}{P_t} P_t$$

El primer component està molt relacionat amb la combinació de combustibles o fonts energètiques d'una economia,⁶ el segon està associat a l'eficiència energètica en la provisió de diferents béns i serveis, però també a altres factors, entre els quals té una rellevància especial el model de transport i l'estructura sectorial de l'economia, mentre que el tercer és una mesura de renda econòmica.

El producte dels dos primers factors ens mostra la intensitat d'emissions del PIB ($\frac{\text{CO}_{2t}}{\text{PIB}_t}$) i si passéssim la població a l'esquerra de l'equació, tindríem la descomposició de les emissions per capita ($\frac{\text{CO}_{2t}}{P_t}$).

L'enfocament dels factors de Kaya permet descompondre les emissions de CO_2 en les principals forces determinants d'aquestes emissions. No obstant això, un dels seus inconvenients és que aquests principals factors determinants poden no ser independents entre si (per exemple, en assolir un major benestar econòmic podrien desenvolupar-se tecnologies més eficients gràcies a un major nivell de capital, fet que podria portar a menors intensitats energètiques).

La taula 64 mostra l'evolució entre 1990 i 2004 dels diferents factors citats anteriorment.

Nota a les taules: emissions en Ktn de CO_2 ; població en milers d'habitants; emissions *per capita* en tones per habitant; índex de carbonització en tones de CO_2 per tones d'energia primària en equivalent de petroli; intensitat energètica en tones d'energia primària en equivalent de petroli per milió d'euros constants de 1995; intensitat de carboni del PIB en tones de CO_2 per milió d'euros constants de 1995. En aquesta taula i les següents el PIB *per capita* s'expressa en milers d'euros constants de 1995.

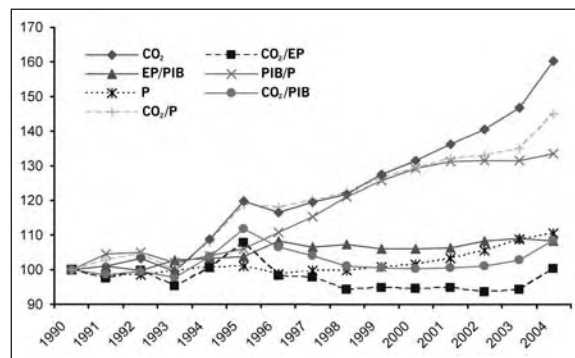


Fig. 64. Evolució de les emissions i dels diferents factors en números d'índex (100 = nivell 1990)

Font: elaboració pròpia a partir de MMA, IDESCAT, INE i els balanços d'energia facilitats per l'ICAEN.

Nota: EP indica energia primària; P indica població.

A la taula 64 i a la figura 64 es pot observar com el principal factor que ha influït en el notable increment d'emissions ha estat l'augment en el PIB *per capita*, amb un creixement del 33,35 %. El creixement demogràfic també hauria contribuït de manera important a l'increment en les emissions totals, amb un augment del 10,5 % en aquest factor; sobretot a partir de 1999, ja que a la dècada dels noranta la població va restar estable amb poques variacions.

Tanmateix, les diferències en població i en disponibilitat de béns i serveis no són suficients per explicar l'evolució de les emissions totals. De fet, no n'hi ha prou amb el creixement econòmic per explicar la important variació en les emissions *per capita* al llarg del període, com mostra el major augment de les emissions *per capita*, del 44,89 %, respecte al 33,35 % d'augment del PIB *per capita*. Cal analitzar les diferències en l'índex de carbonització i la intensitat energètica, que fan que la intensitat d'emissions del PIB sigui més gran al final del període

5. Aquesta identitat és una aplicació d'un enfocament més general per discutir les forces determinants dels impactes ambientals, la identitat anomenada IPAT, que relaciona els impactes (I) amb la població (P) multiplicada per la aflluència o la prosperitat econòmica (A) i la tecnologia (T). Per veure una breu nota sobre la importància i limitacions de la identitat IPAT, vegeu Roca (2002).

6. Ressaltem, però, que aquí estem considerant totes les emissions i no només les associades a processos de combustió, i així, el pes de les emissions no energètiques respecte al total també afecta aquesta relació.

	Emissions	Factors de Kaya				Intensitat emissions del PIB	Emissions per capita
		Índex de carbonització	Intensitat energètica	PIB per capita	Població		
Any	CO ₂	CO ₂ /E	E/PIB	PIB/P	P	CO ₂ /PIB	CO ₂ /P
1990	29380,5	1,759	173,21	15,64	6165,6	304,69	4,77
1991	29711,4	1,714	175,04	16,34	6059,5	300,10	4,90
1992	30326,5	1,756	172,68	16,45	6082,0	303,20	4,99
1993	29266,5	1,674	177,95	15,95	6158,7	297,92	4,75
1994	31974,7	1,770	178,70	16,28	6208,6	316,36	5,15
1995	35230,3	1,895	179,91	16,60	6226,9	340,92	5,66
1996	34274,2	1,728	187,69	17,35	6090,0	324,40	5,63
1997	35143,2	1,718	184,62	18,03	6144,6	317,14	5,72
1998	35813,9	1,657	185,76	18,92	6147,6	307,88	5,83
1999	37414,5	1,668	183,74	19,66	6207,5	306,51	6,03
2000	38622,0	1,662	183,80	20,19	6262,0	305,42	6,17
2001	40008,2	1,665	184,19	20,51	6361,4	306,65	6,29
2002	41225,2	1,643	187,53	20,56	6506,4	308,20	6,34
2003	43101,7	1,656	188,98	20,54	6704,1	312,99	6,43
2004	47042,1	1,764	187,69	20,85	6813,3	331,07	6,90
% de variació	60,11	0,27	8,36	33,35	10,50	8,66	44,89

Taula 64. Descomposició de les emissions de CO₂ a Catalunya entre 1990 i 2004

Font: elaboració pròpia a partir de les dades d'emissions del MMA, dades de població d'IDESCAT, dades PIB de l'INE, i els balanços d'energia facilitats per l'ICAEN.

de 15 anys analitzat. En concret, aquesta intensitat ha augmentat un 8,66 % al llarg del període.

Diversos autors han discutit sobre la major importància de la intensitat energètica o l'índex de carbonització per explicar les diferents emissions i la seva evolució (vegeu Roca i Alcántara, 2002).⁷ No obstant això, el debat sobre si un factor és més o menys important que l'altre en explicar l'evolució de la intensitat d'emissions del PIB, no és un debat massa rellevant, ja que no es pot generalitzar per al comportament de tots els països i l'evolució dels diferents factors dependrà del cas analitzat. Hi ha raons –i evidència empírica– que mostren que ambdós factors poden ser molt variables.

La intensitat energètica del PIB és un valor agregat que depèn de diversos factors, com l'estructura de la demanda de béns i serveis, l'eficiència energètica en la provisió dels diferents productes i els models de transport. La intensitat energètica pot variar molt al llarg del temps i

ser molt diferent entre països amb similar nivell de renda *per capita*, com es veu al capítol 8.

Respecte a l'índex de carbonització, aquest depèn directament de la combinació de fonts energètiques que s'utilitzi. En el cas dels combustibles fòssils, el factor d'emissió del carbó és molt més gran que el del gas natural, mentre que en el cas de l'energia solar o eòlica els factors d'emissió són nuls (també en el cas de les nuclears, tot i que aquesta comportaria altres costos i riscos ambientals que fan que, segons la nostra opinió, sigui una alternativa pitjor als combustibles fòssils)⁸. Per tant, els canvis en l'índex de carbonització mostren sobretot⁹ canvis en la combinació de fonts que s'utilitzen per obtenir energia.

Per tant, es pot afirmar que hi ha molts més factors que poden influir en la intensitat energètica que en l'índex de carbonització. Però això no implica que la intensitat energètica tingui necessàriament més importància. De fet, no

7. Mielnik i Goldemberg (1999) qüestionen la major importància que, segons ells, s'ha donat a la intensitat energètica i destaquen el fet que la intensitat energètica segueix un patró històric més definit, mentre que l'índex de carbonització tindria un comportament amb major variabilitat i, per tant, explicaria millor les diferències al llarg del temps entre països. Ang (1999), en canvi, en resposta al comentari anterior, insisteix en la major importància de la intensitat energètica.

8. De fet, les emissions també poden ser bastant importants si s'analitza el cicle de vida complet del combustible, incloent-hi l'energia per a les plantes enriquidores o per gestionar els residus, a més de l'emprada en la construcció de les centrals o en les mines d'urani.

9. Vegeu, però, la nota 6 d'aquest capítol.

és possible imaginar-se un sistema socioeconòmic on no s'utilitzi energia, però sí que podem imaginar-nos una situació en la qual s'hagi produït la transició completa de combustibles fòssils a fonts d'energia renovables, com podria ser l'illa d'El Hierro. De fet, aquest canvi és inevitable en el llarg termini, donada la condició de recursos no renovables dels combustibles fòssils i, com abans es faci la transició, majors seran els impactes ambientals negatius que s'evitarien.

En el cas de Catalunya, i sense que sigui generalitzable per al debat citat, les dades mostren una major importància de l'evolució de la intensitat energètica per explicar el canvi en la intensitat d'emissions del PIB (emissions per unitat de PIB). De fet, gairebé tot l'augment de la intensitat d'emissions del PIB (8,66 %) s'explicaria per l'augment de la intensitat energètica (8,36 %), mentre que l'índex de carbonització gairebé és el mateix a l'inici i al final del període.

Això no obstant, aquest resultat, comparant únicament l'inici i el final del període, pot amagar la importància de l'índex de carbonització en l'evolució de les emissions. La figura 65 mostra clarament que és la major variabilitat que hi ha hagut en l'índex de carbonització la que explica, en gran part, les variacions experimentades al llarg el període per la intensitat d'emissions del PIB; tot i que al final del període coincideixi el canvi percentual produït en la intensitat d'emissions amb el de la intensitat energètica del PIB. L'evolució de l'índex de carbonització (és a dir, el canvi en el mix de fonts energètiques utilitzades) ha estat la causa principal de la reducció d'emissions per unitat de PIB que es va produir entre 1995 i 1998. De la mateixa manera, el fort increment d'aquest índex entre 2002 i 2004, és la causa de l'augment que s'observa al final del període en la intensitat de carboni del PIB.

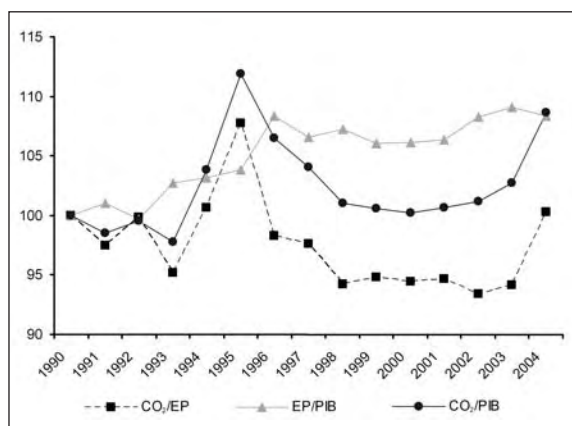


Fig. 65. Intensitat d'emissions del PIB i els seus factors explicatius (100 = nivell 1990)

Font: elaboració pròpia a partir de MMA, INE i els balanços d'energia facilitats per l'ICAEN.

Nota: EP indica energia primària.

En bona part, el fet que no es redueixi la intensitat de carboni del PIB, i que fins i tot hagi augmentat, respon a la importància que ha tingut l'augment del transport per carretera al llarg del període, fet que ha compensat els guanys en eficiència que s'han produït a la indústria. El transport per carretera d'una banda fa un ús intensiu de l'energia, de manera que, si augmenta, dificulta que baixi la intensitat energètica i, de l'altra, es nodreix amb el consum de combustibles fòssils, fet que dificulta que baixi l'índex de carbonització, contrarestant els canvis produïts en altres sectors on hi ha hagut substitució per combustibles que, com el gas natural, emeten menys CO₂. A més a més, mentre augmenta l'ús d'energia, el percentatge en l'oferta energètica que representen les centrals nuclears va disminuint (i previsiblement disminuirà molt més quan aquestes es comencin a tancar durant les properes dècades). Aquest fet, si no se substitueix la generació d'electricitat d'origen nuclear per energies netes, pressiona a l'alça l'índex de carbonització.

Els esforços per millorar l'eficiència energètica han d'ajudar a reduir les emissions amb vista al futur, si bé aquesta també respon en bona part a l'evolució en l'estructura productiva; és a dir, de si la producció dels béns i serveis que veuen augmentada la seva demanda requereix més o menys energia que la producció dels que veuen reduïda la seva demanda en termes relatius. Ja hem comentat que els canvis en la intensitat energètica poden ser causats per molts més factors que els canvis en l'índex de carbonització, que bàsicament respon a la combinació de fonts d'energia utilitzades. No obstant això, a Catalunya també queda molt camí encara per recórrer en la substitució de combustibles fòssils per fonts d'energia alternatives. Els mercats d'emissions, imposant progressivament més limitacions als nivells d'emissions, o els impostos energètics, que han estat proposats en el passat en nombroses ocasions a la Unió Europea (vegeu Padilla i Roca, 2003) i que tractem al capítol 7, podrien facilitar el canvi de combustibles, com també reduir l'ús d'energia a causa del seu major preu relatiu, tenint major o menor impacte en funció de les facilitats que es posen per al desenvolupament d'energies netes o de sistemes de transport públic que substitueixin el transport per carretera.

Alguns autors, com Sun (1999) analitzen la hipòtesi de la corba de Kuznets ambiental per a les emissions de CO₂. Aquesta hipòtesi, sorgida al començament dels anys noranta en diversos estudis, suggereix l'existència d'una relació en forma d'U invertida entre la pressió ambiental i la renda *per capita*. En un primer estadi del desenvolupament econòmic el problema ambiental augmentaria mentre augmenta la renda per capita, però s'arribaria a un punt a partir del qual la problemàtica disminueix amb el creixement econòmic.

mic.¹⁰ No obstant això, la hipòtesi, a més de tenir una base teòrica feble, tampoc no s'ha vist gaire recolzada per l'evidència empírica (vegeu Roca *et al.*, 2001; Roca i Padilla, 2003).

Sun defineix la hipòtesi com l'evolució de la intensitat d'emissions (el quocient entre les emissions i el PIB) seguint una funció en forma d'U invertida respecte del PIB per capita. Segons Sun, la hipòtesi es compliria efectivament en alguns casos (ell analitza el cas de Xina), tot i que, sensatament, indica que el resultat no es podria generalitzar per a altres països i que les conclusions no es podrien estendre a altres indicadors ambientals. Sun assumeix que l'índex de carbonització no canvia o que les seves variacions són suficientment petites, de manera que la forma funcional de l'evolució de les intensitats d'energia i d'emissions serien idèntiques. D'altra banda, Mielnik i Goldemberg (1999) assenyalen que la desvinculació entre el consum d'energia i el creixement econòmic, mesurada a través del comportament de la intensitat energètica, s'hauria de complementar –segons ells– amb l'anàlisi més rellevant de l'índex de carbonització.

Tant Sun com Mielnik i Goldemberg defineixen implícitament la desvinculació entre la pressió ambiental i el creixement econòmic com la reducció en la intensitat d'emissions quan augmenta l'ingrés. Es podria adoptar aquesta definició, però la qüestió rellevant des del punt de vista ambiental no és l'evolució en la intensitat d'emissions, sinó la tendència en el nivell absolut d'emissions.

En el cas d'alguns països, com la Xina, s'ha reduït la intensitat d'emissions del PIB, fet que, de vegades, s'ha posat com a mostra de la desvinculació entre creixement econòmic i emissions de CO₂. Això no obstant, s'ha de tenir en compte que el que causa impacte en l'ecosistema no és la intensitat d'emissions del PIB, sinó la quantitat total de CO₂ que s'emet i que, per tant, fa variar les concentracions atmosfèriques i l'efecte hivernacle (a més dels altres efectes ambientals associats a la crema de combustibles). Seguint la terminologia de Bruyn i Opschoor (1997) el que és important per als ecosistemes no és la desvinculació relativa (*desvinculació feble*) entre emissions i creixement econòmic, sinó la desvinculació absoluta (*desvinculació forta*). És a dir, que l'augment del PIB no provoqui augments del flux d'emissions a l'atmosfera.

A Catalunya, de la mateixa manera que al conjunt espanyol, i al contrari del que ha passat en la majoria de països industrialitzats de l'OCDE, no s'ha produït una reducció en la intensitat energètica del PIB. És més, com ja hem vist, aquesta intensitat ha augmentat al llarg del

període, amb el resultat que la intensitat de carboni del PIB també ha augmentat. Malgrat els guanys d'eficiència en l'ús d'energia als sectors industrials, el fort augment en l'ús d'energia per part del transport per carretera ha conduït a aquest comportament.

En conclusió, en el cas de Catalunya no és possible parlar de desvinculació entre creixement econòmic i emissions de CO₂ en cap dels sentits esmentats, ja que tant les emissions totals com la intensitat d'emissions del PIB augmenten al llarg del període considerat. Aquest fet queda evidenciat a les figures 66 a 68. Per tant, queda clar que cal aplicar les polítiques adequades orientades a millorar l'eficiència energètica i a reduir les emissions per unitat d'energia si volem evitar que el creixement econòmic continuï comportant majors emissions (tant absolutes com per unitat de PIB).

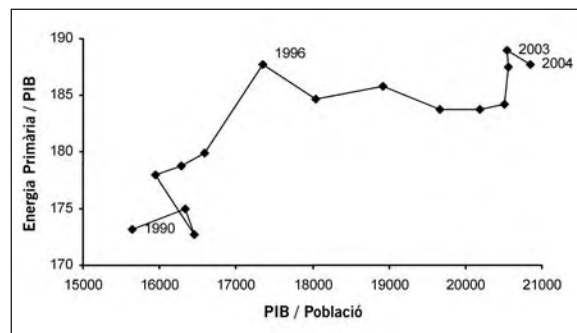


Fig. 66. Relació entre la intensitat energètica del PIB (tep/10⁶ €) i el PIB per capita (€/habitant).

Font: elaboració pròpia a partir de IDESCAT, INE i els balanços d'energia facilitats per l'ICAEN.

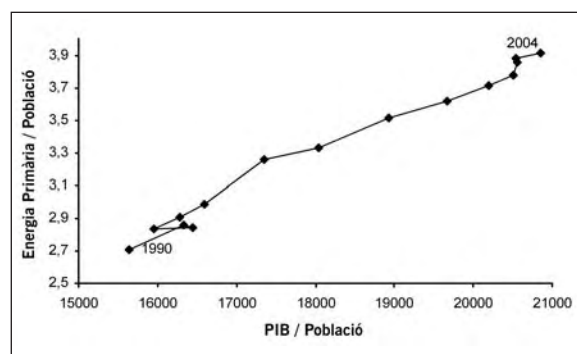


Fig. 67. Relació entre l'ús d'energia primària per capita (tep/h.) i el PIB per capita (€/hab.).

Font: elaboració pròpia a partir de IDESCAT, INE i els balanços d'energia facilitats per l'ICAEN.

10. Aquesta hipòtesi s'ha donat a conèixer amb aquest nom per la seva similitud amb la relació trobada per Kuznets (1955) entre el nivell de desigualtat i la renda per capita.

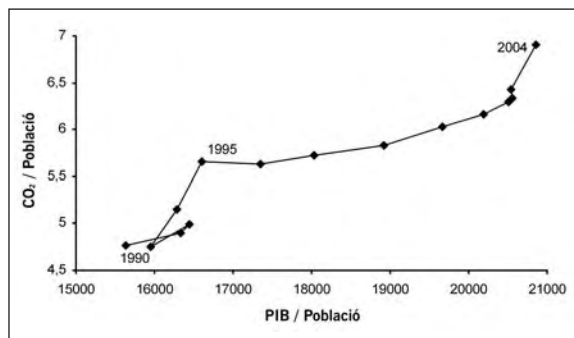


Fig. 68. Relació entre les emissions de CO₂ per capita (tones/hab.) i el PIB per capita (€/hab.).

Font: elaboració pròpia a partir de MMA, IDESCAT, INE i els balanços d'energia facilitats per l'ICAEN.

6.3. La importància dels diferents processos emissors a Catalunya i comparació amb el conjunt de l'Estat

A la taula següent podem observar la composició per processos emissors de les emissions de CO₂ a Catalunya i les emissions totals espanyoles.

Podem destacar algunes de les diferències que hi ha entre Catalunya i el conjunt de comunitats autònomes respecte a les emissions classificades per processos emissors, tal com els classifica l'inventari Corine-Aire.

Tenint en compte els percentatges que representen els diferents processos respecte del total d'emissions en cada cas, el més rellevant és el diferent pes que tenen els processos de combustió en la producció i transformació d'energia. A Catalunya, aquests processos representen un percentatge del 16,13 % respecte del total d'emissions, molt per sota del percentatge del conjunt de l'Estat, en què pràcticament expliquen una tercera part de les emissions totals. En termes d'emissions *per capita*, aquests processos generen 1,57 tones més *per capita* al conjunt d'Espanya del que generen a Catalunya, sent les emissions *per capita* per aquest concepte a Catalunya només un 42 % del que representen al conjunt de l'Estat. La diferència s'explica pel pes de les centrals termoelectriques (on les emissions *per capita* espanyoles tripliquen les catalanes). La major dependència de l'energia nuclear en el cas de Catalunya, i l'existència de centrals tèrmiques de carbó molt contaminants a algunes comunitats autònomes, com és el cas de Galícia o Astúries, expliquen aquesta gran diferència. En canvi, a Catalunya les emissions per refinació de petroli tenen un pes relatiu bastant superior al del conjunt espanyol.

Respecte a les plantes de combustió no industrial, les diferències no són gaire importants, tot i que es pot destacar un major pes en el cas de Catalunya de les plantes

de combustió comercial i institucional, és a dir, al sector comerç i als edificis de l'Administració pública.

On sí que ens trobem una diferència important de les emissions, en termes relatius i absoluts, és en les emissions de les plantes de combustió industrial. Aquests processos impliquen unes emissions *per capita* de 2,03 tones enfront d'1,61 a la mitjana espanyola. És a dir, a Catalunya s'emeten 0,42 tones més *per capita* causades pels processos de combustió industrial. Això és així a conseqüència del major pes que el sector industrial té a Catalunya, que fa que la participació total en les emissions sigui d'un 29,39 % davant un 19,39 % al conjunt espanyol.

Els processos industrials sense combustió també tenen un major pes i unes majors emissions *per capita* a Catalunya. En concret, les emissions *per capita* atribuïbles a les cimiteres són un 50 % superiors a Catalunya; sent 0,2 t *per capita* superiors a les del conjunt de l'Estat espanyol.

Finalment, en el cas del transport per carretera, si bé a Catalunya representen un percentatge una mica més gran, no s'aprecien diferències rellevants en les emissions *per capita*. Més aviat, les emissions *per capita* són lleugerament inferiors. Llavors, el major pes d'aquestes emissions respecte del total seria resultat de les menors emissions totals *per capita* al cas català que, com hem dit, es deuen sobretot al menor pes absolut dels processos de producció i transformació d'energia.

6.4. Evolució de les emissions de CO₂ vinculades al consum d'energia per a usos energètics

Les emissions de CO₂ s'expliquen, principalment, per l'ús d'energia fòssil. Tanmateix, no totes les fonts d'energia primària d'aquest tipus tenen els mateixos factors d'emissió (contingut de carboni per unitat física utilitzada), com tampoc l'eficiència en el seu ús i transformació és la mateixa. D'altra banda, és evident que les emissions totals generades per una societat dependran en última instància del volum d'energia consumit per a usos finals. Naturalment, l'estructura de producció i consum de la societat, així com la major o menor cura en la seva utilització, són factors força rellevants a l'hora d'explicar la quantitat d'energia final consumida. No obstant això, aquests darrers aspectes no seran tinguts en compte en l'anàlisi que portarem a terme en aquestes planes. El treball desenvolupat en aquest apartat segueix una línia d'investigació paral·lela a la realitzada al capítol 3, considerant com a data base la mitjana del període 1990-1992 i, com a data final, la mitjana del període 2003-2005, a fi d'evitar aspectes conjunturals que podrien desvirtuar els resultats. I es basa, com el capítol 3, en la metodologia desenvolupada a Alcántara i Roca (1995).

	Catalunya			Estat		
	CO ₂ (kt)	CO ₂ p.cap. (tn)	%	CO ₂ (kt)	CO ₂ p.cap. (tn)	%
1. COMBUSTIÓ EN LA PROD. I TRANSF. D'ENERGIA	7.587,6	1,11	16,13	114.482,4	2,68	32,29
Centrals termoelèctriques d'ús públic	4.495,6	0,66	9,56	99.088,6	2,32	27,95
Plantes de refinament de petroli	2.956,2	0,43	6,28	13.397,9	0,31	3,78
Plantes de transformació de combustibles sòlids	0	0	0	1057,8	0,02	0,30
Mineria del carbó; extracció de petroli/gas; compr.	135,8	0,02	0,29	938,1	0,02	0,26
2. PLANTES DE COMBUSTIÓ NO INDUSTRIAL	4.824,2	0,71	10,26	30.222,5	0,71	8,52
Plantes de combustió comercial i institucional	1.984,0	0,29	4,22	9.027,9	0,21	2,55
Plantes de combustió residencial	2.699,5	0,40	5,74	19.438,9	0,46	5,48
Plantes de combustió a l'agricultura, la silvicultura i l'aqüicultura	140,7	0,02	0,30	1.755,7	0,04	0,50
3. PLANTES DE COMBUSTIÓ INDUSTRIAL	13.823,7	2,03	29,39	68.725,3	1,61	19,38
4. PROCESSOS INDUSTRIALS SENSE COMBUSTIÓ	4.602,5	0,68	9,78	27.782,3	0,65	7,84
Processos a la indústria de refinació de petroli	0,0	0,00	0,00	1.969,9	0,05	0,56
Proc. a la indústria del ferro i l'acer i a les coqueries	89,7	0,01	0,19	1.951,9	0,05	0,55
Processos a la indústria de metalls no ferris	0	0	0	1.570,5	0,04	0,44
Processos a la indústria química inorgànica	0	0	0	666,0	0,02	0,19
Processos industrials de la fusta, pasta de paper, alimentació, begudes i altres	4.512,8	0,66	9,59	21.624,0	0,51	6,10
Ciment (descarbonatació)	3.926,6	0,58	8,35	16.630,9	0,39	4,69
Vidre (descarbonatació)	0,1	0,00	0,00	1,2	0,00	0,00
Cal (descarbonatació)	187,8	0,03	0,40	1.632,2	0,04	0,46
Altres (incloent-hi la fabricació de productes d'amiant)	6,4	0,00	0,01	460,2	0,01	0,13
Ús de pedra calcària i dolomita	312,3	0,05	0,66	2.206,8	0,05	0,62
Producció i ús de carbonat sòdic	79,5	0,01	0,17	692,7	0,02	0,20
5. EXTRACCIÓ I DISTRIBUCIÓ DE COMBUSTIBLES FÒSSILS I ENERGIA GEOTÈRMICA	0,3	0,00	0,00	0,5	0,00	0,00
6. ÚS DE DISOLVENTS I ALTRES PRODUCTES	228,6	0,03	0,49	1.246,8	0,03	0,35
7. TRANSPORT PER CARRETERA	13.153,5	1,93	27,96	90.368,6	2,12	25,49
Turismes	6.740,1	0,99	14,33	47.048,5	1,10	13,27
Vehicles lleugers < 3,5 t	1.865,3	0,27	3,97	12.033,5	0,28	3,39
Vehicles pesants > 3,5 t i autobusos	4.448,8	0,65	9,46	30.857,3	0,72	8,70
Motocicletes i ciclomotors < 50 cm ³	12,4	0,00	0,03	82,3	0,00	0,02
Motos > 50 cm ³	86,9	0,01	0,18	347,0	0,01	0,10
8. ALTRES MODES DE TRANSPORT I MAQ. MÒBIL	2.201,9	0,32	4,68	20.520,4	0,48	5,79
9. TRACTAMENT I ELIMINACIÓ DE RESIDUS	619,8	0,09	1,32	1213,5	0,03	0,34
TOTAL	47.042,1	6,90	100	354.562,3	8,31	100

Taula 65. Emissions de CO₂ per grups de processos, 2004.

Font: Ministeri de Medi Ambient (2006).

Encara que l'anàlisi desenvolupada en les seccions anteriors d'aquest capítol està basada en la informació que proporciona l'inventari Corine-Aire, per fer comparacions amb la resta de l'Estat espanyol, en aquest solament tindrem en compte les emissions vinculades al consum d'energia per a usos energètics. D'altra banda, només es consideraran les emissions de CO₂ relacionades amb el carbó, el petroli, els derivats de petroli utilitzats com a

font primària i el gas natural. Altres elements, com ara el biogàs, el biodièsel i determinats residus, no han estat tinguts en compte atesa la seva poca importància relativa. Les nostres estimacions són força semblants a les obtingudes al Pla de l'energia de Catalunya (Generalitat de Catalunya, 2006) i, per tant, aquestes omissions no afectaran els resultats obtinguts.

Per al nostre treball hem partit dels balanços energètics de Catalunya i tot el que s'ha dit sobre aquesta font a la introducció del capítol 3 és vàlid aquí. Pel que fa als factors d'emissió ens hem basat en l'IPCC (1996), tenint en compte també la composició mitjana dels carbons utilitzats i dels saldos importadors de derivats de petroli. En concret, hem utilitzat els factors següents (en tones de CO₂ per tep): 4 (carbó), 3,04 (petroli cru), 2,34 (gas natural) i 3,12 (saldos importadors de derivats del petroli).

En primer lloc, determinarem les emissions corresponents a tots dos períodes, tant per sectors com per fonts energètiques primàries. Seguint la nomenclatura utilitzada en el capítol 3, anomenarem **E** una matriu ($j \times s$), on j és el nombre de fonts primàries considerades (16, tal com veïem a l'esmentat capítol 3) i s el nombre de sectors econòmics considerats a la nostra anàlisi (5 en el nostre cas: primari, indústria, serveis, transport i domèstic). Així doncs, la nostra matriu **E** té la dimensió 16×5 . Per trobar les emissions caldrà, però, multiplicar pels factors d'emissions assenyalats, i així tindrem l'expressió matriu ($j \times s$) d'emissions:

$$Q = \hat{F} * E = *T * P * \hat{C}$$

on és una matriu diagonal amb valors nuls per tots elements excepte en els de la diagonal principal que corresponen a les fonts d'energia de les quals hem considerat les seves emissions (carbó, petroli, derivats de petroli importats i gas natural) per als quals apareixen els factors d'emissió abans especificats. L'element característic Q_{ig} expressa les emissions de CO₂ generades pel sector g degudes a les necessitats d'energia de tipus i .

La computació de l'expressió (1), tenint en compte els factors d'emissió anteriors i les necessitats d'energia primària sectorial obtinguts al capítol 3, ens donaria, per als dos períodes de temps considerats, les matrius de les taules 66 i 67:

Considerarem a continuació els canvis globals operats entre tots dos moments. Ho farem en primer lloc des d'una perspectiva global i, en segon lloc, analitzarem els efectes que expliquen els canvis que han tingut lloc en els darrers quinze anys.

6.5. Una perspectiva general de les emissions totals de CO₂ vinculades al consum d'energia

Al llarg del període considerat en aquesta anàlisi, les emissions de CO₂ vinculades al consum d'energia per a usos energètics experimentaren un creixement percentual total del 69,2 %. Aquest és un increment, com hem vist a l'apartat anterior, força superior al de la resta de l'Estat. Ens interessa en primer lloc veure els grans canvis operats per explicar aquest creixement tan important de les emissions. Ho farem, en primer lloc, des d'una perspectiva global, tant des del punt de vista de les fonts d'energia emissores aquí considerades com des d'un punt de vista sectorial.

6.5.1. Les fonts d'emissió i el seu comportament

Si a les taules 66 i 67 sumem les files obtenim les emissions corresponents a cada font d'energia, que es mostren a la taula 68. El lector ha de tenir en compte, a l'hora de comparar aquesta informació amb els resultats del capítol 3, que es tracta de les emissions de CO₂ excloent-hi lògicament l'energia primària que es destina a usos no energètics.

	Primari	Indústria	Serveis	Transport	Domèstic
Carbó	8,9	1.374,7	192,0	22,9	210,3
Petroli	1.317,6	4.050,7	842,1	11.993,7	1.492,7
SDP*	0	0	0	0	0
Gas	10,2	2.879,3	497,3	17,7	997,7

Taula 66. Emissions de CO₂ (kt) mitjanes en el període 1990–92

Font: elaboració pròpia a partir d'ICAEN i la metodologia explicada al text.

Nota: * Saldo derivats de petroli.

	Primari	Indústria	Serveis	Transport	Domèstic
Carbó	8,3	450,3	252,2	19,5	179,9
Petroli	1.336,7	3.057,6	622,3	13.590,5	915,3
SDP*	627,1	1.434,3	291,9	6.375,2	429,3
Gas	90,4	7.754,6	2.769,0	232,1	3.405,4

Taula 67. Emissions de CO₂ (kt) mitjanes en el període 2003–05

Font: elaboració pròpia a partir d'ICAEN i la metodologia explicada al text

Nota: * Saldo derivats de petroli.

	1990-92	2003-05	Variació	
	Milers de tones (kt)		%	
Carbó	1.808,9	910,1	-898,8	-49,9
Petroli	19.696,8	19.522,4	-174,4	-0,9
SDP importats	0	9.157,8	9.157,8	-
Gas natural	4.402,1	14.251,5	9.849,4	223,7
Total	25.907,8	43.841,8	17.933,9	69,2
	Distribució sectorial %		Contribució a la variació total %	
Carbó	7,0	2,1	-3,5	
Petroli	76,0	44,5	-0,7	
SDP importats	0	20,9	35,4	
Gas natural	17,0	32,5	38,0	
Total	100,0	100,0	69,2	

Taula 68. Estimació de les emissions de CO₂ per fonts d'energia primària

Font: elaboració pròpia a partir de les dades de l'ICAEN, segons la metodologia explicada al text.

Com veiem, aquestes emissions han passat de 25.907,8 kt. a 43.841,8 kt. i això es deu a l'increment experimentat pel gas natural i els derivats de petroli. No ha de sorprendre la contribució negativa del carbó, ja que ha perdut importància com a font d'energia primària. La participació de les emissions del gas natural pràcticament s'ha multiplicat per dos, i ha passat a representar el 32,5 % del total. Seria injust, però, atorgar una culpabilitat sense matisacions al gas natural, que ha augmentat de forma molt considerable, ja que el factor d'emissió per tona equivalent de petroli (tep) és molt menor que en els altres combustibles fòssils. No obstant això, aquestes qüestions es posaran de manifest a l'anàlisi posterior.

La taula 66 mostra clarament els canvis que s'han produït en la substitució de combustibles només comparant l'estructura de les emissions. D'altra banda, el 20,9 % de participació del saldo de derivats de petroli (SDP d'ara endavant) compensa en certa manera la disminució de la participació del petroli cru. L'únic que sembla mostrar és que els derivats utilitzats en la producció d'energia final que eren produïts a l'interior de Catalunya han estat substituïts per productes importats.

Una manera de veure la rellevància d'aquests canvis és calcular la contribució positiva o negativa en termes relatius de cada font energètica. En tenim prou a calcular, com es mostra a la part inferior de l'última columna de la taula, el percentatge que representa la variació a les seves emissions d'una determinada font sobre les emissions totals del període base (en el nostre cas 1990-92). Queda clar que les variacions en la disminució de les emissions vinculades al carbó i el petroli no han contribuït ni de bon tros a compensar els increments experimentats pel SDP i

el gas natural; d'aquí l'important increment de les emissions de CO₂ totals.

Passem ara a analitzar d'una manera també molt general l'evolució de les emissions totals des d'una perspectiva sectorial.

6.5.2. Els canvis operats en els sectors econòmics

Partirem com en el cas anterior de les taules 66 i 67. Si ara sumem les columnes d'aquestes taules, el que obtenim són les emissions de CO₂ relacionades amb les cinc activitats considerades. La taula 69 replica, per tant, la taula 68 per sectors d'activitat:

	1990-92	2003-05	Variació	
	Milers de tones (kt)		%	
Primari	1.336,7	2.062,4	725,7	54,3
Indústria	8.304,7	12.696,8	4.392,2	52,8
Serveis	1.531,4	3.935,4	2.404,0	157,0
Transport	12.034,3	20.217,3	8.182,9	68,0
Domèstic	2.700,7	4.929,9	2.229,1	82,5
Total	25.907,8	43.841,8	17.933,9	69,2
	Distribució sectorial (percentatge)		Contribució a la variació total (percentatge)	
Primari	5,2	4,7	2,8	
Indústria	32,1	29,0	16,9	
Serveis	5,9	9,0	9,3	
Transport	46,5	46,1	31,6	
Domèstic	10,4	11,2	8,6	
Total	100,0	100,0	69,2	

Taula 69. Estimació de les emissions sectorials de CO₂

Font: elaboració pròpia a partir de les dades d'ICAEN, segons la metodologia explicada al text.

Si ens fixem en la part superior de la taula, on es mostren les taxes de creixement dels diferents sectors sobre la seva situació al període base, el sectors serveis i les llars apareixen com els de major creixement i, per tant, han incrementat la seva participació a la distribució de les emissions entre sectors. El sector serveis ha passat de representar el 5,9 % en el període 1990-92 al 9 % el 2003-05; una variació de tres punts, pràcticament la disminució de la indústria, mentre que no arriba a l'u per cent el canvi en el pes relatiu de les llars. Tanmateix, en termes absoluts, és clar que el transport és el gran responsable directe de les emissions de CO₂.

El que hem considerat al final del paràgraf anterior desmitifica una mica la importància que podríem atribuir als sectors domèstic i dels serveis. Això no podria ser d'una altra manera atès que el consum energètic d'aquests sec-

tors –i també les necessitats d'energia primària– és molt inferior als de la indústria i el transport. No obstant això, l'augment d'aquests sectors és molt important i, a més, cal recordar que la base material sobre la qual es manté tant el consum del sector residencial com les activitats de serveis provoquen una substancial responsabilitat de part de les emissions de la indústria pels efectes d'arrossegament que comporten (vegeu Alcántara i Padilla, 2006) de la mateixa manera que les necessitats energètiques del sector de producció d'automòbils i de la construcció de carreteres s'explica pel transport.

Convé veure ara quins factors participen i quin paper juguen en l'explicació de l'evolució d'aquestes emissions, tema que s'analitzarà a la secció següent.

6.6. Efectes explicatius de l'evolució de les emissions de CO₂ vinculades a l'ús d'energia: metodologia, aplicació i resultats

Al començament d'aquest capítol parlàvem del paper que tenen tant les quantitats d'energia consumides com l'eficiència en el seu ús, i de la rellevància dels factors d'emissió dels diferents tipus d'energia consumida. Aquest últim aspecte atorga una importància cabdal a la substitució de fonts al *mix* energètic.

La descomposició en factors explicatius de l'evolució de les emissions de CO₂ segueix la metodologia ja explicada al capítol 3 en referir-nos al consum energètic. L'explicació metodològica serà ara molt més breu ja que remetem a l'explicació ja feta en aquest capítol; les referències bibliogràfiques allí esmentades també ara són pertinents.

6.6.1. Metodologia

Hem vist abans l'expressió que expressa les emissions de CO₂:

$$Q = \hat{F} * T * P * \hat{C}$$

Aquesta expressió ens diu que les emissions en un període de temps, donades per la matriu **Q** depenen de quatre factors, que són: de les emissions per unitat d'energia de cada font primària (factors de emissió) que a l'equació està representat per la matriu diagonal **F**; un operador lineal que transforma l'energia final en primària **T**; el *mix* de energia final consumida **P**; i les quantitats totals utilitzades, estretament relacionades amb els nivells d'activitat sectorial. Els factors d'emissió els considerem invariables (tot i que la composició de l'oferta de diferents

tipus de carbó i de derivats de petroli pot comportar petites variacions) i així, en el cas de les emissions, podem parlar –com en el de l'energia– també de tres efectes.

L'**efecte transformació** explica les variacions degudes als canvis en l'estructura de la transformació energètica. En realitat aquest efecte mostra un doble aspecte, tant els canvis operats des de la perspectiva dels combustibles utilitzats com el grau d'eficiència assolit en la transformació. Les variacions experimentades a les diferents fonts utilitzades pels sectors productius, la variació del *mix* energètic sectorial, ve donat per l'**efecte substitució**. Finalment, hi ha l'**efecte consum final d'energia** que mostra el consum d'energia corresponent a la pròpia expansió de l'economia i, de l'altra, l'eficiència en l'ús de l'energia deguda a les variacions per unitat de producte obtingut (intensitat energètica final), així com per l'estructura de la producció, tal com es posa de manifest a Alcántara i Roca (1996, 2003). A la literatura sobre aquesta temàtica hi ha un ampli ventall de mètodes de descomposició en efectes.¹¹ Aquí utilitzem el proposat per Sun (1998) que ja hem fet servir al capítol 3.

Les expressions dels diferents efectes són les mateixes que en el capítol 3 –al qual remetem– amb l'única diferència que ara tots els productes matricials estan multiplicats per la matriu diagonal que transforma energies primàries en emissions de CO₂.

6.6.2. Aplicació i resultats

En les taules 69 i 70 apareix la descomposició de les variacions en les emissions de CO₂ segons la metodologia que acabem d'explicar i que és la mateixa que l'aplicada al capítol 3 per a l'anàlisi de l'energia primària. Aquestes taules desagreguen per efectes segons dues perspectives: la de les fonts d'energia que provoquen les emissions i la sectorial; a la taula 72 es pot veure la desagregació creuant totes dues perspectives.

Canvis en valors absoluts, milers de tones (kt CO ₂)				
	Transformació	Substitució	Consum final d'energia	Total
Carbó	-436,7	-1.150,0	687,8	-898,8
Petroli	-8.658,4	-1.929,3	10.413,4	-174,4
SDP importats	7.663,7	-399,9	1.894,0	9.157,8
Gas natural	3.667,5	2.162,9	4.018,9	9.849,4
Total	2.236,1	-1.316,2	17.014,1	17.933,9

Taula 70. Efectes explicatius de la contribució de les fonts d'energia primària a la variació de les emissions.

Font: elaboració pròpia a partir dels balanços d'energia facilitats per l'ICAEN i de la metodologia explicada al text.

¹¹ A banda de les rellevants revisions citades al bloc 3, Ang i Zhang (2000) i Hoekstra (2005), caldria tenir en compte els treballs de Choi i Ang (2003), a partir de l'important recull sobre el tema de Bunn (2000) i Liu i Ang (2003).

Canvis en valors absoluts, milers de tones (ktCO ₂)				
	Transformació	Substitució	Consum final d'energia	Total
Primari	-3,8	-17,0	746,4	725,7
Indústria	1.141,8	-685,8	3.936,2	4.392,2
Serveis	777,8	-231,1	1.857,3	2.404,0
Transport	-259,7	-63,8	8.506,5	8.182,9
Domèstic	579,9	-318,5	1.967,7	2.229,1
Total	2.236,1	-1.316,2	17.014,1	17.933,9
Contribució a la variació de les emissions (percentatge de les emissions totals inicials)				
	Transformació	Substitució	Consum final d'energia	Total
Primari	0,0	-0,1	2,9	2,8
Indústria	4,4	-2,6	15,2	17,0
Serveis	3,0	-0,9	7,2	9,3
Transport	-1,0	-0,2	32,8	31,6
Domèstic	2,2	-1,2	7,6	8,6
Total	8,6	-5,1	65,7	69,2

Taula 71. Efectes explicatius de la contribució sectorial a la variació de les emissions.

Font: elaboració pròpia a partir dels balanços d'energia facilitats per l'ICAEN i de la metodologia explicada al text.

Des del punt de vista conjunt, l'efecte absolutament dominant és el del consum final d'energia. Els efectes de transformació i substitució tenen molta menor quantia. El primer actua fent disminuir les emissions, cosa que contrasta amb el que havíem vist en el cas de l'energia primària: això s'explica sobretot perquè el canvi més rellevant en aquest terreny és el creixent pes relatiu de les centrals de gas natural (més eficients) a costa de l'energia nuclear, canvi que disminueix el cost energètic mitjà d'obtenir electricitat, però augmenta la intensitat mitjana d'emissions de CO₂ per unitat d'electricitat. En canvi, l'efecte substitució fa disminuir les emissions, atès que el gas natural substitueix sobretot el carbó i el petroli i les seves emissions per unitat d'energia són significativament inferiors.

Pel que fa a la procedència de les emissions, el petroli i els seus derivats importats poden veure's com un conjunt, les emissions del qual augmenten de manera molt considerable. Això era esperable atès el paper predominant del transport en l'increment en l'ús de l'energia. No obstant això, les emissions de gas natural impulsades pels tres efectes encara augmenten més. En el cas del carbó, en canvi, les emissions totals disminueixen i això s'explica sobretot per la seva substitució en el consum final per altres formes d'energia.

Podem ara abordar l'anàlisi des del punt de vista dels sectors d'activitat aquí considerats. Per sectors, la contribució més important al creixement de les emissions correspon amb diferència al sector del transport, l'increment del qual és gairebé el doble que el de la indústria. En canvi, els augments assignats als sectors serveis i domèstic són molt més moderats. Per a explicar-lo és important tenir en compte que –a Catalunya– el mateix augment de consum final d'energia comporta un major augment de les emissions en els casos de la indústria i del transport que no pas en el domèstic i, sobretot, els serveis, molt més dependents de l'ús d'electricitat. Un altre aspecte que podem veure en l'anàlisi sectorial és com l'efecte substitució, que disminueix les emissions, és particularment important per al sector industrial, encara que també és rellevant per als sectors de serveis i domèstic. No obstant això, com mostra l'efecte *transformació*, l'elevat increment dels consums d'energia elèctrica va compensar amb escreix en tots aquests sectors l'efecte *substitució* positiu. En el sector del transport, les emissions del qual estan totalment dominades per l'ús de derivats de petroli en els desplaçaments per carretera, els efectes substitució i transformació tenen un paper molt petit i el signe negatiu del darrer és degut –si més no en bona part– al fet que molts productes del petroli s'importen ja refinats i, per tant, no pot interpretar-se com una millora d'eficiència.

Gran part dels resultats en termes d'emissions es dedueixen directament de l'anàlisi energètica, pel que remetem també al que ja hem analitzat al capítol 3, i a l'annex F, que dona moltes de les claus explicatives.

Els consums finals de combustibles del sector transport es van incrementar en un 70,8 %. El sector industrial va incrementar els seus consums energètics finals en un 46,3 %, i la seva contribució al creixement total de l'energia final de l'economia fou del 17,3 %. Aquest creixement va ser superior a la seva contribució al creixement de les emissions totals, que foren d'un 16,9 %. Aquesta diferència ve molt ben explicada per la substitució de combustibles, com es pot comprovar a l'annex F, on queda clara la reducció en un 90 % de l'ús de carbó, el baix creixement dels derivats de petroli i el recurs al gas natural amb un factor d'emissió de CO₂ per tep inferior, com ja hem assenyalat abans. Aquests factors combinats han jugat un paper rellevant perquè l'efecte substitució d'aquest sector hagi estat el més destacable. No obstant això, el sector industrial ha estat el més important contribuïdor, des del punt de vista de la transformació, al creixement de les emissions totals amb un 5,45 %.

El sector serveis i domèstic han experimentat evolucions força paral·leles. Les substitucions de fonts energètiques finals han experimentat canvis semblants quant a les fonts. Així, per tots dos sectors ha disminuït el pes relatiu de productes petroliers: en el cas dels serveis el consum

va créixer només un 4,2 % i a les llars va disminuir en un 8,5 %. D'altra banda, tots dos sectors incrementen molt substancialment els seus consums de gas natural. L'efecte transformació en tots els dos casos va augmentar les emissions.

Tant els casos de la indústria com el dels serveis mereixerien una anàlisi molt més acurada, vinculant les emissions també al comportament econòmic dels diferents subsectors. Això permetria esbrinar aspectes importants com el comportament en l'ús més o menys eficient de l'energia, les relacions amb altres sectors i els impactes que es produeixen entre sectors, per estimar els marges de maniobra per a les polítiques ambientals que cal implementar. No disposem, però, com ja hem assenyalat, de les dades per fer aquesta anàlisi més desagregada.

Finalment, destacarem les diferències entre l'anàlisi energètica i l'anàlisi en termes d'emissions, que queden resumides a la taula 71.

	Transformació	Substitució	Consum final d'energia	Total
Energia primària	-8,8	-0,4	64,1	54,9
Emissions de CO ₂	8,6	-5,1	65,7	69,2

Taula 72. Contribució a l'augment de les necessitats d'energia primària i de les emissions de CO₂ per efectes explicatius (%)

Nota: a l'anàlisi de l'energia primària s'inclouen els usos no energètics. Sense ells, les dades canviarien lleugerament amb un augment total del 53 % en comptes del 54,9 %.

Font: elaboració pròpia a partir dels balanços d'energia facilitats per l'ICAEN i de la metodologia explicada al text.

El primer fet que es constata és que les emissions de CO₂ encara augmenten més que l'energia primària utilitzada malgrat el seu gran augment. Un factor, poc important quantitativament que actua en aquest sentit, és que l'efecte consum final d'energia és una mica més gran per a les emissions, a causa del paper preponderant del transport. Però el factor clau per explicar la diferència és l'efecte transformació que, des de la perspectiva del CO₂ ha tingut un paper negatiu, contribuint a l'increment de les emissions en un 8 %, encara que, des de la perspectiva de l'energia primària, les necessitats per a la transformació van disminuir. La raó principal, ja esmentada, és el pes decreixent de l'energia nuclear respecte de la producció d'electricitat en centrals tèrmiques de gas natural; aquestes tenen una major eficiència en la conversió de calor a electricitat, però emeten CO₂, a diferència de les nuclears que (directament) no emeten aquest gas. Aquest és un bon exemple de les diferents conclusions que de vegades podem extreure d'una anàlisi en termes d'energia primària o d'emissions de carboni (i també un bon exemple, encara que aquest és un altre tema, de com unes pressions ambientals poden disminuir a costa que augmentin

altres). D'altra banda, la substitució de combustibles en el consum final –bàsicament en favor del gas natural– ha jugat un paper favorable a la disminució de les emissions, mentre que va ser més o menys neutral respecte a les necessitats totals d'energia primària, però insuficient per compensar l'efecte transformació.

6.7. Conclusions

De l'estudi fet a la primera part del treball resulta palès que l'important creixement de les emissions a Catalunya durant el període considerat, d'un 60,1 % (molt superior al de la mitjana espanyola, d'un 50,5 %), s'explica com a factor principal per l'augment del PIB *per capita*, amb un creixement del 33,35 %. El creixement demogràfic també hauria contribuït de manera important a l'increment en les emissions totals, amb un augment del 10,5 % de la població; sobretot a partir de 1999, ja que a la dècada dels noranta la població va restar estable amb poques variacions.

No obstant això, les diferències en població i en disponibilitat de béns i serveis *per capita* no són suficients per explicar l'evolució que s'ha donat en les emissions totals. De fet, no n'hi ha prou amb l'evolució en l'activitat econòmica per explicar la important variació en les emissions *per capita* al llarg del període, com mostra el major augment de les emissions *per capita*, del 44,89 %, respecte del 33,35 % d'augment del PIB *per capita*. Per això hem analitzat altres variables explicatives que interactuen amb les variables econòmiques habituals i que són sobre les quals s'ha d'actuar dissenyant polítiques ambientals i econòmiques que facin compatible el benestar de la societat i el respecte al medi ambient. Indicadors com la intensitat energètica, l'índex de carbonització, i/o canvis en l'estructura productiva i la tecnologia dels processos productius juguen un paper important quant a les possibilitats de reduir les emissions de CO₂.

S'ha detectat que en el cas de Catalunya les dades mostren una major importància de l'evolució de la intensitat energètica per explicar el canvi que s'ha produït en la intensitat d'emissions del PIB. De fet, gairebé tot l'augment de la intensitat d'emissions del PIB (8,66 %) s'explicaria per l'augment de la intensitat energètica (8,36 %), mentre que l'índex de carbonització gairebé és el mateix a l'inici i al final del període. No obstant això, aquest resultat amaga la importància que ha tingut l'índex de carbonització en l'evolució de les emissions. La major variabilitat que s'ha donat en aquest índex explica, en gran part, les variacions experimentades al llarg el període per la intensitat d'emissions del PIB. Si agafem el període i l'analitzem any per any, trobarem que l'evolució de l'índex de carbonització ha estat la responsable principal de la reducció d'emissions per unitat de PIB que es va produir entre 1995 i 1998. I també ha estat

el fort increment entre 2002 i 2004 d'aquest índex el que ha provocat l'augment que s'ha produït al final del període en la intensitat de carboni del PIB.

La substitució de les fonts energètiques utilitzades és un factor important a l'hora d'explicar els consums d'energia primària utilitzada i les emissions de CO₂. No obstant això, s'ha de tenir en compte que el transport per carretera fa un ús intensiu de l'energia, fet que dificulta que baixi la intensitat energètica, i es nodreix amb el consum de combustibles fòssils, que dificulta que baixi l'índex de carbonització, contrarestant els canvis produïts en altres sectors on hi ha hagut substitució per combustibles que, com el gas natural, emeten menys CO₂. L'anàlisi mostra que la contribució més important al creixement de les emissions correspon al sector transport, l'increment del qual és més del doble que el de la indústria.

D'altra banda, el sector industrial va incrementar els seus consums energètics finals en un 46,3 %, i la seva contribució al creixement total de l'energia final de l'economia fou del 17,3 %. Aquest creixement fou superior a la seva contribució a les emissions totals, que foren d'un 16,9 %. Aquesta diferència s'explica molt bé per la substitució de combustibles. La gran reducció de l'ús de carbó, el baix creixement dels derivats de petroli i el recurs al gas natural amb un menor factor d'emissió de CO₂ per tep, ha fet possible un efecte de substitució en aquest sector, que ha estat el més important. Això ha ajudat al fet que les emissions totals no es desapareixin més. No obstant això, atès el creixent ús de gas natural en l'obtenció d'electricitat –en detriment relatiu de l'energia nuclear–, el sector industrial ha estat el més important contribuïdor, des del punt de vista de la transformació d'energia final a primària, al creixement de les emissions totals, amb un 5,45 %.

Els sectors de serveis i domèstic han experimentat evolucions força paral·leles. Les substitucions de fonts energètiques finals han experimentat canvis semblants en les fonts. Així, en tots dos sectors ha disminuït el pes relatiu dels productes petrolers. D'altra banda, tots dos sectors incrementen molt substancialment els seus consums de gas natural. L'efecte transformació en tots dos casos va augmentar les emissions i podem apuntar que la raó està en el canvi en el mix elèctric.

Tot i el que hem comentat en relació amb el comportament dels sectors productius quant als seus consums energètics i les emissions de CO₂ vinculades a aquests consums, cal dir que, deixant de banda el transport, que inequívocament és un dels grans responsables de les emissions del més important dels gasos amb efecte d'hivernacle, els casos de la indústria i els serveis mereixerien una anàlisi molt més acurada, vinculant les emissions també al comportament econòmic dels diferents subsectors. Això permetria aprofundir en aspectes impor-

tants com el comportament quant a l'ús més o menys eficient de l'energia, les relacions amb altres sectors i els impactes que es donen entre sectors, per estimar els marges de maniobra de les polítiques ambientals que cal implementar.

Comparant els increments percentuals deguts als diferents efectes sobre les emissions i l'energia primària necessària, la importància de l'increment del consum final d'energia (efecte consum final d'energia) és fonamental. D'altra banda, la substitució de combustibles –bàsicament en favor del gas natural– ha jugat un paper favorable en la disminució de les emissions, però molt petit i insuficient per compensar els desfavorables resultats donats per l'increment de les necessitats d'energia primària. Convé destacar que, tot i la seva poca importància, la substitució de les fonts energètiques emprades pels sectors econòmics ha tingut un impacte molt més significatiu en la reducció d'emissions que no pas en la disminució de les necessitats d'energia primària. Finalment, l'efecte transformació ha jugat des de la perspectiva del CO₂ un efecte prou negatiu, contribuint a l'increment de les emissions en un 14 %, tot i que, des de la perspectiva de l'energia primària, les necessitats per a la transformació van disminuir. La raó principal és el pes decreixent de l'energia nuclear respecte a la producció d'electricitat en centrals tèrmiques de gas natural; aquestes tenen una major eficiència en la conversió de calor a electricitat però emeten CO₂ a diferència de les nuclears, que (directament) no emeten aquest gas. Aquest és un bon exemple de les diferents conclusions que de vegades podem treure d'una anàlisi d'efectes en termes d'energia primària o d'emissions de carboni.

A Catalunya, de la mateixa manera que al conjunt de l'Estat espanyol, i al contrari del que ha passat en molts països industrialitzats, no s'ha produït una reducció de la intensitat energètica del PIB. És més, aquesta intensitat ha augmentat al llarg del període analitzat, amb el resultat que la intensitat de carboni del PIB també s'ha incrementat. Malgrat els guanys d'eficiència en l'ús d'energia als sectors industrials, el fort augment en l'ús d'energia per part del transport per carretera ha portat a aquest comportament.

En conclusió, en el cas de Catalunya no és possible parlar de desvinculació entre creixement econòmic i emissions de CO₂ en cap dels sentits en què habitualment s'utilitza el terme, ja que tant les emissions totals com la intensitat de les emissions del PIB augmenten al llarg del període considerat. En aquest sentit i, des de la nostra perspectiva, queda clar que cal aplicar polítiques adients i orientades a millorar l'eficiència energètica així com a reduir les emissions per unitat d'energia si volem evitar que el creixement econòmic continuï comportant emissions majors (tant absolutes com per unitat de PIB).

Efecte transformació						
	Primari	Indústria	Serveis	Transport	Domèstic	Total
Carbó	-4,6	-202,5	-120,5	-11,3	-97,9	-436,7
Petroli	-564,1	-1635,1	-408,2	-5467,8	-583,3	-8658,4
SDP	519,0	1343,6	286,4	5055,2	459,6	7663,7
Gas natural	45,9	1635,7	1020,1	164,2	801,5	3667,5
Total	-3,8	1141,8	777,8	-259,7	579,9	2236,1
Efecte substitució						
	Primari	Indústria	Serveis	Transport	Domèstic	Total
Carbó	-0,1	-1111,8	9,0	-4,2	-43,0	-1150,0
Petroli	-26,5	-761,5	-414,5	-44,4	-682,4	-1929,3
SDP	-5,4	-154,6	-89,5	-9,1	-141,2	-399,9
Gas natural	15,1	1342,0	263,9	-6,1	548,1	2162,9
Total	-17,0	-685,8	-231,1	-63,8	-318,5	-1316,2
Efecte consum final d'energia						
	Primari	Indústria	Serveis	Transport	Domèstic	Total
Carbó	4,0	389,7	171,6	12,1	110,4	687,8
Petroli	609,7	1403,5	603,0	7109,0	688,2	10413,4
SDP	113,5	245,3	95,1	1329,1	111,0	1894,0
Gas natural	19,2	1897,7	987,6	56,3	1058,1	4018,9
Total	746,4	3936,2	1857,3	8506,5	1967,7	17014,1
Efecte total						
	Primari	Indústria	Serveis	Transport	Domèstic	Total
Carbó	-0,7	-924,5	60,2	-3,4	-30,4	-898,8
Petroli	19,1	-993,0	-219,8	1596,8	-577,4	-174,4
SDP	627,1	1434,3	291,9	6375,2	429,3	9157,8
Gas natural	80,2	4875,4	2271,7	214,4	2407,7	9849,4
Total	725,7	4392,2	2404,0	8182,9	2229,1	17933,9

Taula 73. Descomposició de la variació d'emissions en efectes

Font: Elaboració pròpia a partir de les dades de l'INE i ICAEN, segons la metodologia explicada al text.

Referències

- ALCÁNTARA, V.; PADILLA, E. (2006). "An input-output analysis of the «key» sectors in CO₂ emissions from a production perspective: an application to the spanish economy". *Working Paper* 06.01. Bellaterra: UAB, Departament d'Economia Aplicada.
- ALCÁNTARA, V.; ROCA, J. (1995). "Energy and CO₂ emissions in Spain. Methodology of analysis and some results for 1980-1990". *Energy Economics*, vol. 17 (3), p. 221-230.
- ALCÁNTARA, V.; ROCA, J. (1996). "Tendencias en el uso de energía en España (1975-1990). Un análisis a partir de los balances energéticos". *Economía industrial*, núm. 311, p. 161-67
- ALCÁNTARA, V.; ROCA, J., (2003). "Consumo energético y actividad económica: Sobre el uso de los balances energéticos desde una perspectiva input-output". A: CAMPOS PALACÍN, P.; CASADO RAIGÓN, J.M. (coord), *Contabilidad Nacional Ambiental Integrada*. Madrid: Consejo General de Colegios de Economistas de España, p. 163-178.
- ANG, B.W. (1999). "Is the energy intensity a less useful indicator than the carbon factor in the study of climate change?", *Energy Policy*, 27, p. 943-946.
- ANG, B.W.; ZHANG, F.Q., (2000). "A survey of index decomposition analysis in energy and environmental studies", *Energy*, 25, p. 1149-1176.
- BRUYN, S. M. DE; OPSCHOOR, J. B. (1997). "Developments in the throughput-income relationship: theoretical and empirical observations", *Ecological Economics*, vol. 20, p. 255-268.
- BUNN, D. (2000). Editorial, *Energy Economics*, 22, p. 1-8.
- CHOI, K.H.; ANG, B.W. (2003). "Decomposition of aggregate energy intensity changes in two measures: ratio and difference» *Energy Economics* 25, p. 615-624.
- GENERALITAT DE CATALUNYA (2005). *Pla de l'Energia de Catalunya 2006-2015. Pla estratègic*. Barcelona: Generalitat de Catalunya, Departament de Treball i Indústria.
- HOEKSTRA, R. (2005). *Economic Growth, Material Flows and the Environment*. Edward Elgar, Cheltenham.
- IPCC (1996). *Revised 1996 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventory*.
- KAYA, Y. (1989). "Impact of Carbon Dioxide Emission Control on GNP Growth: Interpretation of Proposed Scenarios", *paper presented to the Energy and Industry Subgroup, Response Strategies Working Group*. París: Intergovernmental Panel on Climate Change.
- KUZNETS, S. (1955). "Economic growth and income inequality", *American Economic Review*, vol. 45, p. 1-28.
- LIU, F.L.; B.W. ANG (2003). "Eight methods for decomposing the aggregate energy-intensity of industry" *Applied Energy* 76 (1-3), p. 15-23.
- MIELNIK, O.; GOLDEMBERG, J. (1999). "The evolution of the "carbonization index" in developing countries", *Energy Policy*, vol. 27, p. 307-308.
- MINISTERI DE MEDI AMBIENT (2006). *Inventario de Emisiones a la Atmósfera. CORINE-AIRE*.
- PADILLA, E.; ROCA, J. (2003). "Las propuestas para un impuesto europeo sobre el CO₂ y sus potenciales implicaciones distributivas entre países", *Revista de Economía Crítica*, n. 2 (diciembre), p. 5-24.
- ROCA, J.; ALCÁNTARA, V. (2001). "Energy intensity, CO₂ emissions and the environmental Kuznets curve. The Spanish case". *Energy Policy* 29. p. 553-556
- ROCA, J.; ALCÁNTARA, V. (2002). "Economic Growth, Energy Use, and CO₂ Emissions". A: BLACKWOOD, J.R. (editor). *Energy Research at the Cutting Edge*. Nova York: Nova Science Publishers.
- ROCA, J.; PADILLA, E.; FARRÉ, M.; GALLETO, V. (2001). "Economic Growth and Atmospheric Pollution in Spain: Discussing the Environmental Kuznets Curve Hypothesis", *Ecological Economics*, vol. 39, n. 1, p. 85-99.
- ROCA, J.; PADILLA, E. (2003). "Emisiones atmosféricas y crecimiento económico en España: la curva de Kuznets ambiental y el Protocolo de Kyoto", *Economía Industrial*, n. 351, (número monográfico: Ecología Industrial y Desarrollo Sostenible: Perspectivas nacional, regional y urbana), p. 73-86.
- SUN, J.W. (1998). "Changes in energy consumption and energy intensity: a complete decomposition model", *Energy Economics*, 20, p. 85-100.
- SUN, J.W. (1999). "The nature of CO₂ emissions Kuznets curve". *Energy Policy* 27, 691-694.
- YAMAJI, K.; MATSUHASHI R.; NAGATA, Y.; KAYA, Y. (1991). "An Integrated Systems for CO₂/Energy/GNP Analysis: Case Studies on Economic Measures for CO₂ Reduction in Japan". *Workshop on CO₂ Reduction and Removal: Measures for the Next Century, 19-21 March 1991*. Laxenburg, Àustria: International Institute for Applied Systems Analysis.

7. Exemples d'instruments per a la gestió de la demanda d'energia

Esteve Corbera, Ignasi Puig Ventosa, Jesús Ramos Martín i Sílvia Cañellas Boltà

Esteve Corbera és doctor en estudis per al desenvolupament per la Universitat d'East Anglia (Regne Unit) i llicenciat en Ciències Ambientals per la UAB. També ha cursat un Màster en Recursos Naturals i Desenvolupament i un postgrau en Gestió Ambiental a l'Administració Pública i Privada. Actualment és investigador sènior del *Tyndall Centre for Climate Change Research* al Regne Unit i professor visitant a l'Institut de Ciència i Tecnologia Ambientals de la UAB, on desenvolupa estudis relacionats amb el Conveni Marc pel Canvi Climàtic, el Protocol de Kyoto i mercats de serveis ambientals. Ha analitzat els impactes socials de projectes de mitigació de gasos amb efecte d'hivernacle en el sector forestal a Mèxic i Belize, i en el sector energètic a Sud-Àfrica. Ha publicat articles en revistes científiques, llibres i altres mitjans de divulgació escrita. També ha estat professor assistent per la llicenciatura i el Màster en Medi Ambient i Desenvolupament a la Universitat d'East Anglia.

A/e: e.corbera@uea.ac.uk

Ignasi Puig Ventosa és enginyer industrial superior i doctor en ciències ambientals. És un destacat expert en temes de fiscalitat ambiental i polítiques ambientals locals. Treballa com a consultor en economia ecològica a ENT Medi Ambient i Gestió. També ha treballat com a assessor de medi ambient i energia al Congrés dels Diputats i com a especialista en fiscalitat ambiental a l'Organització per a la Cooperació i el Desenvolupament Econòmic (OCDE). És autor del llibre *Fiscalitat Ambiental Local* i co-autor del llibre *Experiències autonòmiques de fiscalitat ambiental i propostes per a Catalunya*, entre altres.

A/e: ipuig@ent.cat

Jesús Ramos Martín, doctor en Ciències Ambientals per la UAB, és un economista ecològic amb experiència en el camp del desenvolupament econòmic i l'evolució dels sistemes econòmics des d'un punt de vista biofísic, aplicant conceptes de la termodinàmica i de la teoria de sistemes complexos. Té experiència en l'estudi del metabolisme social i l'avaluació ambiental integrada. Actualment és professor lector del Departament d'Economia i d'Història Econòmica de la UAB. Ha estat, a més, investigador i professor a la Universitat de Klagenfurt (Àustria), i a l'INRAN italià, i professor d'Economia Ecològica a la FLACSO a la seva seu a Quito. És membre del Comitè Organitzador del Congrés Iberoamericà de Desenvolupament i Medi Ambient que se celebra cada dos anys, i de l'equip editor de la *Revista Iberoamericana d'Economia Ecològica*.

A/e: jesus.ramos@uab.cat

Sílvia Cañellas Boltà és llicenciada i màster en Ciències Ambientals per la UAB. Ha participat en projectes de recerca sobre polítiques ambientals i gestió ambiental a la UAB i a la Universitat de Bergen, i ha publicat diferents articles en revistes especialitzades. Ha treballat com a consultora per a diverses administracions, i actualment treballa al Consell Assessor per al Desenvolupament Sostenible (CADS).

A/e: scanellas@gencat.cat

Capítol 7. Exemples d'instruments per a la gestió de la demanda d'energia

- 7.1. Introducció
- 7.2. Instruments de gestió energètica
 - 7.2.1. Instruments existents: ajuts públics
 - 7.2.2. Incentius econòmics: el concepte 50-50 i el reciclatge d'inversions
 - 7.2.3. Agències i empreses d'energia
 - 7.2.4. Planificació al mínim cost (PMC)
 - 7.2.5. Compres públiques de les administracions
 - 7.2.6. Del subministrament d'energia a la provisió de serveis energètics
- 7.3. Fiscalitat ambiental en l'àmbit de l'energia
 - 7.3.1. Introducció
 - 7.3.2. La situació de la fiscalitat ambiental de l'energia en altres indrets
 - 7.3.3. Propostes de fiscalitat ambiental en l'àmbit de la gestió de l'energia a Catalunya
 - 7.3.4. Consideracions sobre fiscalitat de l'energia des de les hisendes locals
 - 7.3.5. La fiscalitat ambiental de l'energia com a eix bàsic d'una reforma fiscal ecològica
 - 7.3.6. Conclusions sobre fiscalitat
- 7.4. Quotes d'emissió i consum d'energia
 - 7.4.1. Introducció
 - 7.4.2. Fonaments de les quotes d'emissions individuals
 - 7.4.3. Les quotes d'emissió comercialitzables i altres propostes de quotes d'emissió individuals
 - 7.4.4. Presentació de la proposta de QEC desenvolupada al Regne Unit
 - 7.4.5. Compatibilitat entre el sistema de QEC i el mercat europeu d'emissions
 - 7.4.6. Possibilitats d'implementació a Catalunya
- 7.5. Conclusions

7.1. Introducció

Aquest capítol presenta un conjunt d'instruments que tenen com a objectiu fomentar l'estalvi energètic, el canvi a formes més eficients en l'ús de l'energia i l'ús de fonts d'energia renovables. Els instruments que es presenten són molt diversos i estan dividits en tres grans grups:

- instruments de gestió
- fiscalitat energètica
- limitació del consum a través de quotes individuals

L'objectiu d'aquest capítol és servir com a *mostrari* d'idees i instruments que existeixen i discutir-ne els aspectes positius i negatius. Per tant, es presenten mesures de diferent grau d'innovació, dirigides a diferents escales, i de major o menor aplicabilitat directa a Catalunya.

En tots els casos les mesures proposades inclouen exemples de la seva aplicació pràctica arreu del món, emfatitzant les que s'han aplicat amb èxit en ciutats catalanes o del conjunt de l'Estat espanyol. Alhora, s'han inclòs referències sobre quina seria la possibilitat d'implementació a Catalunya de cadascuna de les mesures.

El capítol se centra en les possibilitats d'actuació de les administracions públiques en la gestió energètica. Això és així per diversos motius: en primer lloc, perquè l'Administració pública catalana és prestadora de multitud de serveis i té un gran nombre d'oficines, de manera que el consum d'energia és una despesa important i, a més a més, l'Administració pública és un marc adequat per promoure mesures innovadores. En segon lloc, les comunitats autònomes tenen transferides part de les competències en matèria energètica,¹ per la qual cosa tenen una certa capacitat per modificar el sistema energètic, tot i el procés de liberalització. L'actual model de generació elèctrica prové d'un passat de caire públic, i són decisions públiques sobre les infraestructures el que condiciona els consums d'energia en el futur (per exemple, en el cas del transport). Així, les administracions públiques poden jugar un paper molt important no només com a consumidors d'energia, sinó també legislant i executant les polítiques dissenyades per afrontar els problemes vinculats al consum energètic, que es presenten en altres capítols. Per tant, les mesures que proposem aquí tenen un component públic molt important, però això no vol dir que els canvis de comportament en l'àmbit privat siguin tan o més importants amb vista a afrontar la situació. De

fet, algunes de les mesures també són aplicables a organitzacions privades, i moltes altres són impulsades per l'Administració pública però afecten tant entitats privades com consumidors individuals.

El primer grup de mesures fa referència a instruments de gestió energètica que facilitarien la transició cap a un ús més racional i eficient de l'energia. En primer lloc parlarem de mesures que ja existeixen, com els ajuts econòmics públics per implementar mesures d'estalvi i eficiència i per a la promoció d'energies renovables. També s'inclou la referència a instruments innovadors dels quals hi ha poques experiències a Catalunya, com l'estratègia coneguda com a 50-50 i el reciclatge d'inversions, les compres públiques o la creació d'agències i empreses de l'energia. Algunes d'elles es dirigeixen principalment a la gestió d'equipaments i serveis i a mesures d'àmbit local, que poden ser promogudes també per la Generalitat. Finalment, l'apartat inclou propostes d'innovació en la planificació i es presenta la idea de provisió de serveis energètics.

El segon grup de mesures consisteix en propostes de fiscalitat ambiental. Els impostos ambientals són els que es poden utilitzar per crear incentius econòmics per estimular l'adopció de conductes més desitjables des d'un punt de vista ambiental. La mateixa lògica es pot aplicar a l'energia, de manera que es pot utilitzar la fiscalitat per promoure l'estalvi energètic o comportaments més adequats en termes energètics. L'apartat presenta exemples de com s'han aplicat mesures de fiscalitat ambiental en l'àmbit de l'energia a diferents comunitats autònomes de l'Estat espanyol i en altres països, i posteriorment es proposen mesures de fiscalitat en l'àmbit de Catalunya i també local.

El capítol es completa amb la presentació d'una eina innovadora que té la particularitat que lliga el consum d'energia amb les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle i, per tant, proposa canvis que repercutixin positivament en aquests dos aspectes. La idea de fons és establir un sistema de quotes d'emissions de gasos amb efecte d'hivernacle que es repartirien de manera equitativa a cada individu i organització. Aquestes es consumirien en realitzar una compra de carburant o a través de la factura d'electricitat i gas. El capítol presenta les idees principals darrere d'aquest instrument, que encara no s'ha portat mai a la pràctica, seguint la metodologia que ha tingut més ressò al Regne Unit, que s'anomena quotes d'emissions comercialitzables (QEC).

1. L'energia és una competència compartida entre l'Administració central de l'Estat i la Generalitat de Catalunya. Segons el nou Estatut d'Autonomia de Catalunya de 2006, la Generalitat té la competència en regulació, l'autorització i la inspecció i el control de les instal·lacions, per a totes les activitats de producció, emmagatzematge i transport d'energia, i també les de distribució, que es produeixen a Catalunya. A més a més, la Generalitat de Catalunya té la competència compartida amb l'Estat en el foment i la gestió de les energies renovables i de l'eficiència energètica. També participa en la regulació i la planificació d'àmbit estatal del sector de l'energia que afecti el territori de Catalunya. L'Estat encara manté competències en matèria de preus i, per mitjà dels diversos plans i de legislació bàsica, marca les línies principals de la política energètica relativa a preus, taxes, estructura energètica nacional a llarg termini, operació del mercat elèctric, etc. És a dir, en general podem dir que encara manté un fort control sobre aquest sector de valor estratègic.

Finalment, s'inclourà un apartat de conclusions on es remarcaran quines són les mesures més adequades per al context català.

7.2. Instruments de gestió energètica

En aquesta secció presentem un conjunt d'instruments econòmics que tenen com a objectiu millorar el funcionament de la gestió energètica, fomentar l'estalvi i l'eficiència energètica, i promoure la utilització de fonts d'energia renovables. Començarem presentant instruments que ja existeixen, com són els ajuts públics, i posteriorment presentarem mesures més innovadores de gestió i planificació energètica.

7.2.1. Instruments existents: ajuts públics

La principal mesura econòmica de gestió energètica que s'utilitza actualment són els ajuts públics per a la implementació de mesures d'estalvi i eficiència energètica en els diferents sectors (sobretot industrial i domèstic), d'una banda, i per a la promoció d'energies renovables i sistemes més eficients de generació d'energia, de l'altra.

Pel que fa a les primeres, el govern català té un programa específic per a mesures d'eficiència i estalvi energètic, que s'anomena Estratègia d'estalvi i eficiència energètica, que forma part del Pla de l'energia de Catalunya 2006-2015. Aquesta estratègia té com a objectiu arribar a un estalvi de 2.138 ktep anuals l'any 2015 (un 10 % de l'energia final consumida segons les previsions de l'escenari tendencial), amb una inversió prevista total de 4.320 M€, dels quals 1.079 M€ són diners públics, i la resta hauria de ser inversió assumida pel sector privat. Es preveu una despesa pública a fons perdut de 335 M€, mentre que la inversió pública es xifra en 744 M€, la major part dels quals (659 M€) es destinaran al sector transport, i 85 M€ a edificis. L'estratègia no detalla les quantitats que es destinen a cada tipus de mesura, que consisteixen en ajuts puntuals (com el de renovació d'electrodomèstics o calderes, l'any 2006) i convocatòries anuals per finançar mesures d'estalvi i eficiència i introducció d'energies renovables, a les quals poden optar particulars, organitzacions, empreses i indústries.²

A més a més, el govern espanyol està duent a terme el Pla d'acció 2005-2007 dins de l'Estratègia de ahorro y efi-

ciencia energética en Espanya 2004-2012 (coneguda com a E4). El Pla d'acció 2005-2007 té una inversió total prevista de 7.926 M€, dels quals 729 M€ seran ajuts públics, que es dedicaran sobretot a edificis i equips, i també a ajuts per a la indústria. Es preveu un estalvi de 12.000 ktep entre 2005 i 2007.

Aquest tipus de mesures són necessàries ja que normalment la introducció de mesures d'estalvi o eficiència implica inversions de capital a l'inici del període que desincentiven l'acció privada ja que el retorn d'aquesta inversió pot trigar anys a materialitzar-se. Un altre factor a favor d'aquest tipus d'instrument és que generalment s'estan subvencionant tecnologies emergents o amb un mercat molt reduït, fet que millora les possibilitats de producció en massa i del seu abaratiment.

En segon lloc, una línia molt important de suport a les energies renovables és el marc retributiu del règim especial, en vigor a l'Estat espanyol des de 1997.³ Amb la finalitat de promoure el desenvolupament de les energies renovables, el sistema elèctric espanyol tracta de manera diferent les fonts convencionals (que es regeix pel que es coneix com a règim ordinari) i les renovables i altres sistemes de generació d'electricitat eficients, que es regeixen pel que s'anomena règim especial. Cal remarcar que aquesta és una competència de l'Estat, en la qual Catalunya no pot intervenir directament. A l'Estat espanyol s'ha optat per un sistema de suport al preu, que s'anomena "feed-in tariff", que és el que ha resultat més efectiu a Europa per al desenvolupament de les energies renovables (s'aplica també a països com Alemanya i Dinamarca). Aquest sistema es basa a assegurar als generadors d'electricitat d'origen renovable que podran vendre tota la seva producció a un preu determinat, o si ho prefereixen podran vendre-la al mercat i rebran un incentiu per anar al mercat més una prima segons la tecnologia, que es justifica pels avantatges ambientals de les renovables. El marc retributiu vigent actualment és l'establert pel Reial decret 436/2004.⁴ Aquest Reial decret actualment està en procés de revisió.⁵

Finalment, un altre aspecte que cal considerar per part de les administracions és el de treure les subvencions i les exempcions que poden tenir efectes perversos en termes de consum d'energia. En aquest sentit cal fer un estudi en profunditat de com les actuals subvencions i exempcions estan distorsionant comportaments i afavorint consums

2. <http://www.icaen.net/>.

3. Els orígens es troben a la Llei 82/1980, de conservació de l'energia, i el marc vigent actualment és la Llei 54/97 del sector elèctric (que està en procés de modificació per adaptar-la a les directives europees).

4. Reial Decret 436/2004, de 12 de març, pel qual s'estableix la metodologia per a l'actualització i la sistematització del règim jurídic i econòmic de l'activitat de producció d'energia elèctrica en règim especial. BOE núm. 75. 27 març 2004. El RD estableix que el titular de la instal·lació pot triar entre dues opcions retributives (CNE, 2006): 1) Vendre la producció o els excedents al distribuïdor a un preu fix regulat per kWh produït (fixat com un percentatge sobre la tarifa mitjana o de referència, TMR), establert per a cada instal·lació; 2) Vendre la producció o els excedents directament al mercat diari, a través d'un contracte, pel qual es percep el preu negociat al mercat, més un incentiu (entre un 5-10 % de la TMR) i una prima (30-40 % de la TMR), en funció de la instal·lació. La TMR es publica a finals de cada any per a l'any següent en el decret que estableix la tarifa elèctrica.

5. Vegeu-ne un resum al butlletí de l'IDAE: http://www.idae.es/doc/boletin29_81558.pdf.

no responsables d'energia. Alguns exemples en aquest sentit podrien ser les ajudes al sector del carbó o l'exempció dels combustibles d'aviació de l'impost d'hidrocarburs.

7.2.2. Incentius econòmics: el concepte 50-50 i el reciclatge d'inversions

Un altre grup d'instruments econòmics es basa a utilitzar l'estalvi en la despesa econòmica que s'aconsegueix amb les mesures d'eficiència i estalvi d'energia com a incentiu per promoure els canvis i per obtenir recursos per portar a terme noves mesures de millora de l'eficiència. Aquestes mesures estan pensades per a ser introduïdes en edificis públics, dependents de qualsevol nivell de l'Administració (tant als organismes de l'Estat, de la Generalitat, diputacions, consells comarcals, com a ajuntaments), per tal de reduir, a la vegada, la despesa en energia i el consum energètic, però es podria aplicar també a l'àmbit empresarial.

Un instrument senzill és el que es coneix com a "50-50" (Iraegui i Ramos, 2004: 81). Està destinat a equipaments públics o altres tipus d'instal·lacions on ni els usuaris ni el gestor de la instal·lació són els qui paguen la factura de l'energia, i es basa a establir un incentiu econòmic per a promoure la reducció del consum. L'administració responsable i el gestor de la instal·lació acorden prendre mesures d'estalvi (ja sigui amb el canvi d'hàbits o introduint mesures d'estalvi i eficiència) i que la reducció en la despesa energètica (factura de l'electricitat o del gas, etc.) es convertirà en recursos tant per a l'Administració responsable com per a la instal·lació, repartits al 50 %. És a dir, l'estalvi monetari al cap d'un cert període de temps és compensat a través d'una aportació extra (equivalent al 50 % de l'estalvi), que es pot dedicar a projectes o activitats de l'equipament. Es tracta, doncs, d'un projecte win-win o de doble benefici, en el sentit que tant l'Administració com els usuaris d'equipaments es beneficien directament de l'estalvi energètic aconseguit. La figura 69 mostra un esquema del funcionament d'aquest instrument en el cas d'una escola.

Aquest instrument es va desenvolupar per primer cop a la ciutat d'Hamburg (Alemanya) el 1994,⁶ i s'ha estès a moltes altres ciutats alemanyes i altres països, com Holanda. La majoria d'experiències corresponen a escoles, però s'ha estès també a l'estalvi d'altres recursos, com l'aigua. A Catalunya s'ha aplicat al municipi de Sant Sadurní d'Anoia, concretament a l'institut d'ensenyament secundari⁷ d'aquesta població.

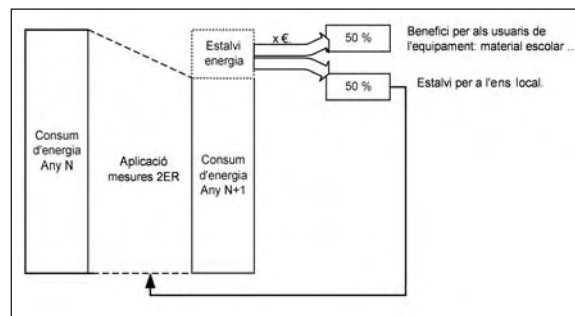


Fig. 69. El concepte 50-50 aplicat a l'energia en una escola

Font: Iraegui i Ramos (2004: 82) © Fundació Carles Pi i Sunyer.

El funcionament és senzill.⁸ En primer lloc cal establir el consum d'electricitat i gas de l'equipament, que s'utilitzarà com a referència. A partir d'aquí es calculen els estalvis energètics assolits per cada equipament, tenint en compte que caldrà corregir els valors de consum per raons no imputables als usuaris com ara una variació del nombre d'usuaris, ampliació de l'horari, etc.

El reciclatge d'inversions energètiques

Un instrument similar a l'anterior és el *reciclatge* d'inversions energètiques (Iraegui i Ramos 2004: 70-71). L'objectiu és reinvertir els estalvis obtinguts gràcies a la implementació d'unes primeres mesures d'estalvi i eficiència, en noves mesures que requereixin una inversió més gran. És un instrument que permet reinvertir l'estalvi econòmic obtingut de les mesures de curt i mitjà termini per ajudar a finançar la implementació de les mesures de més llarg termini. La raó d'aquest plantejament és assolir el màxim benefici ambiental i social amb un esforç econòmic neutre durant un període de temps determinat.

Un exemple d'aplicació d'aquest tipus d'instruments a la gestió energètica és el municipi anglès de Woking,⁹ que va assolir un estalvi en el consum energètic de dependències municipals del 37 % en 10 anys (de 1990 a 2000) i una millora en l'eficiència del 14 % al sector privat. El municipi va crear un fons de capital per a eficiència energètica el 1990 que es dota amb les quantitats que les mesures d'estalvi i eficiència han estalviat al municipi. Això li permet reinvertir aquests diners en altres mesures i instal·lacions que millorin encara més l'eficiència global del municipi. Amb aquesta mesura s'han invertit més de 2 milions de lliures a partir d'una dotació inicial de 250.000 lliures.

6. Vegeu <http://www.tve.org/ho/doc.cfm?aid=252&lang=English> o el document http://www.handsontv.info/series1/reports_13-18/reports_13-18_mm/5050.pdf.

7. <http://www.escola5050.net/>.

8. Es poden aplicar variants d'aquest sistema, com ara "50-25-25", on un 50 va a l'Administració, un 25 % als gestors de l'equipament i un 25 % a usos escollits pels usuaris; o altres tipus d'acords.

9. Vegeu <http://www.theclimategroup.org/index.php?pid=548> o el document <http://portal.est.org.uk/uploads/documents/housingbuildings/Woking.pdf>.

7.2.3. Agències i empreses d'energia

Per poder aplicar els instruments econòmics presentats abans cal una estructura institucional adequada que tingui capacitat de decisió i actuació, que sigui àgil, tingui recursos propis i capacitat d'adaptació a les necessitats. En l'àmbit de la gestió energètica, aquesta estructura institucional la poden donar les agències de l'energia. En aquest sentit creiem que l'Institut Català de l'Energia hauria d'anar en la direcció de constituir-se com a agència, estructura que li donaria major flexibilitat, autonomia i capacitat d'actuació. En relació amb les mesures proposades al llarg d'aquest estudi, en podria gestionar les subvencions, com ja fa actualment, i promoure i gestionar altres tipus d'instruments, com ara l'aplicació d'estratègies 50-50.

D'altra banda, la creació no només d'agències sinó d'empreses d'energia a diferents nivells (local, comarcal, català) és una altra de les actuacions que es poden fer per promoure directament la millora de l'eficiència en la gestió energètica. Es tracta de societats públiques o mixtes que tenen com a objectius concrets el foment de l'estalvi, l'eficiència i les energies renovables, però de manera activa (Iraegui i Ramos 2004: 203), i que poden combinar actuacions de millora de l'eficiència del sistema amb la instal·lació de centres de generació i distribució d'electricitat (per exemple amb la instal·lació de panells solars, parcs eòlics de titularitat pública, etc) o calor (instal·lacions de cogeneració als barris, als equipaments públics, etc).

Amb la creació d'empreses d'energia les administracions, a banda de ser consumidores d'energia, poden convertir-se en productors, promotors d'instal·lacions i fins i tot, en segons quins casos, en comercialitzadors.

Actualment ja hi ha alguns exemples interessants, entre els quals destaquen les empreses de caràcter mixt (públiques i privades) creades per a la gestió de sistemes de calefacció de districte a Molins de Rei, Sant Pere de Torelló, l'anomenat tub verd de Mataró, i al municipi de Cuéllar, a Segovia. El potencial d'aquest tipus d'empreses és molt gran només tenint en compte els volums de consum de les administracions públiques.

Un avantatge important és que permet a l'Administració facilitar el procés de tendir cap a un model de generació distribuïda. Fins i tot es poden desenvolupar projectes de comercialització creant petites xarxes de distribució a les rodalies de les instal·lacions generadores i, per tant, aprofitar al màxim el nou rol d'agent comercialitzador de l'energia. Això és el que fa l'empresa d'energia municipal de Woking al Regne Unit, que va començar la seva activitat amb la tasca de proveir energia al seu municipi, i que actualment subministra electricitat *verda* (de fonts

renovables) a altres autoritats locals, entitats públiques i el sector privat tant dins com fora de Woking (Jones, 2001).

La creació d'una empresa d'energia en l'àmbit de la Generalitat (ja fos totalment pública o mixta) podria permetre gestionar les inversions en eficiència de l'Administració pública, i gestionar el reciclatge d'inversions per les millores en eficiència que s'ha comentat anteriorment de manera centralitzada a la Generalitat.

A més a més, l'empresa podria impulsar directament la instal·lació d'energies alternatives, i es podria utilitzar també per promoure el canvi envers la provisió de serveis energètics, que s'explica més endavant.

7.2.4. Planificació al mínim cost (PMC)

Una altra de les possibles mesures que podria prendre el govern català (juntament amb ICAEN) és promoure legislació a fi que les empreses privades del sector de l'energia hagin d'incloure mesures de gestió de la demanda als seus plans d'actuació. Això es pot fer a través de la introducció en la planificació de les empreses del concepte de planificació al mínim cost (PMC), que s'ha desenvolupat en primer lloc als EUA (Wilson i Swisher, 1993) i posteriorment a Alemanya (Hennicke, 1993).

La *planificació al mínim cost* consisteix que, tenint en compte que la demanda d'un determinat servei es pot cobrir de diferents maneres (és a dir, amb diverses tecnologies o mesures, cadascuna amb un cost associat), a través dels criteris de planificació s'ha de garantir que el sistema prioritza les mesures en funció del cost i l'efectivitat (que assoleixin l'objectiu marcat prèviament amb un menor cost). La idea de fons és que si un mateix servei es pot assolir al mateix cost via una opció de demanda o via oferta (augmentant la quantitat d'energia disponible al sistema), s'implementarà la mesura de gestió de la demanda per no augmentar la capacitat instal·lada.

Els primers exemples de PMC corresponen a determinades àrees dels Estats Units, el Regne Unit (Woking és un altre cop un exemple) i Alemanya (amb el cas de Saarbrücken; per a tots dos exemples, vegeu Iraegui i Ramos 2004). El concepte, però, no s'ha desenvolupat gaire fora dels Estats Units per raó de l'ona liberalitzadora dels mercats energètics que afecta el món, i particularment Europa, i que s'ha entès més aviat com una necessitat de desregular el sector (Mills, 2001). Aquest és l'error que estem pagant en l'actualitat, sobretot a l'Estat espanyol, que és un dels països capdavaners a la Unió Europea en matèria de desregularització energètica. No obstant això, en marcs reguladors específics on hi hagi encara un cert marge de planificació es tracta d'una eina molt poderosa per al foment de l'estalvi i les mesures d'eficiència i

per a la creació de mercats de serveis energètics. Per exemple, als Estats Units, des de 1993 tots els plans energètics del govern han d'incloure una estratègia de planificació al mínim cost.¹⁰ A títol d'exemple es pot veure el que la companyia elèctrica de l'àrea de Seattle (a l'estat de Washington, a l'oest dels Estats Units), Puget Sound Energy, fa en termes de PMC.¹¹ A Europa el cas més desenvolupat és el de la ciutat alemanya de Hannover.¹²

A Catalunya, i a l'Estat espanyol, es podria incorporar el *principi de planificació al mínim cost* a la legislació en matèria de planificació, i com un requisit per a les empreses energètiques a l'hora de justificar una nova instal·lació.

7.2.5. Compres públiques de les administracions

D'altra banda, l'Administració pública té un gran poder d'actuació i de canvi a través de les compres públiques, el que es coneix com a compra verda¹³ (Min i Galle, 1997; Comissió Europea, 2005). En l'àmbit de l'energia l'Administració pot introduir criteris de compra amb la finalitat d'impulsar l'estalvi i l'eficiència, i la promoció d'energies alternatives (Iraegui i Ramos, 2004). La figura 70 mostra un exemple de quin tipus de compres es podrien regular a fi que l'Administració donés exemple i impulsés la utilització de les millors tècniques disponibles, incloent-hi la possibilitat que aquesta fes una transició cap a l'electricitat verda en totes les seves instal·lacions i cap a l'ús dels biocombustibles a les flotes de vehicles.

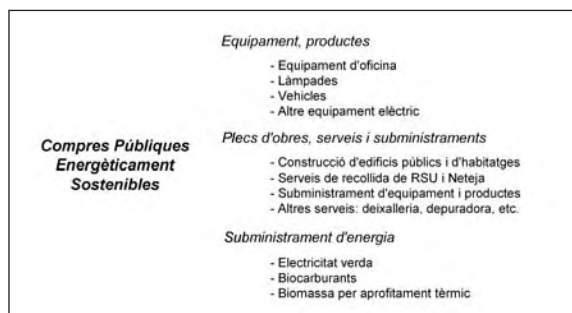


Fig. 70. Compres públiques energèticament sostenibles.

Font: Iraegui i Ramos (2004: 63) © Fundació Carles Pi i Sunyer.

Ara bé, com a complement d'aquesta mesura caldria treballar encara més en l'establiment d'estàndards elevats d'eficiència energètica en els productes i els aparells elèctrics i la promoció de l'ús d'etiquetes energètiques que fossin fiables i clarament identificables pels consu-

midors, de manera que la compra verda s'estengués també als consumidors.

7.2.6. Del subministrament d'energia a la provisió de serveis energètics

Un darrer instrument, no estrictament econòmic, és el canvi de concepció del servei públic de subministrament d'energia, passant de l'enfocament clàssic actual (que se centra en el subministrament d'unitats d'energia, siguin d'electricitat, gas o altres combustibles), a un nou enfocament dirigit als serveis proveïts per aquesta energia (il·luminació, calor, refrigeració, etc.). Aquest canvi permetria centrar les polítiques i les actuacions no en l'oferta (garantir que hi hagi electricitat o combustibles disponibles) sinó en la demanda, en les necessitats concretes dels ciutadans, les organitzacions i les empreses.

La provisió de serveis energètics implica un canvi en el model de comercialització de l'energia en el qual el més important no és la provisió d'electricitat i gas o altres formes d'energia, sinó la provisió dels serveis que l'energia ofereix a l'usuari, és a dir, calefacció, refrigeració, il·luminació i potència per als aparells electrònics. Per exemple, en el cas de la il·luminació, vendre una quantitat determinada de lúmens, i no els kWh associats, o en el cas de la refrigeració, vendre una temperatura per un nombre d'hores determinat (mesurat en calories o frigories), en comptes de vendre metres cúbics de gas o quilowatts hora. Inherentment, el concepte de vendre els serveis energètics ha d'incorporar la planta de transformació de l'energia primària i, per tant, les empreses del sector de l'energia, productores i distribuïdores. Això vol dir que si l'empresa està venent el servei calefacció, la instal·lació, incloent-hi les calderes, serà propietat de l'empresa (i, per tant, se'n farà càrrec del manteniment) i el client només pagarà pel servei de tenir determinats metres cúbics d'habitatge a la temperatura que es consideri adequada.

Aquest tipus d'empresa es coneix amb les seves sigles en anglès, ESCO (*Energy Services Company*). La manera tradicional d'actuació d'aquest tipus d'empresa és la següent. L'ESCO és un generador, distribuïdor i comercialitzador de serveis energètics. Això provoca una sèrie d'estalvis energètics i financers que repercuteixen sobre els consumidors. Normalment ofereixen als seus clients energia a un preu inferior de manera global (incloent-hi electricitat, fred i calor) al de l'energia convencional que rebien abans. Això ho fan gràcies a la integració dels serveis de calefacció, aigua calenta i electricitat per als seus

10. Vegeu: http://www.law.cornell.edu/uscode/html/uscode42/uscode42_00013382-000-.html.

11. <http://www.pse.com/energyEnvironment/energyResourcePlanning.aspx> i en particular el document sobre mesures de gestió de la demanda: <http://www.pse.com/energyEnvironment/supplyPDFs/VII-Demand-Side%20Resources.pdf>.

12. <http://www.eaue.de/winuwd/70.htm>.

13. Per a veure exemples a l'Estat espanyol, vegeu: <http://www.compraverde.org/contenido.asp?id=29>. Per a la xarxa europea de compres verdes vegeu: <http://epe.be/programmes/egpn/>.

clients, que li permeten diluir els majors costos de generació elèctrica. Els clients paguen menys perquè ja no necessiten usar electricitat per escalfar o refredar l'aigua, sistema que és molt menys eficient que la generació de calor o fred amb la planta de trigeneració. A més, els preus per cada contracte de venda de serveis energètics estan regulats a llarg termini, i d'aquesta manera el client manté els beneficis del contracte durant tota la seva durada.

Amb aquest salt qualitatiu s'aconseguiria implicar les empreses transformadores d'energia (públiques o privades) en l'eficiència, ja que serien les primeres interessades a oferir els serveis energètics amb el menor consum d'energia possible.

Aquest canvi de model es pot promoure des de les administracions, i és un complement a la creació d'una empresa pública o mixta d'energia, ja que es tracta d'una mesura molt *cost-efectiva*¹⁴ en el sentit que és la mateixa empresa proveïdora dels serveis (i propietària de les instal·lacions) la que té els majors incentius a proveir els serveis contractats utilitzant la mínima quantitat d'energia.

7.3. Fiscalitat ambiental en l'àmbit de l'energia¹⁵

7.3.1. Introducció

Tradicionalment els instruments de política ambiental utilitzats han estat bàsicament de dos tipus: a) les normes i el consegüent exercici del seu control; b) les accions fonamentades en la despesa pública (execució d'inversions en infraestructures, prestació de serveis públics, campanyes de conscienciació ambiental, etc.). Aquesta secció té per objecte adreçar un àmbit de la política ambiental menys explorat: l'ús d'instruments econòmics –i, en particular, fiscals– amb la finalitat d'incentivar conductes més *ecològiques* per part de ciutadans i activitats econòmiques.

Els consumidors perceben els impactes ambientals generalment de manera indirecta i/o diferida en el temps, i així tenen un incentiu insuficient per relegar els productes perjudicials ambientalment, ja que, en el cas que optin per les millors alternatives des del punt de vista ambiental aquesta decisió significa pagar més. La tendència a la generació d'externalitats¹⁶ ambientals fa necessari el desenvolupament de polítiques públiques que promoguin els

objectius ambientals i socials que el mercat per si sol no pot garantir. Si els efectes negatius de les externalitats fossin assumits pels seus responsables (de manera directa o assumint-ne la responsabilitat econòmica) en lloc de ser transferits a tercers, aquests disminuirien notablement i, a més, disminuiria una de les causes que genera ineficiència en l'assignació de recursos al mercat.

El sistema energètic vigent genera uns importants costos externs, tant en el procés d'extracció de recursos com a conseqüència de la seva utilització (per exemple, a causa de la contaminació, les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle, etc). En el cas concret de la producció d'energia elèctrica el projecte *ExternE*, realitzat per la Comissió Europea l'any 1998, va estimar els costos externs següents per a l'Estat espanyol:¹⁷

- Carbó: 4,8 a 7,7 cèntims d'euro/kWh.
- Gas natural: 1,1 a 2,2 cèntims d'euro/kWh.
- Biomassa i lignits: 2,9 a 5,2 cèntims d'euro/kWh.
- Eòlica: uns 0,18 cèntims d'euro/kWh.

D'acord amb Puig *et al.* (2006), si multipliquem aquests valors actualitzats¹⁸ per l'energia elèctrica generada per cadascuna de les fonts energètiques l'any 2003, obtenim que el cost extern que ocasiona anualment a Catalunya la utilització de carbó en la producció d'energia elèctrica és entre 33 i 53 milions d'euros; el cost extern per l'ús de gas natural és entre 52 i 104 milions d'euros; el cost extern que genera la biomassa i els lignits és entre 34.000 i 62.000 euros i el cost extern que representa l'energia eòlica és d'uns 352.000 euros. Això comporta un cost extern total entre 85 i 158 milions d'euros, una xifra considerable tenint en compte que no s'han pogut incloure totes les fonts de generació d'energia elèctrica existents (en particular, nuclear o hidroelèctrica), ni els usos directes de combustibles per a calefacció o mobilitat.

Els valors obtinguts depenen molt de la metodologia de càlcul i de les característiques del lloc on s'ha realitzat l'estudi, fet que incideix sobre l'extrapolació a Catalunya. Igualment, els estudis de valoració econòmica d'externalitats incorren en força arbitrarietats i, per tant, estan subjectes a crítiques importants. Malgrat això, els anteriors resultats permeten fer-se una idea de la importància de la magnitud que poden assolir els costos externs i, per tant, la magnitud dels costos de no-adopció de polítiques ambientals.

14. Nota de l'editor: amb el terme "cost-efectiva" volem indicar una bona relació entre el cost i l'efectivitat de la mesura, és a dir, que és efectiva a baix cost.

15. Autor, Ignasi Puig Ventosa.

16. Una externalitat o cost extern es produeix quan l'acció d'un agent implica una afectació positiva o negativa al benestar d'un altre agent que no participa directament de l'acció. Una externalitat ambiental és un dany que es produeix sobre el medi per una determinada activitat o el consum d'un producte, el valor del qual no s'ha tingut en compte en el preu d'aquesta activitat o bé. Per exemple, els efectes sobre el medi de la combustió de carbó, amb la generació de sofre que pot provocar pluja àcida no es té en compte en el preu de l'electricitat generada.

17. Linares *et al.* (1998).

18. Amb una taxa anual d'actualització del 3,1 %, utilitzant la mitjana de variació anual del nivell de preus a Catalunya en el període 1996–2004.

Dins dels instruments de política ambiental, ens centrem en els que tenen com a característica principal crear incentius econòmics per estimular l'adopció de conductes més ecològiques. Entre aquests instruments econòmics, els més importants i aquells en els quals ens centrem són els impostos ambientals. En general, aquests es fonamenten en l'aplicació del “principi de qui contamina paga”, i en els incentius a la millora ambiental que aquest crea. Són instruments que han de complementar-se amb els de caràcter normatiu, principalment per dos motius: a) la contaminació que es produeix tot i complir les normes no necessàriament ha de ser a cost zero pel seu causant; b) cal limitar normativament certes pràctiques que no han de ser permeses encara que el seu causant pagui: el “principi de qui contamina paga” no pot derivar en “qui pot pagar pot contaminar”.

L'objectiu dels impostos ambientals no és, per tant, recaptar, sinó canviar les conductes dels qui s'hi veuen subjectes. La condició perquè això es pugui produir és que hi hagi una relació important entre els efectes externs que es provoquen i la quantitat a pagar, com passa quan es graven directament els fluxos de contaminació. La quantitat recaptada i la destinació d'aquesta recaptació també són qüestions importants. Els impostos ambientals finalistes tendeixen a gaudir d'una major acceptació social, la qual cosa és rellevant des del punt de vista de la seva viabilitat política.¹⁹

La Llei estatal 58/2003, de 17 de desembre, general tributària (art. 2) estableix que “els tributs, a més a més de ser mitjans per obtenir els recursos necessaris per al sosteniment de les despeses públiques, podran servir com a instruments de la política econòmica general i atendre la realització dels principis i fins continguts a la Constitució”. Aquest reconeixement explícit de la possibilitat que els tributs tinguin un caràcter extrafiscal obre l'opció que puguin tenir una finalitat ambiental.

A l'Estat espanyol són diversos els impostos d'àmbit estatal que pivoten sobre l'energia. En particular, l'impost sobre hidrocarburs, l'impost sobre les vendes minores de determinats hidrocarburs, l'impost especial sobre l'electricitat i l'impost sobre determinats mitjans de transport.²⁰ Tots ells (i en particular els tres primers) tenen una incidència clara a l'alça sobre el preu final de l'energia i això els fa en general positius des del punt de vista ambiental ja que en redueixen la demanda,²¹ malgrat que en cap cas foren creats amb aquest propòsit sinó amb una finalitat recaptatòria i, per tant, la seva reforma des d'un punt de vista ambiental faria que poguessin assolir molts millors resultats en aquest sentit. Tanmateix, en tant que la possibilitat d'incidir sobre aquests tributs i

la seva reforma per part de les comunitats autònomes és limitada, no entrarem en detall en la seva anàlisi ni en propostes de modificació, més enllà d'unes breus reflexions en els apartats 7.3.3 i 7.3.5.²²

Ens centrarem sobretot en les possibilitats de les comunitats autònomes. Aquestes poden crear tributs propis, sempre que estiguin d'acord amb la Llei orgànica 8/1980, de 22 de setembre, de finançament de les comunitats autònomes (LOFCA) i en particular observin la limitació que “els tributs que estableixin les comunitats autònomes no podran recaure sobre fets imposables gravats per l'Estat” (art. 6.2, LOFCA). La manca de figures impositives de l'Estat en l'àmbit ambiental permet a les comunitats autònomes la creació de tributs propis, i això és el que ha possibilitat que algunes ja els hagin establert; impostos, alguns d'ells, amb una clara incidència en l'àmbit energètic (vegeu l'apartat 7.3.2.1).

En l'apartat 7.3.4 també s'aborden les possibilitats dels ens locals, particularment els municipis, de desenvolupar una política tributària ambiental amb incidència sobre la gestió de l'energia.

7.3.2. La situació de la fiscalitat ambiental de l'energia en altres indrets

L'ús d'instruments de fiscalitat ambiental per assolir una gestió energètica més sostenible és un camp de la política ambiental nou a Catalunya, on fins ara no es compta amb cap experiència. Per això és interessant exposar breument els referents més propers –tributs en marxa en altres comunitats autònomes–, així com algunes reflexions sobre l'experiència internacional.

7.3.2.1. La fiscalitat ambiental de l'energia en altres comunitats autònomes

Catalunya no ha estat pionera a l'Estat en l'aplicació de la fiscalitat ambiental en l'àmbit de l'energia. En aquest sentit, es pot aprendre molt de l'experiència d'altres comunitats autònomes. Dels diferents instruments vigents se'n fa un repàs breu a continuació.

Impost gallec sobre emissions de SO_x i NO_x

La Llei 12/1995, de 29 de desembre, de l'impost sobre contaminació atmosfèrica de Galícia establí un tribut que té com a fet imposable l'emissió a l'atmosfera de diòxid de sofre, diòxid de nitrogen i de qualsevol altre compost oxigenat del sofre o del nitrogen. Fou el primer impost ecològic autonòmic en un àmbit diferent del de l'aigua.

19. OCDE (2001).

20. Per a una descripció detallada d'aquests impostos des d'un punt de vista específicament energètic, vegeu Durán i de Gispert (2005).

21. Això és així tot i el caràcter inelàstic de la demanda dels hidrocarburs.

22. Sobre propostes d'aplicació d'instruments de fiscalitat d'àmbit estatal a Espanya, vegeu Buñuel (2002).

Per a cada focus emissor, aquestes emissions són expressades en tones equivalents de diòxid de sofre i de diòxid de nitrogen, i les dues sumades. Els tipus impositius són creixents per a diferents llindars d'emissió i els ingressos de l'impost estan genèricament afectats a actuacions en matèria de protecció ambiental. Des del Decret 29/2000, de 20 de gener, pel qual s'aprova el reglament de l'impost sobre la contaminació atmosfèrica els tipus estan definits de la manera següent: hi ha un límit exempt fixat en 1.000 t/any; a partir d'aquest s'aplica un tipus impositiu de 33 €/t a les emissions de fins a 40.000 t/any, de 36 €/t fins a 80.000 t/any i de 42 €/t per a les emissions superiors.

Gravar aquestes emissions és rellevant des del punt de vista energètic atès que provenen en bona mesura de centrals tèrmiques, així com de refineries o altres grans consumidors d'energia (com ara plantes d'alumini, cimenteres).

Impost de Castella-La Manxa sobre determinades activitats que incideixen en el medi ambient

La Llei 16/2005, de 29 de desembre, de l'impost sobre determinades activitats que incideixen en el medi ambient i del tipus autonòmic de l'impost sobre vendes minoristes de determinats hidrocarburs de Castella-La Manxa, grava tres aspectes rellevants des del punt de vista d'aquest estudi: a) instal·lacions que emetin a l'atmosfera diòxid de sofre, diòxid de nitrogen i de qualsevol altre compost oxigenat del sofre o del nitrogen; b) producció termonuclear d'energia elèctrica; c) emmagatzematge de residus radioactius. Aquests impostos foren originàriament creats per la Llei 11/2000, de 26 de desembre, de l'impost sobre determinades activitats que incideixen en el medi ambient, que fou derogada per la llei de 2005.

Pel que fa al primer cas, la base resulta de la mesura de les tones equivalents d'emissions de diòxid de sofre i de diòxid de nitrogen, i multiplicades respectivament per 1 i 1,5. La quota resulta de multiplicar aquesta base per un tipus impositiu, d'acord amb la taula següent:

Llindar inferior (t/any)	Llindar superior (t/any)	Tipus impositiu (€/t)
0	500	0
501	5.000	34
5.001	10.000	60
10.001	15.000	80
15.001	—	100

Taula 74. Llindars i tipus impositius de l'impost sobre emissions de Castella-La Manxa.

Pel que fa a la producció termonuclear d'electricitat, la base imposable és la producció bruta d'electricitat mesurada en megawats hora i la quota resulta de multiplicar-la per un tipus impositiu d'1,5 €/MWh.

Finalment, en el tercer cas, la base imposable és la quantitat de residus emmagatzemats, expressada en quilograms d'urani total que contenen si es tracta de residus d'alta activitat, o en metres cúbics emmagatzemats si es tracta de residus d'activitats mitjana i baixa. L'impost actua de manera permanent, és a dir, el residu paga mentre estigui emmagatzemat, no només en el moment que es genera. La quota s'obté, per als residus d'alta activitat, multiplicant la base per 5 €/kg, i per als residus d'activitats mitjana i baixa multiplicant-la per 1.000 €/m³.

En tots els casos es tracta de tributs no finalistes.

Impostos andalusos sobre emissions atmosfèriques i emmagatzematge de residus nuclears

La Llei 18/2003 per la qual s'aproven mesures fiscals i administratives va introduir quatre impostos ambientals, dos dels quals són rellevants des del punt de vista energètic. La configuració que a continuació es descriu té en compte els canvis introduïts posteriorment per la Llei 3/2004, de 28 de desembre, i per la Llei 12/2006, de 27 de desembre.

En primer lloc es crea un impost sobre l'emissió d'òxids de sofre, òxids de nitrogen i diòxid de carboni. La base imposable són les unitats contaminants, definides com: $C = X/200.000 + Y/100 + Z/150$, on X, Y i Z són les emissions de CO₂, NO_x i SO_x, respectivament. El tipus varia amb les unitats contaminants, d'acord amb la taula següent:

Llindar inferior (unitats de contaminació)	Llindar superior (unitats de contaminació)	Tipus impositiu (€/u.c.)
0	10	5.000
10,001	20	8.000
20,001	30	10.000
30,001	50	12.000
50,001	—	14.000

Taula 75. Llindars i tipus impositiu de l'impost sobre emissions d'Andalusia.

Hi ha una reducció de la base imposable de tres unitats contaminants, en concepte de mínim exempt.

Existeixen deduccions per “inversions realitzades en infraestructures i béns d'equip orientats al control, prevenció i correcció de la contaminació atmosfèrica”. Així mateix, no estan subjectes les emissions “de CO₂ procedents de la combustió de biomassa, biocarburant o bio-combustible, així com les realitzades des d'instal·lacions subjectes al règim de comerç de drets d'emissió de gasos amb efecte d'hivernacle que constitueixin emissions en excés respecte de les assignacions individuals segons la

seva normativa reguladora, excepte l'excés que comporti incompliment de l'obligació de lliurar drets d'emissió conforme a la citada normativa”.

D'altra banda, es creà un impost sobre el dipòsit de residus radioactius, que afecta els abocadors públics o privats d'aquest tipus de residus. En constitueix la base imposable el volum de residus radioactius dipositats. La base liquidable s'obtéindrà de multiplicar la base imposable per un factor de reducció K, que dependrà de si els residus entrants són compactables i/o incinerables. La quota tributària resultarà d'aplicar a la base liquidable un tipus impositiu de 7.000 €/m³ si els residus són d'activitats baixa o mitjana o de 2.000 €/m³ si són de molt baixa activitat.

La seva recaptació d'aquests impostos està genèricament afectada a actuacions de la Junta d'Andalusia en matèria de protecció ambiental.

Impost aragonès

La Llei 13/2005, de 30 de desembre, de mesures fiscals i administratives en matèria de tributs cedits i tributs propis de la Comunitat Autònoma d'Aragó, creà tres tributs ambientals, dels quals, des del punt de vista d'aquest informe interessa assenyalar el que grava les emissions de contaminants a l'atmosfera. Aquest impost grava les emissions de CO₂, NO_x i SO_x, amb els mateixos supòsits de no subjecció que en l'impost andalús anteriorment descrit. Entre les instal·lacions més afectades hi ha, per tant, les centrals tèrmiques.

La base imposable de l'impost són les quantitats emeses a l'atmosfera de cadascuna de les substàncies, mesurades en tones anuals equivalents de CO₂, NO₂ i SO₂, respectivament. La base liquidable s'obtéindrà aplicant a la base imposable les reduccions següents:

Substància	Reducció aplicable a la base imposable per obtenir la base liquidable
CO ₂	100 quilotoques/any
SO _x	150 tones/any
NO _x	100 tones/any

Taula 76. Reduccions sobre l'impost d'emissions d'Aragó.

Finalment, la quota tributària s'obté aplicant a la base liquidable un tipus de gravamen de 50 €/t en el cas dels òxids de sofre i de nitrogen i de 200 €/kt en el cas del diòxid de carboni.

Els subjectes passius de l'impost tindran dret a una deducció del 20 % de l'import de les inversions fetes durant cada període impositiu dirigides a reduir el con-

sum energètic, l'ús de combustibles que disminueixin la càrrega contaminant en relació amb el volum de producte obtingut, així com les que tinguin per finalitat el control i el seguiment de les emissions i les que redueixin les emissions globals.

En tot cas, la recaptació de l'impost està afectada a la realització de polítiques ambientals per part de la Comunitat Autònoma.

Impost murcià sobre emissions atmosfèriques

La Llei 9/2005, de 29 de desembre, de mesures tributàries va comportar la creació a Múrcia de tres impostos ecològics, un dels quals és d'interès d'aquest informe ja que grava, entre altres, les grans instal·lacions de combustió. Es tracta d'un impost sobre les emissions atmosfèriques, però que abasta força més substàncies que els impostos vigents a altres comunitats autònomes, concretament totes les recollides al registre europeu d'emissions (*European Pollutant Emission Register*, EPER).²³

La base imposable és la suma d'unitats contaminants, obtingudes dividint la quantitat total de cada substància emesa en el període impositiu entre un valor de referència, que és el llindar límit fixat a l'annex A1 de la Decisió 2000/479/CE (el llindar a partir del qual una instal·lació contaminant apareix a l'EPER). Per obtenir la quota, s'apliquen sobre la base els tipus impositius següents:

Llindar inferior (unitats de contaminació)	Llindar superior (unitats de contaminació)	Tipus impositiu (€/u.c.)
20,1	30	10.000
30,1	50	12.000
50,1	-	14.000

Taula 77. Llindars i tipus impositiu de l'impost sobre emissions de Múrcia.

Sobre aquesta quota s'apliquen diverses possibles deduccions en concepte d'inversions fetes en infraestructures i béns d'equip orientats al control, la prevenció i la correcció de la contaminació atmosfèrica.

La recaptació de l'impost està genèricament afectada a l'adopció de mesures de protecció del medi ambient.

Impost extremeny

A Extremadura, la Llei 7/1997, de 29 de maig, de mesures fiscals sobre la producció i el transport d'energia que incideixin sobre el medi ambient, va crear un impost d'interès per aquest informe, que ha estat recentment modificat per la Llei 8/2005, de 27 de desembre, de refor-

23. Fent la mateixa excepció per al CO₂ que fan els impostos andalús i aragonès.

ma en matèria de tributs propis de la Comunitat Autònoma d'Extremadura.

En la seva configuració actual, l'impost afecta, entre altres, béns, instal·lacions i estructures destinades a les activitats de producció, emmagatzematge i transformació d'energia elèctrica. La base imposable és la producció bruta mitjana d'energia elèctrica dels darrers tres exercicis i el tipus impositiu és de 0,0013 €/kWh en el cas de l'energia elèctrica d'origen termonuclear i de 0,0009 €/kWh en el cas que tingui un altre origen.

L'impost també grava les activitats de transport d'energia elèctrica efectuats per elements fixos de subministrament. En aquest cas la base imposable és l'extensió de les estructures fixes i s'aplica un tipus de 601,01 €/km.

No estan subjectes les activitats realitzades per a autoconsum, ni les produccions d'energia solar i eòlica. També es preveuen algunes exempcions. Es tracta, a més, d'un impost no finalista.

7.3.2.2. Experiències internacionals de fiscalitat ambiental de l'energia

La recaptació dels impostos ambientals significa de mitjana un 2-2,5 % del PIB als països de l'OCDE, tot i que aquesta xifra varia de manera important entre països, i és força més alta a països com Noruega, Dinamarca o Finlàndia, entre altres. Respecte a la recaptació impositiva total, la provinent d'impostos ambientals se situa en un nivell mitjà del 6-7 % al conjunt de països de l'OCDE.²⁴ L'Estat espanyol es troba en ambdós casos en valors mitjans. De tota manera, cal prendre amb cautela aquests indicadors relatius ja que es veuen condicionats per la riquesa o per la pressió impositiva global de cada país.

Entre els impostos ambientals, els que tenen un major pes són de llarg els impostos sobre l'energia. L'any 2002 significaven el 77 % del total de la recaptació dels impostos ambientals a la Unió Europea. Els impostos sobre el transport, indirectament relacionats amb l'energia, significaven un 20 %.²⁵

Fins i tot dins la Unió Europea les diferències entre països respecte a la fiscalitat de l'energia són encara importants, i això malgrat l'existència de diferents directives

que han harmonitzat sensiblement la situació, essencialment establint tipus impositius mínims.²⁶

La pretensió d'aquest apartat no és fer un repàs de les figures de fiscalitat de l'energia existents als diferents estats. Aquestes es compten per centenars i, en tot cas, a la base de dades sobre instruments econòmics de política ambiental mantinguda per l'OCDE i l'Agència Europea del Medi Ambient se'n poden trobar les característiques principals.²⁷ Només a tall d'exemple s'exposa en el quadre següent el Climate Change Levy britànic:

L'experiència britànica amb el *Climate Change Levy*²⁸

El *Climate Change Levy* (CCL) és un impost estatal dissenyat per afavorir l'increment de l'eficiència energètica i la reducció de les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle. Introduït l'1 d'abril de 2001, substituïnt l'anterior *Fossil Fuel Levy*, grava la indústria, el comerç i el sector públic, a excepció dels usos domèstics, les entitats de caràcter social i dels realitzats sota consums inferiors als llindars mínims específics ("de minimis"[1]).[2]

Es graven quatre tipus principals d'energies o combustibles, amb els tipus impositius següents: 0,0015 £/kWh per al gas, 0,0117 £/kg (equivalent a 0,0015 £/kWh) per al carbó, 0,0096 £/kg (equivalent a 0,0007 £/kWh) per als LPG (gasos líquids derivats del petroli²⁹), i 0,0043 £/kWh per a l'electricitat [2].

S'esperava una recaptació addicional de 1.000 milions de lliures el primer any (2001/02). Malgrat que fins al 2006 els tipus havien estat congelats, en la previsió del pressupost de 2006 s'anuncià un futur augment anual en línia amb la inflació, començant l'abril de 2007.

Per evitar la doble imposició, l'impost no s'aplica sobre les empreses generadores d'energia que reben energia com a matèria primera, ni sobre les fonts d'energia ja gravades per altres impostos especials, com els carburants per al transport terrestre. També recull l'exempció de certes activitats, com el transport públic, les activitats que utilitzin energia gene-

24. OCDE (2006).

25. Durán i de Gispert (2005).

26. Directiva 92/81/CEE del Consejo, de 19 de octubre de 1992, relativa a l'harmonització de les estructures de l'impost especial sobre els hidrocarburs; Directiva 92/82/CEE del Consell, de 19 d'octubre de 1992, relativa a l'aproximació dels tipus de l'impost especial sobre els hidrocarburs; Directiva 2003/96/CE del Consell, de 27 d'octubre de 2003, per la qual es reestructura el règim comunitari d'imposició dels productes energètics i de l'electricitat.

27. <http://www2.oecd.org/econinst/queries>. Per a una situació de la fiscalitat ambiental a la Unió Europea, vegeu també ECOTEC Research & Consulting (2001) o European Environment Agency (2000).

28. Aquest quadre ha estat redactat conjuntament amb Maria Calaf Forn.

29. Bàsicament, gas propà i butà.

rada procedent de fonts renovables o emprin tècniques de cogeneració; també el sector hortícola ha gaudit de reduccions de fins un 50 % per l'ús de gas fins al 2006. En un altre sentit, les empreses intensives en l'ús de l'energia poden gaudir d'un 80 % de bonificació si s'adhereixen al *Climate Change Agreement* (acord per al canvi climàtic), sota el qual han de complir uns objectius bianuals de reducció, fins al 2010.

La repercussió del CCL generalment és a càrrec de les companyies subministradores de les diferents fonts d'energia gravades,³⁰ mitjançant la seva inclusió en la factura carregada al consumidor, abans de l'IVA. La previsió inicial de reduir les emissions en 2,5 milions de tones de carboni pel 2010 [2] ha estat àmpliament superada. Segons unes anàlisis fetes per Cambridge Econometrics (2005) [3] estimen que les emissions de CO₂ van ser reduïdes en un total de 3,1 milions de tones de carboni (el 2 %) el 2002 i al voltant de 3,6 el 2003. Es preveu que la reducció creixi a 3,7 milions de tones (el 2,3 %) el 2010. [4]

L'impost no té incidència sobre la competitivitat i els costos del teixit empresarial, ja que el volum de despesa que significa el CCL es compensa amb alguns incentius fiscals. El més important és la reducció d'un 0,3 % de les contribucions empresarials a la Seguretat Social. Així mateix, part dels ingressos es destinen a fomentar iniciatives d'eficiència energètica (mitjançant per exemple *The Carbon Trust*), i a promoure projectes d'energies renovables [2].

[1] Serrano, J. "*La experiencia británica: el Climate Change Levy*". I&A Garrigues, SL Medi ambient i empresa, més enllà d'un compromís ètic. Asociación Espanyola de Empresarios. Barcelona, 22 de març de 2007.

[2] Department of Environment, Food and Rural Affairs. Climate Change Agreements and Climate Change Levy - <http://www.defra.gov.uk/environment/ccl/intro.htm> (19/04/2007).

[3] Cambridge Econometrics Department of Applied Economics, University of Cambridge, and the Policy Studies Institute. Modelling the Initial Effects of the Climate Change Levy. Report submitted to HM Customs and Excise. 2005.

[4] OCDE. The Political Economy of Environmentally Related Taxes. 2006.

7.3.3. Propostes de fiscalitat ambiental en l'àmbit de la gestió de l'energia a Catalunya

7.3.3.1. Propostes de nous tributs autonòmics en l'àmbit de l'energia

L'àmbit en el qual el govern català té les opcions més rellevants d'actuació en el terreny de la fiscalitat de l'energia és la creació de nous tributs.

És recomanable, si més no en un primer estadi, adoptar iniciatives en els àmbits en els quals ja han avançat altres comunitats autònomes, per així aprofitar la seva experiència i per avançar en una certa harmonització.

Respecte dels contaminants atmosfèrics, es considera adient gravar les emissions de SO_x, NO_x i CO₂. El grans emissors d'aquest darrer gas ja es troben sotmesos al règim de comerç de drets d'emissió de gasos amb efecte d'hivernacle, i aquest seria un argument per deixar-los al marge de l'impost. Tanmateix, la pràctica totalitat dels permisos d'emissió han estat assignats gratuïtament, fet que no és compatible amb el "principi de qui contamina paga". Es podria valorar d'aplicar el gravamen sobre el CO₂ només sobre aquells grans emissors no sotmesos al règim de comerç de drets d'emissió, tal com fan a les comunitats autònomes d'Andalusia, Aragó i Múrcia.

Respecte dels possibles nous tributs sobre les emissions de SO_x, NO_x³¹, es considera que aquestes s'haurien de mesurar en emissions equivalents de SO₂ i NO₂. Per facilitar la gestió de l'impost es recomana establir un llindar per sota del qual no s'hi estigués subjecte, el qual també per simplicitat, es podria fer coincidir amb els límits del registre europeu d'emissions EPER, que són respectivament de 150 i 100 t/any per a aquests dos contaminants. Respecte del tipus impositiu, a diferència del que han fet altres comunitats autònomes, no considerem adequat optar per trams creixents atès que no sembla que en aquests casos el cost ambiental de les emissions sigui marginalment creixent. Es considera que el gravamen unitari de les emissions d'òxids de nitrogen hauria de ser sensiblement superior a les d'òxids de sofre, amb una relació de l'ordre de 1,5:1. Considerant els tipus existents en altres comunitats autònomes, els tipus proposats a Catalunya podrien ser de l'ordre de 120 i 80 €/t, respectivament.

D'acord amb dades de l'EPER, les emissions de SO_x (mesurat com a SO₂) l'any 2004 a Catalunya, foren de 40.500 tones, provinents de 14 complexos industrials. L'aplicació d'un impost sobre aquestes emissions, aplicant els llindars i tipus suggerits anteriorment, resultaria

30. Inclouent-hi les empreses no residents al Regne Unit però que hi realitzen subministraments energètics.

31. Per a una discussió més detallada sobre aquests impostos –si bé amb dades de 2001–, vegeu Roca et al., (2005).

en una recaptació anual aproximada de 3.072.000 €/any, la qual previsiblement caldria esperar que es reduís a conseqüència de l'acció incentivadora del mateix impost.

Pel que fa a les emissions d'NO_x (mesurat com a NO₂) l'any 2004 a Catalunya foren de 37.200 tones, provinents de 41 complexos industrials. L'aplicació d'un impost amb els llindars i tipus suggerits anteriorment resultaria en una recaptació anual aproximada de 3.972.000 €/any.

Una altra opció seria gravar la generació elèctrica de les fonts amb major impacte. En concret, es podria adoptar un impost semblant al vigent a Extremadura sobre la generació en centrals tèrmiques (apartat 3.2.1). Suposant el mateix tipus impositiu (0,0009 €/kWh) i considerant que la generació elèctrica d'aquest tipus a Catalunya l'any 2003 fou de 6.114,5 GWh, s'estima una recaptació anual potencial d'uns 5,5 milions d'euros.

Pel que a la generació elèctrica d'origen nuclear, suposant un tipus impositiu igual al que apliquen a Castella-La Manxa (apartat 3.2.1) (1,5 €/MWh), i considerant la generació d'aquest tipus a Catalunya l'any 2003 (25.375 GWh), s'estima una recaptació anual potencial d'uns 38 milions d'euros.

Una altra opció seria adaptar les iniciatives de Castella-La Manxa i Andalusia respecte a gravar l'emmagatzematge de residus nuclears. A Catalunya, la situació respecte l'emmagatzematge de residus nuclears en les pròpies piscines de les centrals és aproximadament la següent:

Central	Percentatge de saturació	m ³
Vandellòs II	54,28	145,66
Ascó I	71,52	167,76
Ascó II	69,94	164,88

Taula 78. Residus nuclears emmagatzemats a les centrals a Catalunya a finals de 2005

Font: Consejo de Seguridad Nuclear, 2006; Roca et al., 2005.

Considerant un tipus impositiu anual de l'ordre de 2.000 € per cada metre cúbic emmagatzemat (no només els diposits en el darrer exercici), s'obtindria una recaptació anual aproximada de 956 mil euros.

Gravar l'energia nuclear té especial justificació atès que –per raó de la seva naturalesa– no s'ha vist sotmesa al règim de comerç de drets d'emissió de gasos amb efecte d'hivernacle, amb el qual s'obliga a les centrals tèrmiques que utilitzen combustibles fòssils a assumir una part

dels costos externs que generen. Una altra raó és que la Directiva 2004/35/CE del Parlament Europeu i del Consell, de 21 d'abril de 2004, sobre responsabilitat ambiental en relació amb la prevenció i la reparació de danys mediambientals, també eximeix les centrals nuclears de les noves obligacions que preveu respecte a respondre pels danys comesos.

7.3.3.2. Possibilitats d'incidència des de Catalunya sobre la fiscalitat estatal

Les comunitats autònomes tenen capacitat normativa per modular alguns dels impostos de regulació estatal atenent consideracions relacionades amb l'energia. A continuació es detallen les quatre possibilitats d'incidir en aquest sentit:

a) Tram autonòmic de l'impost sobre la renda de les persones físiques

Les comunitats autònomes poden aplicar deduccions sobre la quota íntegra autonòmica de l'impost sobre la renda de les persones físiques (IRPF).³² Entre aquestes s'hi podrien preveure deduccions per a inversions efectuades en l'àmbit de les energies renovables.

Això és concretament el que fa la Comunitat Valenciana a través de la Llei 13/1997, de 23 de desembre, del tram autonòmic de l'impost sobre la renda de les persones físiques i restants tributs cedits. en el seu article 4, estableix la deducció del 5 % de les quantitats invertides pel contribuent en l'adquisició d'instal·lacions o equips destinats a l'aprofitament de les fonts d'energia renovable en l'habitatge habitual, en el marc de programes, convenis o acords amb l'Administració, la qual haurà d'expedir la certificació acreditativa que la inversió s'ajusta a les condicions establertes. Catalunya podria emular una iniciativa similar.

b) Tipus impositiu de l'impost especial sobre determinats mitjans de transport

Des de 2002, les comunitats autònomes tenen capacitat normativa sobre el tipus impositiu de l'impost especial sobre determinats mitjans de transport. Concretament les comunitats autònomes³³ poden establir el tipus impositiu entre el 7,00 i 8,05 % per a turismes de cilindrada inferior a 1.600 centímetres cúbics si estan equipats amb motor de gasolina o de cilindrada inferior a 2.000 centímetres cúbics si estan equipats amb motor dièsel. Per a la resta de mitjans de transport pot ser entre el 12,00 i el 13,80 %.³⁴

Cap comunitat autònoma ha aprofitat fins ara la possibilitat de situar els tipus per sobre dels nivells mínims obli-

32. Tan sols cal que observin les normes detallades a la Llei 21/2001, de 27 de desembre, per la qual es regulen les mesures fiscals i administratives del nou sistema de finançament de les Comunitats Autònomes de règim comú i Ciutats amb Estatut d'Autonomia.

33. Amb l'excepció de Canàries, que compta amb un règim diferent.

34. Article 43 de la Llei 21/2001.

gatoris, la qual cosa seria defensable des del punt de vista ambiental, malgrat que aquest impost no està avui vinculat directament a la contaminació dels vehicles sinó que es tracta d'un impost *ad valorem*. En tot cas, aquí Catalunya té una opció clara d'actuació.

c) Tram autonòmic de l'impost sobre les vendes minoristes de determinats hidrocarburs

Des de 2002 existeix l'impost sobre les vendes minoristes de determinats hidrocarburs,³⁵ que recau sobre el consum de certs hidrocarburs, en particular sobre les vendes minoristes de gasolina, gasoli, fueloil i querosè. Les comunitats autònomes disposen de capacitat normativa per establir opcionalment un tipus impositiu addicional al tipus estatal, amb els límits establerts legalment.³⁶ Catalunya des de 2004 aplica aquest tipus addicionals.³⁷ Fins a l'any 2005 s'aplicava el tipus màxim autoritzat per la Llei 21/2001, però aquesta llei permetia incrementar els tipus a partir de 2006, cosa que Catalunya no ha fet i que seria desitjable des del punt de vista de la fiscalitat ambiental de l'energia.

L'aplicació d'aquest tipus addicional es coneix popularment amb el nom de "cèntim sanitari" ja que les comunitats autònomes que l'han creat (Madrid, Galícia, Astúries, etc.) han optat per dedicar la recaptació a despeses sanitàries. Tanmateix, la Llei 24/2001 (art. 9.Uno.3) estableix que "la part dels recursos derivats dels tipus de gravamen autonòmics podrà dedicar-se a finançar actuacions ambientals". Malgrat que la destinació de la recaptació no és el que defineix un impost com a ambiental, transformar el tram autonòmic d'aquest impost en finalista (o una part, la que es derivés d'un eventual increment, per exemple), permetria impulsar les energies renovables i els combustibles més nets.

d) Impost autonòmic sobre vehicles de tracció mecànica

La Disposició addicional primera del Reial decret legislatiu 2/2004, de 5 de març, pel qual s'aprova el text refós de la Llei reguladora de les hisendes locals (RDLHL) estableix que –d'acord amb l'article 6.3 de la LOFCA– les comunitats autònomes poden establir un impost sobre la matèria imposable gravada per l'impost sobre vehicles de tracció mecànica (IVTM). Es tractaria d'un tribut nou, propi de la comunitat autònoma corresponent, que implicaria la supressió de l'IVTM. la comunitat autònoma que exercís aquesta potestat hauria d'establir les oportunes

compensacions als municipis del seu àmbit territorial, en alguna de les formes previstes al RDLHL, i sense que en cap cas es produís una disminució dels ingressos que altrament haguessin percebut o pogut percebre amb l'IVTM.

Fins al moment, cap comunitat autònoma no ha optat per aquesta opció. Tanmateix, atès les limitades possibilitats que tenen actualment els municipis d'ambientalitzar aquest impost (vegeu l'apartat 7.3.4), aquesta opció permetria regular l'impost d'una manera enterament diferent i, per tant, potencialment millor en termes ambientals. L'aspecte central que hauria de recollir en tot cas la nova configuració seria que la base imposable estigués estretament relacionada amb la contaminació i/o consum del vehicle, semblant al que ja succeeix, per exemple, amb l'impost alemany sobre vehicles.³⁸

7.3.4. Consideracions sobre fiscalitat de l'energia des de les hisendes locals

Aquest apartat té per objectiu abordar l'aplicació d'instruments econòmics i, en particular, de fiscalitat ambiental, des de l'Administració local. L'atribució de competències i la legislació sobre hisendes locals (en particular, l'esmentat Reial decret legislatiu 2/2004, de 5 de març, pel qual s'aprova el text refós de la Llei reguladora de les hisendes locals (RDLHL)) condicionen les possibilitats d'acció dels ens locals en aquesta matèria. Tanmateix, aquests disposen de diverses oportunitats d'actuació, de les quals es presenten a continuació les més rellevants.³⁹

Pel que fa als impostos municipals, en l'impost sobre béns immobles (IBI) els ajuntaments poden establir un recàrrec de fins al 50 % de la quota líquida de l'impost sobre els "immobles d'ús residencial que es trobin desocupats amb caràcter permanent" (art. 72.4, RDLHL).⁴⁰ També poden "regular una bonificació de fins al 50 % de la quota íntegra de l'impost per als béns immobles en els quals hi hagi instal·lats sistemes per a l'aprofitament tèrmic o elèctric de l'energia provinent del sol" (art. 74.5, RDLHL).

En relació amb l'impost sobre activitats econòmiques (IAE), per als contribuents que encara el paguen, els municipis poden articular "una bonificació de fins el 50 % de la quota corresponent als subjectes passius [...] que utilitzin o produeixin energia a partir d'instal·lacions per a l'aprofitament d'energies renovables o sistemes de cogeneració" (art. 88.2.c, RDLHL), i per als que "esta-

35. Regulat a la Llei 24/2001, de 27 de desembre, de mesures fiscals, administratives i de l'ordre social.

36. Concretament a la Disposició transitòria tercera de la Llei 21/2001.

37. Llei 7/2004, de 16 de juliol, de mesures fiscals i administratives (art. 4).

38. Herrera (2002).

39. Per a una anàlisi més detallada de les possibilitats dels ens locals en l'àmbit de la fiscalitat local aplicada sobre la gestió de l'energia, vegeu Puig, 2004.

40. Aquest article també estableix que l'Estat ha de determinar reglamentàriament les condicions a complir perquè un immoble tingui aquesta condició. Aquest reglament encara no s'ha aprovat. Des d'un punt de vista energètic és adequat desincentivar l'existència d'habitatges buits perquè significa un ús molt ineficient de la gran quantitat d'energia emprada durant la construcció.

bleixin un pla de transports pels seus treballadors que tingui per objecte reduir el consum d'energia i les emissions causades pel desplaçament al lloc de treball i fomentar l'ús de mitjans de transport més eficients, com el transport col·lectiu o el compartit" (art. 88.2.c, RDLHL).

Respecte de l'impost sobre vehicles de tracció mecànica seria recomanable que els ajuntaments situessin el seu import en el nivell màxim permès, que consisteix a fixar en dos el coeficient multiplicador previst a l'article 95.4 del RDLHL, com a mínim, per a algunes categories de vehicles com ara els turismes o els camions. Així mateix, els municipis poden establir sobre la quota de l'impost "una bonificació de fins al 75 % en funció de la classe de carburant que consumeixi el vehicle, a causa de la incidència de la combustió d'aquest carburant en el medi ambient" (art. 95.6.a, RDLHL). Aquesta bonificació es podria aplicar a vehicles que funcionessin amb hidrogen, biogàs, biocombustibles, etc. Els municipis també poden establir "una bonificació de fins al 75 % en funció de les característiques dels motors dels vehicles i la seva incidència en el medi ambient" (art. 95.6.b, RDLHL), l'aplicació de la qual podria ser interessant per a vehicles elèctrics o bimodals, entre altres.

Sobre la quota de l'impost sobre construccions, instal·lacions i obres les ordenances fiscals poden recollir una bonificació de fins al 95 % per a les que incorporin "sistemes per a l'aprofitament tèrmic o elèctric de l'energia solar" (art. 103.2.b).

D'altra banda, els municipis poden cobrar taxes per les tasques administratives d'autorització que exerceixen. En el cas de les taxes per autorització de noves activitats, els municipis podrien establir bonificacions per a les que preveïessin una utilització d'energies renovables o per a aquelles que la seva activitat se circumscriu principalment en aquest àmbit. De manera similar, les taxes per a l'atorgament de llicències urbanístiques podrien incloure beneficis fiscals per obres de millora de l'eficiència energètica, d'aprofitament de les energies renovables o de rehabilitació d'immobles. Altres taxes relacionades amb la mobilitat (zones blaves, guals, etc.) també poden tenir incidència sobre l'ús del vehicle privat i, indirectament, per tant, sobre el consum energètic.

Els instruments vistos acostumen a ser d'aplicació senzilla per part dels municipis, i poden encabir-los en els procediments anuals habituals d'aprovació d'ordenances fiscals. Bona part de les possibilitats analitzades encara no són aplicades de manera majoritària pels municipis catalans, tot i que el seu nivell d'incidència és rellevant.

7.3.5. La fiscalitat ambiental de l'energia com a eix bàsic d'una reforma fiscal ecològica

La reforma fiscal ecològica (RFE) consisteix en la introducció de criteris ambientals en el sistema tributari. Tanmateix, sota aquest nom s'acostuma a considerar en concret el tipus de reforma consistent a incrementar la recaptació per part dels impostos ambientals en paral·lel a una reducció d'altres impostos que des d'un punt de vista econòmic es considerin més distorsionadors.

Atès el caràcter redistributiu d'alguns d'aquests impostos, tals com l'IRPF, l'impost sobre successions o l'impost sobre el patrimoni, en general la idea de la RFE s'acostuma a associar amb l'augment dels impostos ambientals i la reducció de les cotitzacions laborals, que graven –i, per tant, desincentiven– el factor treball. Això revertiria en el que es coneix com a doble dividend, és a dir, beneficis no només en l'àmbit ambiental, sinó també en l'econòmic (i, en concret, en el laboral).⁴¹

Un dels casos més destacats és la reforma empresa a Alemanya, que s'exposa en el quadre següent:

La reforma fiscal ecològica a Alemanya⁴²

Des de l'abril de 1999 Alemanya està aplicant una reforma fiscal ecològica, que ha implicat la introducció de tributs ambientals en diferents àmbits de la contaminació [1], en paral·lel a la reducció d'altres impostos que majoritàriament incideixen directament o indirecta sobre el factor treball (cotitzacions socials i impost sobre la renda de les persones físiques) [2].

Inicialment, el 1999 i durant quatre anys, la reforma fiscal verda va representar un augment de cinc punts anuals dels impostos sobre l'ús dels combustibles, tals com el petroli i el gasoil, el gas natural, l'electricitat i el combustible per a calefacció [1]. Al final del període, el 2003, es va aconseguir un augment dels ingressos de 19.000 milions d'euros [3], que van ser compensats, en part, per la reducció de les contribucions dels treballadors a la Seguretat Social, el que es coneix com a *reforma social*, en la qual els treballadors amb salaris baixos veien reduïts els impostos del 25,9 % el 1998 al 15 % el 2005 (de mitjana, per al període 1999–2003, la reducció fou d'un 4 %), mentre que els impostos energètics creixien un 55 % en el mateix període [1].

Per primera vegada, i durant sis anys consecutius, des de 1999 fins a 2005 el consum de petroli i gasoil

41. Sobre la constatació d'aquest doble dividend, vegeu Gago, A., Labandeira, X. i Rodríguez, M. "Evidencia empírica internacional sobre los dividendos de la imposición ambiental", dins Buñuel (2004), capítol VII.

42. Aquest quadre ha estat redactat conjuntament amb Maria Calaf Forn.

i les emissions de CO₂ s'han vist reduïts, en un 16 % i un 6-7 % en total, respectivament. Aquests resultats han anat acompanyats d'una reducció de la importació de petroli d'un 13 %, fet que ha permès reduir la dependència respecte de l'exterior. Altres resultats són l'augment del *car sharing* en un 70 %, de l'ús del transport públic en un 5 %, la promoció dels cotxes amb gas natural (deu vegades més), de les tecnologies d'eficiència en el consum del cotxe, de l'ús de biocombustibles (el doble), entre altres. En els àmbits econòmic i social, les mesures preses han permès desenvolupar noves tecnologies innovadores que han anat acompanyades de reducció dels costos de la indústria, gràcies a l'augment de l'eficiència energètica i han fomentat la creació de 250.000 llocs de treball, uns 150.000 en els sectors de les energies renovables [1].

Des de 2004, Alemanya ha participat també en el Mercat d'Emissions Europeu (EU-ETS). S'ha observat que des del 2000, la tendència a l'augment de les emissions de CO₂ s'ha trencat i que, en conseqüència, s'ha produït una reducció successiva que els situa dins els límits d'emissió permesos.

També s'ha avançat en la reducció de les “subvencions ambientalment perverses”, és a dir, subvencions que afavoreixen activitats d'alt impacte, concretament en la reducció de l'exempció de certs impostos del sector de l'aviació, la reducció progressiva des de 1997 de les subvencions al sector de la mineria del carbó, l'abolició dels ajuts que prioritzaven la nova construcció en àrees suburbanes en lloc de la rehabilitació, i la reducció a la meitat de l'ajut als treballadors que fan servir el cotxe per anar a treballar. Això, des de 2005 ha significat l'estalvi de 13.000 milions d'euros, que han estat invertits en altres projectes [3].

Tot plegat, s'ha observat clarament un doble dividend, és a dir, mitjançant l'ús d'impostos ambientals s'han aconseguit avenços en el terreny ambiental i també en el social: augment dels llocs de treball, del benestar social i del creixement econòmic gràcies a la reducció del cost laboral.[1]

[1] Green Budget Germany; “Ecotaxes and Emissions Trading in Germany and Europe. Market-Based Instruments for the Environment”. Octubre 2006.

[2] Durán, JM; de Gispert, C.; *La fiscalidad ambiental de la energía*; “Guías Técnicas de Energía i Medio Ambiente”; Fundación Gas Natural. 2005.

[3] Meyer Christian. *Germany's Green Budget Reform 1999-2007: good for ecology, good for economy*. Conferència Environmental Harmful Subsidies. Lisboa, 23 de febrer de 2007.

La Unió Europea ja va defensar la reducció de la fiscalitat sobre el treball i l'increment de la imposició ambiental l'any 1993 en el seu *Llibre blanc sobre creixement, competitivitat i treball*.⁴³

La reforma fiscal ecològica pot ser neutra sobre la recaptació, és a dir, es pot articular de manera que la recaptació total assolida per l'Administració que la impulsa no es vegi alterada. Tanmateix, això no necessàriament ha de ser així. Es tracta, en tot cas, de decisions independents, una és quant recaptar i l'altra com recaptar-ho.

Considerant l'alta capacitat recaptadora de les grans fonts de recaptació de l'Administració, compensar una eventual disminució de la seva recaptació passa –no únicament, però sí necessàriament– per una pujada important de les càrregues impositives sobre l'energia.

A l'Estat espanyol la regulació de les grans fonts de recaptació, i en particular les cotitzacions socials, així com dels grans tributs que afecten l'energia correspon a l'Estat i, per tant, correspondria sobretot a aquesta escala administrativa escometre una RFE en profunditat.⁴⁴ Tanmateix, des de l'escala autonòmica també es poden fer passes rellevants. Una major recaptació obtinguda a través de diversos tributs ecològics nous (apartat 7.3.3.1) o d'increments motivats ambientalment en els trams autonòmics dels tributs regulats estatalment (apartat 7.3.3.2) podria compensar reduccions en altres impostos.

7.3.6. Conclusions sobre fiscalitat

Si bé els instruments de fiscalitat ambiental amb major potencial d'incidència sobre l'energia són a mans de l'Estat, les comunitats autònomes disposen de possibilitats rellevants. A diferència del que ha succeït en altres aspectes de la gestió ambiental, Catalunya no ha estat pionera en l'aplicació d'una fiscalitat ecològica en aquest terreny i ho té pràcticament tot pendent de fer en aquest àmbit. Les experiències d'altres comunitats autònomes poden ser molt útils.

La taula següent mostra les possibilitats principals que ha de desenvolupar la Generalitat en l'àmbit de la fiscalitat ambiental sobre l'energia considerant l'actual marc normatiu:

43. Comissió Europea (1993).

44. Respecte a una eventual reforma fiscal ecològica a l'Estat espanyol, vegeu Gago et al. (1999).

Tribut	Acció
Impost sobre la renda	Aplicació de deduccions sobre la quota íntegra autonòmica per a inversions en energies renovables.
Impost especial sobre determinats mitjans de transport	Increment dins dels rangs legalment permesos.
Impost sobre les vendes minoristes de determinats hidrocarburs	Increment del tipus autonòmic.
Impost sobre vehicles de tracció mecànica	Supressió de l'actual impost municipal, compensació als ajuntaments i articulació d'un nou impost autonòmic homònim amb major capacitat d'incentivar vehicles i circulació més ecològics.
Creació de nou tribut sobre les emissions atmosfèriques de CO₂, NO_x i SO_x.	
Creació de nou tribut sobre la generació elèctrica en centrals tèrmiques i nuclears, i sobre l'emmagatzematge de residus nuclears.	

Taula 79. Resum d'actuacions en l'àmbit de la fiscalitat de l'energia.

És també l'Administració estatal qui pot impulsar la necessària reforma perquè la configuració de les hisendes locals esdevingui més ecològica. Malgrat això, amb l'actual marc normatiu, els municipis disposen de diverses possibilitats d'acció, en particular en relació amb l'IBI, l'IAE, l'impost sobre vehicles de tracció mecànica, l'impost sobre construccions, instal·lacions i obres i algunes taxes.

Com en pràcticament totes les polítiques, de manera més evident en les de caire econòmic, de l'aplicació de les anteriors iniciatives en derivaran guanyadors i perdedors. En aquest cas, els perdedors seran les formes més contaminants de generació i distribució de l'energia, així com els usos més malbaratadors; els guanyadors, les fonts renovables i l'eficiència. Més enllà dels indiscutibles beneficis ambientals, ja per si sols una justificació suficient, també es donaran beneficis en el terreny d'un funcionament més eficient del sistema econòmic i en el terreny laboral.

7.4. Quotes d'emissió i consum d'energia⁴⁵

7.4.1. Introducció

A la secció anterior s'ha presentat una sèrie d'instruments fiscals de què disposa l'Administració per desincentivar el consum d'energia i, en particular, l'ús de fonts d'energia procedent de combustibles fòssils. Aquest enfocament –que, com hem vist, és del tot necessari a Catalunya– podria ser complementat amb altres mesures encara més orientades al canvi de comportament dels diferents agents econòmics, fent-los responsables de la lluita per a la reducció de les emissions de gasos amb

efecte d'hivernacle. Així, aquesta secció presenta un altre tipus de mesura que també té com a objectiu el canvi en els comportaments dels individus i de les organitzacions en el consum d'energia. Es tracta d'un instrument innovador que lliga el consum d'energia amb les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle, de manera que estableix un límit d'emissions que serveix com a incentiu a l'estalvi energètic, que incentiva el canvi de comportaments i d'hàbits cap a altres que requereixen menys consum d'energia i, finalment, afavoreix les fonts d'energia que no provenen dels combustibles fòssils.

Tant el consum d'energia com les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle han augmentat a tots els sectors productius de l'economia en els darrers anys, tant a Catalunya com al conjunt de l'Estat espanyol (Corominas, 2005; IDAE, 2005; Ramos-Martín, 2001; Ministerio de Medio Ambiente, 2006). Amb el mix energètic actual, on el petroli i el gas natural representen una fracció important, l'evolució del consum d'energia primària va associada a la de les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle, per les quals hi ha compromisos polítics fermes de reducció.⁴⁶ Això fa que les polítiques i les actuacions que es portin a terme en qualsevol d'aquests àmbits també tinguin efectes sobre l'altre, de manera que cal desenvolupar mesures conjuntes que aprofitin aquesta vinculació. És en aquest context on una de les mesures que s'han proposat sota aquesta doble perspectiva és establir un sistema que reparteixi en l'àmbit personal i a les organitzacions (empreses, entitats, etc.) unes quotes d'emissions de gasos amb efecte d'hivernacle. Com diu l'analista polític britànic David Fleming (2006):

45. Autor: Esteve Corbera Elizalde.

46. Tot i que l'Estat espanyol, en el marc del Protocol de Kyoto, es va comprometre a augmentar les seves emissions un 15 % respecte de les emissions de 1990 com a mitjana pel període 2008–2012, l'any 2006 aquest objectiu ja s'havia superat amb un 31,2 % extra. Les tendències a Catalunya són similars (Informe sobre el canvi climàtic a Catalunya, 2005). L'Agència Europea de Medi Ambient preveu que l'Estat espanyol no podrà complir les seves obligacions de reducció d'emissions, ni fent ús dels mecanismes de mercat existents, ni amb les actuals actuacions nacionals complementàries (European Environment Agency, 2006: 6). Per tant, enfront de la necessitat de reduir el consum de fonts d'energia primària provinents de combustibles fòssils, cal conèixer i plantejar la implementació del major nombre d'instruments reguladors de la demanda energètica possibles.

“Hem de desenvolupar un objectiu comú en resposta a dos problemes. D'una banda hi ha el problema del canvi climàtic: el petroli, el gas i el carbó que generen gasos amb efecte d'hivernacle que incrementen la temperatura. I, de l'altra, hi ha el problema de la provisió: les reserves de petroli i gas s'estan esgotant ràpidament; durant els propers anys començaran a escassejar. Hem d'aconseguir una reducció en el consum d'energia, cooperant en solucions i alternatives a mesura que avancem plegats, i mantenint una distribució equitativa de l'energia de la qual tots depenem” (David Fleming, <http://www.teqs.net/>; traducció de l'autor).

Aquesta secció presenta una mesura que vincula la reducció del consum d'energia i de les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle, a través de la limitació de la demanda de combustibles fòssils en l'àmbit de l'individu i les organitzacions socials. La idea de fons consisteix en l'establiment d'uns objectius màxims d'emissions de gasos amb efecte d'hivernacle relacionats amb el consum d'energia i la distribució equitativa d'unes quotes d'emissió, a repartir entre els agents que constitueixen la demanda d'energia d'un determinat país: ciutadans, organitzacions i empreses. Les quotes “es gasten” amb el consum d'electricitat, gas i carburants, i es poden comprar i vendre. Aquesta mesura, coneguda com *quotes d'emissió comercialitzables*, o QEC, s'exposarà amb més detall a les properes seccions. Fins ara, s'ha desenvolupat teòricament i principalment al Regne Unit, on se n'està estudiant la viabilitat.

L'annex G conté de manera esquemàtica, com a preguntes i respostes, una explicació més detallada de quin podria ser el funcionament de les QEC a un nivell pràctic, basant-se en la proposta que s'està discutint al Regne Unit.

L'objectiu no és proposar l'aplicació immediata d'aquest tipus d'instruments a Catalunya, sinó fer una primera aproximació a aquest tipus de mesures que vinculen les polítiques de foment de l'estalvi d'energia amb les de canvi climàtic de manera innovadora.

7.4.2. Fonaments de les quotes d'emissions individuals

Aquest apartat presenta una primera aproximació a les quotes d'emissions comercialitzables des d'una perspectiva essencialment *teòrica*. Cal dir que els principis teò-

rics que es presentaran no només es poden aplicar a les QEC sinó també a altres instruments similars. L'apartat defineix els principis rectors de les quotes d'emissions individuals, reflexiona al voltant del beneficis ambientals, econòmics i socials de la seva possible implementació, i remarca la importància de desenvolupar instruments que permetin transitar cap un model energètic més sostenible i diversificat.

Les quotes d'emissió individuals es fonamenten en el principi d'equitat.⁴⁷ Això implica que tots els individus adults, independentment del seu origen, circumstància o condició social, mereixen tenir, almenys de bon principi, el mateix dret a emetre gasos amb efecte d'hivernacle a l'atmosfera (Barnes, 2001). L'assignació *per càpita* gratuïta de drets d'emissió als ciutadans fa que les QEC siguin un instrument *de la gent*, ja que el govern no interfereix manipulant preus i impostos.

Tot i que hi ha opinions divergents, indicant que el mercat no pot aportar les millors solucions als problemes ambientals, alguns acadèmics i activistes han fet èmfasi que l'actual procés internacional per disminuir el consum d'energia basada en fonts primàries no renovables, regular les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle i afrontar el canvi climàtic ha de transitar cap a l'establiment d'un mercat global de drets d'emissió on aquests drets s'assignin igualitàriament *per capita* entre tots els ciutadans del planeta (Agarwal and Narain, 1992; Athanasiou and Baer, 2002). Amb l'actual distribució dels consums energètics *per càpita*, això segurament comportaria una transferència global de recursos econòmics dels països més desenvolupats als països més pobres. Altres han suggerit que assignar els mateixos drets d'emissió a cada persona del planeta és operacionalment molt complicat, perquè implica tenir en compte factors poblacionals, així com de responsabilitat històrica i de capacitat per participar en un esquema d'aquest tipus (Claussen and McNeilly, 2000). Avui encara ens trobem lluny d'un acord internacional sobre un sistema global d'assignació d'emissions per capita, ja que la definició del volum d'emissions global permès i un esquema de reducció progressiva al llarg del temps seria relativament senzill des d'un punt de vista científic, però molt complex políticament, i difícilment de portar a la pràctica des d'un punt de vista tecnològic i administratiu, sobretot pels països en vies de desenvolupament.

Més viable esdevé la implementació d'instruments equitatius reguladors de les emissions i de la demanda ener-

47. El principi d'equitat ha estat present al centre de les negociacions de la Conveni marc sobre el canvi climàtic (UNFCCC), així com en la formulació del Protocol de Kyoto, que ha reconegut l'existència de “responsabilitats conjuntes però alhora diferenciades per afrontar la reducció d'emissions i el canvi climàtic” (Conveni marc de les Nacions Unides sobre el canvi climàtic, 1997). Emparant-se en aquest principi, el Protocol va establir objectius de reducció d'emissions només per als països més desenvolupats, que alhora han estat històricament responsables del problema. En l'actualitat però, ja s'ha fet necessari aprofundir en propostes per regular les emissions de manera més global, involucrant tots els països, i assegurant que el principi d'equitat segueixi tenint un paper central en la determinació de límits d'emissió i de distribució de responsabilitats.

gètica als països desenvolupats. En aquests països ja existeix la infraestructura tecnològica necessària per implementar un sistema on cada ciutadà i organització social pugui tenir limitats els seus drets a fer ús d'energies primàries ambientalment perjudicials. Els països que primerament desenvolupin instruments equitatius i efectius per a la reducció de la demanda energètica i la transició cap a la sostenibilitat estaran establint un precedent important per a la resta de països del món, tant des d'un punt de vista ambiental com de justícia social. Malgrat tot, el repartiment equitatiu de quotes d'emissió també podria comportar efectes negatius. Per exemple, la gent que visqués en àrees rurals remotes o que hagués de desplaçar-se a treballar cada dia amb cotxe per manca d'una infraestructura de transport públic, potser hauria de comprar drets d'emissió, i en certs casos estar en desavantatge, per exemple, en relació amb una persona que disposés d'una renda molt alta i treballés al costat de casa.

A més de la seva dimensió d'equitat, les quotes d'emissió individuals maximitzen l'efectivitat dels esforços per incentivar un canvi en el mix energètic cap a fonts renovables, mitjançant l'assignació de límits sobre les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle provinents de l'ús de combustibles fòssils, fet que eventualment ha de permetre canviar la composició de la demanda d'energia. En altres paraules, serien un instrument ambientalment efectiu perquè, per definició, estableixen un límit màxim d'emissions i incorporen sectors econòmics fins ara exclosos del Pla nacional d'assignació d'emissions (PNAE), com el residencial, el sector serveis i el transport, que representen més d'un 55 % del total de les emissions del país.⁴⁸ Tal com s'explica a la secció 7.4.4, la definició d'un volum d'emissions *permès* anualment i la seva projecció a 20 anys és una garantia perquè els nivells de reducció d'emissions siguin assolits en relativament poc temps –i assumint que el mercat funcionarà efectivament. A més, la definició del volum d'emissions *permès* i la seva projecció al llarg del temps ofereix un senyal molt clar als participants del mercat respecte a la seva estabilitat i trajectòria en el futur. D'aquesta manera, els participants al mercat poden planejar i dissenyar estratègies de reducció d'emissions amb un menor grau d'incertesa que en l'actual marc del Protocol de Kyoto, on els límits d'emissió exigits més enllà de l'any 2012 depenen de futures negociacions entre els estats que formen part del Protocol.

A més de ser potencialment equitatives, ambientalment responsables i tecnològicament viables, les quotes d'emissió individuals tenen almenys un altre benefici addi-

cional, relacionat amb el fet que els ciutadans controlin la manera en què volen fer ús dels seus drets d'emissió. Poden incentivar, per exemple, que els ciutadans només transfereixin drets a organitzacions que ells creguin que fan un millor ús d'aquests drets. A més, el fet que cada ciutadà visualitzi quan compri energia elèctrica o carburant el seu cost en termes de drets d'emissió pot incentivar que cadascú dediqui més temps a considerar estratègies per reduir emissions, i aleshores sigui possible que, amb l'ajut d'aquest factor d'educació ambiental, un sistema de quotes d'emissió individuals esdevingui a mitjà termini l'instrument més efectiu amb relació al seu cost.

7.4.3. Les quotes d'emissió comercialitzables i altres propostes de quotes d'emissió individuals

Hi ha diferents mètodes que tenen com a idea de fons la distribució de quotes als individus per limitar l'emissió de gasos amb efecte d'hivernacle vinculats al consum d'energia. A continuació es presenta el que es coneix com a quotes d'emissions comercialitzables (QEC), que seran explicades més detalladament a l'apartat 7.4.4, i es compara amb altres instruments similars. Tots tenen com a objectiu de fons servir com a instrument econòmic per impulsar el canvi d'hàbits en l'ús de l'energia, la promoció d'energies que no proveniguin de combustibles fòssils, i el foment de l'estalvi i l'eficiència energètica. La taula 79 en resumeix les característiques principals i compara les diferents propostes. Finalment, és important enfatitzar que el fonament d'aquests instruments és el mateix que el de l'actual mercat europeu d'emissions, que abraça, però, només els sectors industrials amb majors nivells d'emissions. Els mecanismes presentats aquí permeten incloure els sectors difusos, responsables d'un 65 % de les emissions de Catalunya.⁴⁹

Les quotes d'emissió comercialitzables (QEC)

Les QEC són un instrument regulador de la demanda energètica, que es fonamenta en l'assignació equitativa i l'intercanvi de drets d'emissió en un mercat on participen activament ciutadans, empreses i govern. Les QEC van ser plantejades per primera vegada l'any 1995 (i actualitzades l'any 2006) per l'analista polític britànic David Fleming, sota el nom de *Tradable Energy Quotas* (Fleming, 2006).⁵⁰ Pretenen limitar les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle d'un país i promoure indirectament una transició del mix energètic (és a dir, el conjunt de les diferents formes d'energia primària que usa la societat) cap a fonts d'energia primària més netes i con-

48. Reial decret 777/2006, de 23 de juny, pel qual es modifica el Reial decret 1866/2004, de 6 de setembre, pel qual s'aprova el Pla nacional d'assignació de drets d'emissió, 2005–2007.

49. Segons s'informa al web del Departament de Medi Ambient i Habitatge, en l'apartat dedicat a "L'estratègia catalana contra el canvi climàtic", en procés d'elaboració. Vegeu http://mediambient.gencat.net/cat/el_medio/C_climatic/estrategia_catalana.jsp?ComponentID=112432&SourcePageID=112595#1.

50. Altres noms que s'han donat al mateix instrument inclouen, en anglès, *domestic tradable quotas* (DTQ), *personal carbon allowances* (PCA), *personal carbon trading*, *carbon quotas*, i *national tradable permits* (NTP).

tribuir a reduir el consum de carburants en el sector del transport.

Les QEC es basen a distribuir de manera gratuïta i periòdica (per exemple, anualment, semestralment o trimestralment) entre tots els ciutadans adults una part del total de les emissions permeses en un país durant el període determinat, en format de drets o unitats d'emissió. L'altra part se subhasta entre la resta d'agents econòmics i socials, incloent-hi el govern, també de manera periòdica. Tant els ciutadans com les organitzacions poden comprar o vendre unitats segons les seves necessitats energètiques i exhaureixen els seus drets a mesura que consumeixen energia, és a dir, quan paguen les seves factures d'electricitat i gas, o quan compren carburant a les estacions de servei. També poden comprar o vendre més drets que aquells comprats o assignats inicialment en subhasta a través d'intermediaris especialitzats, però el volum de drets en circulació al mercat és fix i disminueix al llarg del temps. El volum total d'emissions permeses anualment es pot ajustar als límits definits internacionalment o bé es poden adoptar nivells de reducció més ambiciosos, que anirien fent-se més petits amb el temps i a mesura que s'assoleixin nivells més alts d'eficiència i diversificació energètica, i es redueixi el consum.

Indirectament, les QEC podrien contribuir a la reducció de la dependència externa de l'economia, del dèficit comercial, i del risc associat al proveïment de combustibles fòssils, ja que els ciutadans i les organitzacions es convertirien en els primers interessats a reduir el seu consum energètic i a pressionar els proveïdors de l'energia perquè maximitzessin la proporció d'energia final obtinguda a través de fonts primàries renovables. És important tenir en compte que el concepte de les QEC és molt innovador i que no s'ha implementat a cap país encara, tot i que se n'està estudiant la viabilitat al Regne Unit. És un instrument que introdueix explícitament la noció de corresponsabilitat, és a dir, fa directament partícips els ciutadans i les organitzacions socials de promoure un canvi de model energètic i els fa conscients de l'impacte ambiental de la seva conducta.

Les QEC tenen en compte totes les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle d'un país vinculades al consum d'energia derivada de combustibles fòssils, i no només un percentatge determinat d'aquestes emissions com fa l'actual mercat de drets d'emissió de la Unió Europea. Cobreixen tots els usos de l'energia, ja que qualsevol producte o servei que el ciutadà consumeixi tindrà internalitzat d'alguna manera el seu cost energètic, ja que les empreses internalitzarien el cost de comprar unitats d'emissió al preu dels seus productes.

Altres mètodes de distribució de quotes d'emissió en l'àmbit de l'individu

a) Mètode Ayres

Ayres (1997; 1998) proposa un esquema de distribució de drets d'emissió similar a les QEC. Igual que a l'instrument anterior, l'anomenat mètode Ayres proposa que només el consum d'energia i els carburants siguin considerats a les quotes i tinguin, per tant, una valoració en termes de CO₂ equivalent (CO₂eq). També són els ciutadans i les organitzacions els responsables del consum de les quotes, és a dir, els destinataris de les quotes i els que han de transferir unitats d'emissió des dels seus comptes-registre fins a l'entitat governamental reguladora (com s'explicarà més endavant) quan consumeixin electricitat, gas o carburants. Malgrat això, i a diferència de les QEC, Ayres proposa assignar el total (100 %) del volum d'emissions als ciutadans (a les QEC els ciutadans obtenen el 40 % i l'altre 60 % es distribueix en subhasta a les organitzacions de tot tipus). Aquests vendrien el seu excedent d'emissions als intermediaris, o creadors de mercat, que per la seva banda el vendrien a les organitzacions.

b) Sky Trust

La proposta de l'*Sky Trust* (Barnes, 2001) consisteix a subhastar tot el volum d'emissions (100 %) entre totes les organitzacions i el que es coneix com a creadors de mercat (és a dir, els intermediaris) que les necessitin, i que siguin els diners generats per la subhasta els que es reparteixin igualitàriament entre tots els ciutadans adults. Per tant, mitjançant la proposta de l'*Sky Trust* només les organitzacions compren unitats d'emissió i després les lliuren a mesura que les consumeixen.

c) QEC + reciclatge d'ingressos

Fleming (2006) i Starkey i Anderson (2005) proposen el mateix sistema de distribució que preveu les QEC, però que els guanys derivats de subhastar els drets d'emissió entre organitzacions, creadors de mercat i proveïdors d'energia es destinin a promoure l'eficiència energètica i a polítiques de reducció del consum energètic entre els ciutadans i les organitzacions, per exemple, finançant programes d'eficiència energètica en el sector productiu i del transport. Una variació d'aquest sistema seria que no fos necessari reciclar els ingressos de la subhasta en programes energètics, sinó que el govern estimés més necessari destinar els ingressos, per exemple, a polítiques socials com la sanitat o l'educació.

d) Impost CO₂ + reciclatge d'ingressos

Si bé no seria estrictament un instrument d'assignació de drets d'emissió *per capita*, també seria possible limitar les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle a través d'un impost sobre els combustibles fòssils, contràriament a fer-ho mitjançant el comerç de drets d'emissió. Els

diners que el govern obtingués mitjançant el cobrament de l'impost es podrien repartir igualitàriament entre els individus adults, seguint el mateix principi que la proposta de l'Sky Trust. Aquesta estratègia fiscal, però, el ciutadà només la visualitza mitjançant l'increment de preus i rarament inspirarà la creativitat i l'acció individual i col·lectiva per reduir emissions; a més, afectaria per igual les classes benestants i les desfavorides.

Des d'un punt de vista d'equitat intrageneracional, és important plantejar-se si és més convenient assignar els drets d'emissió directament als ciutadans (com suggereix el mètode Ayres) o distribuir la renda produïda per la subhasta d'emissions i la implementació d'un impost sobre la generació de CO₂eq (com proposen la proposta de l'Sky Trust i l'Impost CO₂ + reciclatge d'ingressos). Sota la proposta de l'Sky Trust, el ciutadà rebria un ingrés de renda addicional a conseqüència del reciclatge dels fons governamentals generats per la subhasta de drets d'emissió.⁵¹ Si s'adoptés la proposta d'Ayres, el mateix ciutadà tindria un excedent d'unitats o drets d'emissió que podria vendre. Per tant, en ambdós casos el ciutadà és lliure de decidir què vol fer amb l'ingrés addicional (per exemple, estalviar) o l'excedent d'unitats (per exemple, vendre-les i guanyar diners o bé no consumir-les i retirar-les del mercat). La diferència principal entre l'Sky Trust i el mètode d'Ayres radica, doncs, en el fet que distribuir drets d'emissió en lloc de beneficis econòmics permet a les persones decidir, per exemple, qui pot utilitzar el seu excedent d'unitats. Es podria donar el cas que hi hagués *creadors de mercat* (intermediaris) ètics, que només com-

pressin i venguessin unitats d'emissió a les organitzacions que ja tinguessin un elevat índex d'eficiència energètica.

Finalment, si es compara la proposta d'Ayres amb la proposta de QEC + reciclatge d'ingressos, val a dir que des d'un punt de vista equitatiu, la primera estalvia el càlcul del percentatge de distribució entre els ciutadans i les organitzacions. Per contra, la proposta d'Ayres tindria uns costos de transacció molt més elevats ja que els creadors de mercat i els proveïdors d'energia haurien de comprar les unitats d'emissió directament a milions de particulars, ja que no comptarien amb la subhasta governamental. Per aquest motiu, aquest estudi consideraria que un sistema de QEC que també afavoreixi el reciclatge dels guanys obtinguts per la subhasta de drets d'emissió en programes d'eficiència energètica o en la creació d'incentius econòmics per l'expansió d'energies netes i sostenibles a empreses i diferents sectors econòmics tindria un clar valor afegit.

7.4.4. Presentació de la proposta de QEC desenvolupada al Regne Unit

La descripció operacional i organitzacional de les QEC desenvolupada a continuació està basada en l'estudi de Fleming (2006), de Hillman i Fawcett (2004), així com en el treball més extens d'Starkey i Anderson (Starkey i Anderson, 2005). En l'actualitat, Starkey i Anderson han rebut suport econòmic dels consells de recerca del Regne Unit per estudiar amb més profunditat la implementació

Proposta	Elements valorats en termes de CO ₂ eq	Percentatge inicial d'unitats assignades		Comercialització i lliurament d'unitats		Reciclatge de guanys de la subhasta
		Particulars	Organitzacions	Part.	Organitzacions	
Ayres	Carburant/electricitat	100 %	X	√	√	No hi ha subhasta
Sky Trust	Carburant	X	100 % distribuïdes entre les organitzacions que participen en la subhasta	X	Només organitzacions que participen en la subhasta	Distribució igualitària entre ciutadans
Impost CO ₂	Carburant	–	–	X	X	Distribució igualitària entre ciutadans
QECs + reciclatge	Carburant/electricitat	40	Desconegut (subhasta)	√	√	Inversió en polítiques d'eficiència energètica
QECs	Carburant/electricitat	40	Desconegut (subhasta)	√	√	No cal

Taula 80. Propostes per assignar drets d'emissió *per capita*.

Font: modificat d'Starkey i Anderson (2005: 9).

51. No està clar com afectaria la compra de drets d'emissió als agents econòmics. Per exemple, les empreses podrien repercutir en el preu dels seus productes i serveis el cost de comprar els drets d'emissió. Si això no anés acompanyat de millores salarials generals o canvis en la tributació sobre la renda, el ciutadà hauria d'utilitzar l'increment de la seva renda a cobrir l'increment de preus dels béns i serveis.

de les QEC.⁵² L'impuls d'aquests acadèmics per promoure les QEC en aquest país s'ha traduït en debats mediàtics en premsa escrita i ràdio, així com discussions al Parlament. Recentment, el govern britànic ha reconegut que el problema del canvi climàtic requereix el desenvolupament i la implementació de mecanismes de mercat més ambiciosos i participatius i ha plantejat al Parlament el possible desenvolupament en la propera legislació d'un sistema de QEC.

La importància de reduir la dependència de combustibles fòssils ha quedat també palesa en el recent Informe Stern sobre l'economia del canvi climàtic (Stern, 2006), on s'afirma que:

“Els que dissenyen polítiques públiques no poden predir amb detall quines seran les formes més cost-efectives per reduir les emissions, però poden *encoratjar* els ciutadans i les empreses a trobar-les. Per tant, el cost de mitigar el canvi climàtic dependrà de l'efectivitat de les eines escollides per garantir una reducció de les emissions. Les possibles eines inclouen taxes sobre les emissions, impostos sobre el CO₂ i les *quotes d'emissió comercialitzables*. L'assignació d'un preu al CO₂ a través de qualsevol d'aquests mètodes és probable que *persuadeixi els consumidors de reduir la seva despesa en productes intensius en emissions* [...]” (Stern Review, 2006: 214)

A continuació es descriuen els principals participants en el mercat de QEC i els seus principis operacionals segons el cas del Regne Unit.

a) Participants

Els participants en el mercat de QEC es poden classificar en cinc categories: 1) *venedor primari*; 2) *venedors secundaris*; 3) *compradors finals*; 4) *especuladors* i 5) *intermediaris* que faciliten la comercialització de QEC entre els venedors primaris, els especuladors i els compradors finals (vegeu la taula 80).

El venedor primari és una entitat governamental reguladora que inicialment supleix o ven unitats al mercat de QEC. Els venedors secundaris són els ciutadans que, després de rebre del govern els drets d'emissió que els correspon, decideixen desprendre's d'una part o del total d'aquests drets. Els compradors finals compren unitats d'emissió per lliurar-les posteriorment a l'entitat governamental reguladora després de fer ús de l'energia o de comprar carburant. Aquests inclouen, d'una banda, qualsevol organització que participi en la subhasta governamental dels drets d'emissió, i ciutadans que emetin per sobre de la seva quota d'unitats inicialment assignada i que aleshores necessitin comprar més unitats al mercat.

Els especuladors són ciutadans o organitzacions que podrien comprar unitats al mercat de QEC amb l'objectiu de treure profit d'una possible venda posterior.

Actor	Subactor	Funció
Venedor primari	Entitat governamental reguladora	Determina el volum d'emissions total permès anualment en un país o territori. Assigna anualment els drets d'emissió dels particulars i subhasta la resta d'emissions entre els proveïdors d'energia, empreses i els creadors de mercat.
Venedors secundaris	Individus per sota de la seva quota d'emissions	Venen els drets d'emissió que ells no utilitzen directament als creadors de mercat o als especuladors.
Compradors finals	Empreses i organitzacions	Compren unitats a la subhasta governamental o directament als creadors de mercat i després d'utilitzar-les les lliuren a l'entitat reguladora del mercat.
	Individus per sobre de la seva quota d'emissions	Compren unitats als creadors de mercat o directament als proveïdors d'energia i punts de venda de combustible.
Especuladors	–	Compren unitats al mercat de QEC amb l'objectiu de treure'n profit de la seva possible venda.
Intermediaris	Creadors de mercat	Compren unitats al govern en el procés de subhasta d'unitats d'emissió i després les venen a les organitzacions i individus que estan interessats a comprar.
	Proveïdors d'energia	Compren unitats al govern en el procés de subhasta per cobrir les necessitats energètiques de les seves activitats no directament relacionades amb la producció d'energia. Lliuren als proveïdors d'energia primària o directament al govern les unitats proveïdes o comprades pels particulars i les organitzacions.

Taula 81. Actors en el mercat de quotes d'emissió comercialitzables

52. A través de models econòmics es comparà el cost d'aquest instrument amb altres mecanismes per a la reducció d'emissions, com una taxació més substancial dels combustibles fòssils, i el seu impacte sobre diferents nivells de renda familiar. També es duran a terme estudis qualitius sobre l'acceptació pública de l'instrument entre diferents actors socials, incloent-hi ciutadans i organitzacions. Per a més informació, vegeu http://www.tyndall.ac.uk/research/programme2/programme2_project_list.shtml.

Finalment, els intermediaris se subdivideixen en dues categories: els *creadors de mercat* i els *proveïdors d'energia* (proveïdors de gas natural, companyies elèctriques, benzineres). Un creador de mercat és una organització que compra drets d'emissió a la subhasta governamental i els ven als qui estan interessats a comprar. Un creador de mercat ha de complir amb una sèrie de requisits i estar reconegut per l'entitat governamental reguladora del mercat. En el cas del Regne Unit, s'assumeix que els creadors de mercat serien entitats bancàries, altres entitats financeres i organitzacions que tinguessin la capacitat tecnològica per gestionar transaccions de drets d'emissió.

Els *proveïdors d'energia*, que inclouen les companyies productores d'electricitat, distribuïdores de gas i de carburant, compren a la subhasta exclusivament els drets d'emissió necessaris per cobrir les emissions derivades de les seves activitats no relacionades amb la producció d'energia. En un sistema de QEC, i a diferència del que succeeix actualment amb el mercat europeu de comerç d'emissions, les emissions són comptabilitzades als consumidors finals de l'energia. El rol dels proveïdors d'energia és, per tant, exercir d'actor intermediari en la transferència o el lliurament d'unitats d'emissió des dels particulars i les organitzacions que consumeixen energia i carburants cap a l'entitat governamental reguladora a través del cobrament de les factures d'electricitat, gas o de subministrament de carburant.

En resum, l'entitat governamental reguladora és el principal subministrador de drets d'emissió al mercat mitjançant una subhasta periòdica de totes les unitats que no s'assignessin directament als ciutadans. A la subhasta hi participen principalment les organitzacions que generen grans quantitats d'emissions (com les que ja estan incloses en el mercat europeu de comerç d'emissions –siderúrgiques, metal·lúrgiques, fabricació de ciment–), els proveïdors d'energia, l'Administració pública i els creadors de mercat. Aquests últims són els encarregats de vendre drets d'emissió a les organitzacions que no participen en la subhasta i que inclourien, majoritàriament, empreses de prestació de serveis, organitzacions civils de qualsevol tipus, empreses de distribució i altres. Els creadors de mercat també poden vendre drets als ciutadans que volguessin ampliar el seu nombre d'unitats disponibles o comprar als qui no vulguin utilitzar els seus drets d'emissió.

b) Volum d'emissions permès

El *volum d'emissions permès* és la màxima quantitat de gasos amb efecte d'hivernacle que un país pot emetre per raó de l'ús de l'energia cada any. Fleming (2006) propo-

sa una estructura de mercat basada en un període de reducció d'emissions a 20 anys, amb l'objectiu d'assegurar la viabilitat del mercat a mitjà termini i facilitar la participació de tots els actors implicats, especialment dels creadors de mercat. Durant aquests 20 anys, el volum d'emissions permès anualment aniria disminuint, de la mateixa manera que el nombre d'unitats assignades o subhastades. Aquest període de 20 anys estaria caracteritzat per tres períodes d'operacionalització. Els primers cinc anys d'implementació del mercat constituïrien el *període d'obligació*, en el qual les condicions del mercat no podrien ser revisades. Els següents cinc anys, o *període d'intenció*, que també seria força inflexible, permetria la revisió anual del mercat per un comitè independent d'experts i una possible redefinició dels objectius de reducció d'emissions. Finalment, el *període de previsió* començaria deu anys després de la implementació inicial del mercat i serviria de tendència indicativa. Això vol dir que cada any es podrien revisar els objectius de reducció alhora que s'afegiria un any més en les projeccions del volum d'emissions disponible en els següents deu anys (figura 71).

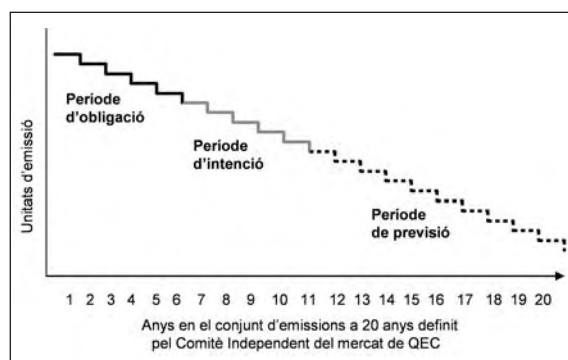


Fig. 71. Planificació del volum d'emissions permès

Font: Fleming (2006: 12).

En referència a la determinació del volum d'emissions permès anualment, Starkey i Anderson (2005) proposen que el volum sigui establert per un comitè d'experts en energia i emissions, independent del govern, que alhora dividiria el volum d'emissions anuals permeses en *drets o unitats d'emissió*, on cada unitat representaria l'emissió d'un quilogram de diòxid de carboni equivalent (CO_2eq),⁵³ i també decidiria la regularitat dels períodes de subhasta i assignació. El volum d'emissions permès i, consegüentment, la quantitat d'unitats es podria definir d'acord amb els límits establerts internacionalment pel Protocol de Kyoto o segons uns objectius de reducció més ambiciosos.

53. Una unitat de CO_2eq equival a la concentració de diòxid de carboni que causaria el mateix canvi de temperatura en el sistema climàtic que una barreja qual·sevol de CO_2 i altres gasos amb efecte d'hivernacle. Si imaginem, per exemple, que de la combustió d'un quilogram d'un determinat combustible es genera únicament un gram d'òxid de nitrogen i observem que aquest gram té el mateix potencial d'escalfament que 310 grams de CO_2 , aleshores podríem afirmar que la combustió d'un quilogram d'aquest combustible equival a l'emissió de 310 grams de CO_2eq . Si aleshores assumim que una unitat d'emissió equival a l'emissió d'un quilogram de CO_2eq , la combustió d'un quilo del combustible en qüestió suposaria la pèrdua de 0,310 unitats d'emissió per part del consumidor.

Per poder dividir el volum total d'emissions permès en drets o unitats d'emissió, tots els combustibles i l'electricitat s'haurien de valorar i classificar segons la quantitat de CO₂ que s'emet en la combustió de cada unitat de combustible o en la generació de cada unitat d'electricitat. Aquesta unitat d'emissió incorporaria alhora les emissions produïdes per l'ús d'altres combustibles en l'extracció, el refinament, la generació i el transport o la distribució del combustible consumit com a font d'energia final. Cada combustible, per tant, podria ser valorat en termes de CO₂eq, o el que és el mateix, de la seva contribució a l'escalfament global. Per tant, tenint en compte la contribució a l'escalfament global de diferents gasos, coneixent la composició dels gasos derivats de cada procés de combustió, i assumint que una unitat d'emissió és equivalent a un quilogram de CO₂eq, seria possible classificar els diferents combustibles fòssils que s'utilitzen per generar energia, així com establir el nombre d'unitats d'emissió corresponents al consum d'un determinat combustible (taula 81).

Combustible	Unitats d'emissió consumides
Gas natural	0,2 per kWh
Benzina	2,3 per litre
Dièsel	2,4 per litre
Carbó	2,9 per kg
Xarxa elèctrica (diürna)	0,6 per kWh
Xarxa elèctrica (nocturna)	0,7 per kWh

Taula 82. Relació entre combustibles i formes de producció d'energia i les unitats d'emissió generades en el cas del Regne Unit

Font: Fleming (2006: 10).

En el cas de l'electricitat, per exemple, la possibilitat de valorar la quantitat d'unitats d'emissió contingudes en el consum de cada quilovat dependrà de tenir un sistema que pugui distingir entre les diferents fonts de generació d'energia que produeixen un determinat mix energètic i determinar la seva contribució en termes d'emissions de gasos amb efecte d'hivernacle. És a dir, no és el mateix en termes de dependència energètica i contribució al canvi climàtic l'electricitat que ha estat generada en un 30 % per la combustió de fuel en una central tèrmica i un 70 % per energia nuclear, que una electricitat que arriba generada en un 20 % per energia eòlica, un 50 % per energia nuclear i un 30 % per la crema de combustibles fòssils.

La implementació de les QEC obligaria a les companyies productores i distribuïdores d'electricitat que fessin cons-

tar a les factures el mix energètic i l'impacte del mix en termes de CO₂eq.⁵⁴ D'aquesta manera, el consumidor podria incentivar les companyies a maximitzar el percentatge d'electricitat generat a través de fonts renovables, i que consegüentment reduiria la seva despesa en termes d'unitats d'emissió. Val a dir, però, que en l'actual mercat energètic espanyol, existeixen barreres estructurals que dificulten l'aparició de noves empreses que produeixin i distribueixin electricitat únicament provinent de fonts d'energia renovables.⁵⁵ Així doncs, sense una reforma més substancial del mercat elèctric espanyol, les QEC només podrien influir en la proporció relativa d'energia provinent de fonts renovables emprada en el mix energètic de les grans empreses productores d'energia al mercat majorista.

Intuïtivament, podem dir que els preus dels drets d'emissió estarien influïts per la trajectòria de reducció marcada pel comitè independent, i que definiria el conjunt d'emissió permès i els salts de reducció entre els diferents anys. Fleming (2006) suggereix que el preu de les unitats d'emissió tendirà a estabilitzar-se a mesura que es desenvolupi el mercat, ja que un increment en el preu de les unitats incentivaria els ciutadans i les organitzacions a reduir el seu consum d'energia provinent de combustibles fòssils, la qual cosa, per consegüent, reduiria novament el preu de les unitats. Starkey i Anderson (2005: 29) també subratllen que fóra possible imaginar un escenari en el qual les famílies de renda més baixa es veiessin perjudicades per la volatilitat del preu de les unitats d'emissió. Per exemple, un ciutadà de renda baixa que normalment emeti per sota de la seva assignació anual d'unitats, podria decidir de vendre's les seves unitats tan bon punt li són lliurades. Però, si el preu de les unitats és extremament volàtil, es pot trobar que quan compri unitats directament als proveïdors, aquestes siguin molt més cares. I malgrat que la quantitat comprada sigui sensiblement inferior a l'assignació original, un major preu de les unitats podria implicar que el ciutadà en concret acabi perdent diners.

c) Comptes-registre i assignació de drets d'emissió

Per al funcionament del mercat de QEC també cal que es creï un *compte-registre* de drets o unitats d'emissió per a tots els ciutadans i les organitzacions que participin en el mercat. Cal crear una base de dades central per als comptes-registre, gestionada per l'entitat governamental reguladora. Aquesta entitat és la responsable d'assignar al compte-registre de cada individu adult major de

54. La Directiva 2003/54/EC, de 26 de juny, del Parlament Europeu i del Consell, sobre la liberalització del mercat elèctric estableix la base legal per tal que els proveïdors d'energia estiguin obligats a informar els seus consumidors sobre la contribució de cada font primària energètica al mix energètic proveït l'any anterior i a fer públic un seguit de referències bibliogràfiques o d'Internet on estigui disponible l'impacte ambiental del mix energètic proveït, pel que fa a llur contribució en termes d'emissió de CO₂ i de generació de residus radioactius (Directiva 2003/54/EC; article 6). Quan aquesta informació estigui disponible, el càlcul de la contribució a l'escalfament global de diferent mix energètics, almenys per a la producció d'electricitat, no serà especialment difícil.

55. És rellevant el recent cas d'Electra Norte, l'única companyia de l'Estat espanyol que comercialitzava energia elèctrica generada a través de fonts renovables en el mercat liberalitzat i que, a conseqüència de les asimetries existents en termes de preus i funcionament entre els mercats regulat i liberalitzat, va decidir deixar de comercialitzar i va demanar als seus clients particulars la cancel·lació voluntària dels contractes de provisió d'electricitat.

16 anys⁵⁶ i de manera igualitària un nombre màxim de drets o unitats d'emissió, que podran consumir-se durant el període de temps fins a la següent assignació gratuïta.⁵⁷ La quantitat de drets o unitats assignades a cada ciutadà adult es calcularia analitzant la proporció del total de les emissions derivades del consum de combustibles i electricitat que, durant un cert període de temps anterior a la introducció de les QEC, poden ser atribuïdes als ciutadans.

En el cas del Regne Unit, Starkey i Anderson (2006) proposen que s'assigni un 40 % del volum d'emissions anual permès als ciutadans, i el 60 % restant es subhasti entre organitzacions empresarials que emetin grans quantitats d'emissions per dur a terme les seves activitats, com per exemple les que actualment ja estan regulades pel mercat europeu d'emissions (per exemple, siderúrgiques, metal·lúrgiques, indústria del ciment, elèctriques) i entre els creadors de mercat (vegeu la taula 79). Aquests últims podrien aleshores transferir les unitats d'emissió a la resta d'organitzacions econòmiques i socials que no haguessin participat a la subhasta. De fet, aquestes organitzacions podrien encarregar directament al creador de mercat que els assignés setmanalment o mensual les unitats d'emissió que l'organització requereixi per cobrir les seves activitats. El creador de mercat afegiria, doncs, les unitats al compte-registre de l'organització, alhora que restaria el corresponent import de les unitats del compte corrent de l'empresa. D'aquesta manera, el funcionament de l'organització no es veuria afectat de cap manera per la implementació de les QEC.

Algunes organitzacions podrien decidir de gestionar activament el seu compte-registre, assegurant-se, d'una banda, que disposen de les unitats d'emissió necessàries per cobrir la seva despesa energètica, i, de l'altra, fent una gestió activa de possibles excedents, venent al mercat quan sigui necessari –no oblidem que les unitats d'emissió són, finalment, un actiu de capital. De la mateixa manera, les organitzacions tindrien un incentiu molt clar per planificar la seva demanda energètica i en alguns casos el mercat de QEC podria servir a moltes empreses per promoure l'eficiència energètica en els seus processos productius o reduir el consum energètic en altres aspectes de la seva gestió empresarial.

Finalment, és important emfatitzar que els percentatges d'assignació esmentats anteriorment (40/60 %) són flexibles, i es poden ajustar periòdicament d'acord amb l'evolució en la demanda energètica dels participants durant la

implementació de les QEC. A l'Estat espanyol, la contribució dels ciutadans al volum total d'emissions pot ser difícil d'estimar principalment perquè les dades oficials disponibles a l'Institut Nacional d'Estadística i l'Institut d'Estadística de Catalunya no distingeixen en el total d'emissions per sector, les corresponents al consum energètic dels habitatges i la mobilitat no obligada de les famílies. Això seria, sense dubte, una dificultat per a l'estimació del percentatge a distribuir gratuïtament entre els ciutadans a la subhasta.

d) Comercialització de drets d'emissió

La comercialització dels drets o unitats d'emissió tindria lloc quan qualsevol ciutadà o organització comprés electricitat o combustible i aleshores es veïés obligat a lliurar els drets d'emissió corresponents al proveïdor d'electricitat (companyia elèctrica) o de carburant (estacions de servei), que seguidament les lliuraria a través de la cadena productiva cap al productor o l'importador d'energia primària, fins a arribar finalment a l'entitat governamental reguladora per la consegüent retirada de les unitats del mercat. En paral·lel, els ciutadans i les organitzacions també podrien comercialitzar entre ells les seves unitats d'emissió. Per exemple, si un ciutadà no volgués fer servir totes les seves unitats, les podria vendre a altres ciutadans o organitzacions que les necessitessin i a canvi rebria una retribució econòmica. De la mateixa manera, si un ciutadà o una organització esgotés les seves unitats d'emissió, podria dirigir-se als creadors de mercat per comprar més unitats.

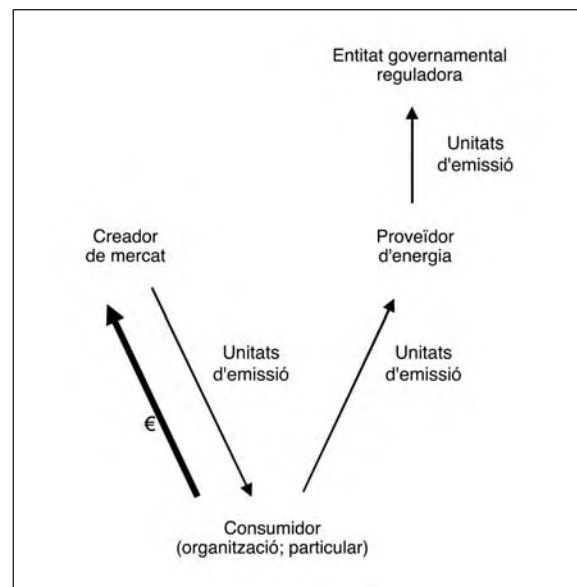


Fig. 72. Compra i lliurament d'unitats a través d'un creador de mercat

56. L'edat dels ciutadans i la seva residència són dues qüestions importants a l'hora d'assignar unitats d'emissió entre els ciutadans. Segons Starkey i Anderson (2005), excloure els nens i els adolescents menors de 16 anys del mercat de QEC es fonamentaria en el fet que, normalment, els nens i els joves no treballen, almenys legalment, no poden signar contractes laborals i no condueixen motocicletes de gran cilindrada o cotxes. En relació amb la residència, els ciutadans que estiguessin empadronats a qualsevol lloc del territori on es desenvolupessin les QEC participarien en el mercat.

57. Malgrat els períodes de compliment per la reducció d'emissions són anuals, i el volum d'emissions permès també s'ajusta anualment, el govern podria assignar o subhastar les unitats d'emissions periòdicament, per exemple mensualment, trimestralment, semestralment o un cop l'any.

Les figures 72 i 73 il·lustren la diferència entre una organització o un ciutadà que compra energia mitjançant un nombre d'unitats d'emissió adquirides d'un creador de mercat, i una organització o ciutadà que compra unitats d'emissió directament al punt de venda del proveïdor d'energia. A la figura 72, l'organització o el ciutadà compra en primer lloc unitats d'emissió a un creador de mercat. Els diners passen des de l'organització o el ciutadà cap al creador de mercat, i les unitats d'emissió comprades passen del compte-registre del creador de mercat al compte-registre del comprador. L'organització o el ciutadà lliura aquestes unitats –o la part proporcional al seu consum d'energia– quan compra energia i, per tant, les unitats passen del compte-registre del consumidor al del proveïdor d'energia, que després les transfereix al govern perquè les unitats es retirin del mercat.

A la figura 73, l'organització o el ciutadà compra unitats directament al punt de venda. En aquest sistema es paga directament al proveïdor d'energia per les unitats necessàries que cobreixen el consum energètic i de carburant corresponent. El cost de les unitats estarà en funció del cost que li hagi representat al proveïdor d'energia comprar les unitats al creador de mercat. En aquests casos, les unitats d'emissió passen des del creador de mercat fins al proveïdor d'energia, que les va transferint al govern a mesura que són *adquirides* pels consumidors. En el sistema de QEC que s'està discutint al Regne Unit, les persones menors de 16 anys o estrangeres només tindrien l'opció de pagar el cost de les unitats d'emissió directament al proveïdor d'energia.

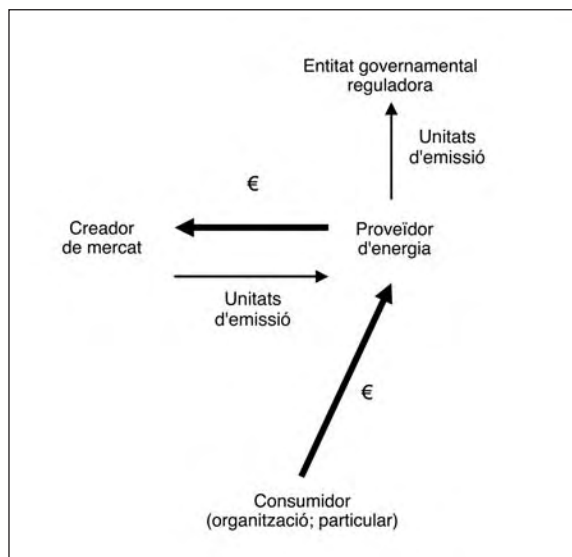


Fig. 73. Lliurament d'unitats directament al proveïdor d'energia

Com s'ha comentat, la substracció de drets d'emissió d'un compte-registre d'un ciutadà té lloc a través de dos mecanismes. D'una banda, en pagar factures energètiques, el cost en nombre d'unitats s'inclou a la factura i es

transfereixen directament del compte del consumidor al compte del proveïdor de l'energia. D'altra banda, en pagar pel consum de carburant a les benzineres, el consumidor resta del seu compte-registre i mitjançant una targeta QEC –tipus targeta de crèdit– les unitats corresponents segons la quantitat de carburant comprat. Si un dia l'individu no disposa de la targeta QEC quan va a la benzinera, hauria de pagar el cost addicional de les unitats corresponents al volum de combustible comprat, tal com s'il·lustra a la figura 73.

Com s'ha esmentat anteriorment, hi ha la possibilitat que alguns ciutadans i algunes organitzacions no es vegin capaços de gestionar el seu compte-registre i prefereixin comprar sempre les unitats necessàries al punt de venda de l'energia (figura 73), per exemple, la gent gran o discapacitada. En aquests casos, els ciutadans poden decidir vendre les seves unitats a un creador de mercat tan bon punt li són assignades pel govern i convertir l'experiència de les QEC en el que seria purament un impost sobre el valor de l'energia (el cost extra que tindria l'electricitat i el carburant quan es comprés directament al proveïdor de l'energia i que internalitzaria el cost de la compra d'unitats per part del proveïdor). Aquest sistema, però, pot ser contraproductiu ja que el preu de les unitats directament comprades al proveïdor de l'energia seria possiblement més alt que el preu de venda de les mateixes unitats al creador de mercat.

De vegades, els ciutadans i les organitzacions podrien decidir regalar les seves unitats a altres individus i organitzacions. En aquest cas, es necessitaria instaurar un mecanisme que permetés l'intercanvi d'unitats entre comptes del registre central i que no impliqués cap transacció monetària (vegeu l'annex G). També, però, els individus que no volguessin fer servir els drets assignats inicialment per l'entitat governamental reguladora podrien decidir retornar-los perquè el govern procedís a la retirada directa d'aquestes unitats del mercat. Això també obligaria al govern a no incloure en futurs conjunts d'emissions el volum d'emissions retirades. Aquest mecanisme es podria convertir en un sistema de pressió social per reduir d'una manera més substancial el volum d'emissions permès anualment, i no s'hauria de descartar la utilització d'aquest mecanisme en campanyes i moviments ambientals. De la mateixa manera, els ciutadans podrien escollir la seva companyia elèctrica en funció de la contribució en termes de CO₂eq per quilovat subministrat.

d) Aspectes que cal considerar en el disseny i la implementació de les QEC

Si bé una distribució equitativa dels drets d'emissió implica que cada ciutadà tingui el mateix dret de disposar del servei ambiental "absorció de gasos amb efecte d'hivernacle", és important garantir que l'assignació de

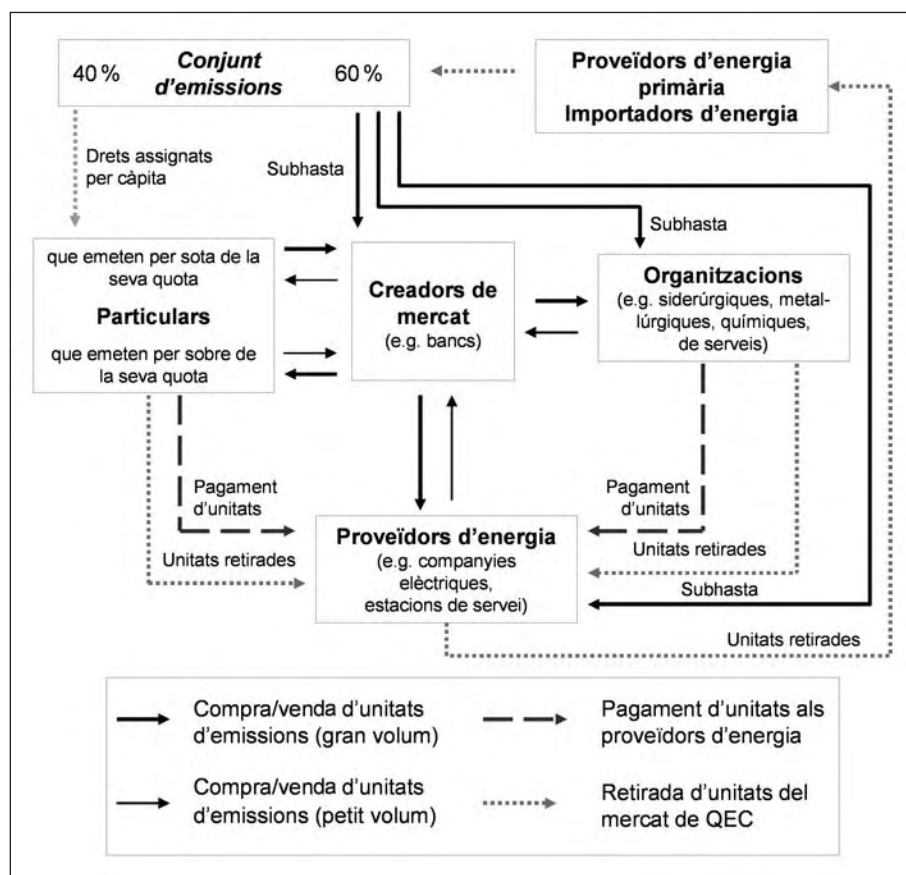


Fig. 74. Esquema operatiu de les QEC

Font: Adaptat de Starkey i Anderson (2005:6).

drets d'emissió no perjudiqui els individus i les famílies amb una renda més baixa. Que això succeeixi depèn, essencialment, de tres factors: del seu nivell d'emissions; dels canvis en el preu de productes i serveis com a conseqüència de la implementació de les QEC, i del model de distribució de drets d'emissió.

Si s'assumeix que el nivell d'emissions per capita és proporcional al nivell de renda, aleshores la distribució de drets d'emissió en un mercat de QEC estaria afavorint els ciutadans amb un poder adquisitiu menor. Això succeiria perquè els ciutadans amb menor nivell de renda podrien decidir vendre el seu excedent d'emissions al mercat i tenir ingressos addicionals. Alguns estudis, però, indiquen que hi ha una gran variabilitat en el consum d'energia i de carburant entre els grups ciutadans de menor renda, i que algunes famílies d'aquests grups situen el seu consum per sobre de la mitjana total (Dresner and Ekins, 2004a; 2004b). En el cas espanyol, Roca i Serrano (2006) estimen que hi ha una relació bastant directa entre la capacitat de despesa familiar i les emissions directes i indirectes de gasos amb efecte d'hivernacle, que augmenten a mesura que la capacitat de despesa familiar també augmenta.

Per assegurar, doncs, que famílies amb renda baixa no es veiessin perjudicades per la implementació de les QEC, es podrien desenvolupar almenys dos mecanismes. El primer mecanisme seria que el govern mateix destinés part dels ingressos de la subhasta dels drets d'emissió a subvencionar la compra de més drets d'emissió per part de les famílies que ho requerissin i que poguessin justificar un nivell de renda baix, mitjançant algun procediment administratiu que caldria definir. Una altra estratègia, tal vegada més adequada per no distorsionar el mercat i perquè va directament a les causes i a aconseguir una reducció del consum energètic, podria ser analitzar amb detall quines són les causes principals que famílies relativament pobres consumeixen més energia a la llar i més carburant. En el

cas de les primeres, l'elevat consum energètic a la llar sovint és degut a un mal aïllament tèrmic dels habitatges, radiadors elèctrics vells, calderes ineficients o la manca de sistemes d'il·luminació eficients. Per tant, caldria focalitzar els guanys derivats de la subhasta a programes d'ajuda per a la millora d'aquests habitatges. Les famílies pobres que consumeixen més carburant acostumen a viure en entorns rurals allunyats de nuclis més habitats o de les ciutats. En aquests casos, la reducció del seu consum mitjà de carburant passaria per una major inversió en transport públic en àrees rurals, així com incentivar la compra de vehicles energèticament més eficients.

Com que les organitzacions suportarien un cost addicional en comprar drets d'emissió, és possible que el preu final dels productes i serveis que aquestes organitzacions ofereixen s'incrementi, especialment si el cost de l'energia segueix augmentant i no disminueix. Per consegüent, caldria desenvolupar alternatives perquè l'efecte inflacionista inicial de les QEC no es traslladés sobre els consumidors de rendes baixes. Per exemple, es podria incrementar el mínim personal exempt de l'impost de la renda sobre les persones físiques o, alternativament, també es podria destinar part dels guanys de la subhasta governa-

mental per la venda de drets d'emissió a compensar econòmicament les famílies amb rendes baixes, malgrat que aquest mecanisme tindria segurament un cost administratiu més elevat. En una economia globalitzada, però, molts béns i serveis no incrementarien significativament el seu preu final i, per tant, tots els ciutadans es veurien beneficiats per la distribució dels guanys derivats de la venda de drets d'emissió. En aquest sentit, abans de decidir l'aplicació del sistema cal dur a terme estudis que analitzin amb detall els efectes que les QEC podrien tenir sobre el nivell de competitivitat de les organitzacions nacionals, en comparació amb un increment en la taxació dels combustibles fòssils.

Finalment, un aspecte important del sistema és si s'accepta que no s'assignen drets d'emissió als menors de 16 anys. En aquest cas cal plantejar també si les famílies haurien de rebre drets d'emissió addicionals per cobrir les despeses energètiques generades pels fills. En aquest context, Ekins i Dresner (Dresner and Ekins, 2004a; Ekins and Dresner, 2004) comparen, d'una banda, un mercat de QEC on cada parella amb fills rep la meitat dels drets assignats a un adult per cada fill (model 1) i, d'altra banda, un mercat de QEC on les parelles amb fills no reben cap dret addicional (model 2). Els resultats de l'estudi demostren que en el model 1, el nombre de famílies que resultarien perjudicades per la implementació de les QEC disminueix, mentre que el nombre total de famílies (amb fills o sense) que resultaria perjudicat per les QEC roman gairebé el mateix en els dos models. Aquest resultat es deu al fet que en el model 1 també es redueix la quantitat de drets d'emissió que s'assignen a cada individu adult. Les famílies amb fills compensen la reducció en l'assignació mitjançant l'obtenció de drets per cada fill, mentre que les famílies sense fills o els ciutadans solters se'n veuen directament perjudicats perquè la seva assignació es redueix substancialment. En el context actual, on el nombre de llars amb una sola persona està augmentant –amb el consegüent increment de la

demanda energètica que això implica–, un esquema d'atribució de drets per cada fill permetria limitar amb més gran mesura la despesa energètica individual.

L'annex G conté un conjunt de preguntes i respostes que permeten visualitzar amb més detall la implementació i l'estructura organitzacional de les QEC, i que fan referència a la gestió dels comptes-registre, al possible frau en el mercat i les diferents formes de comercialització de drets d'emissió. Si les QEC fossin implementades a Catalunya o a l'Estat espanyol segurament caldria dissenyar mecanismes operacionals que potser diferissin dels que es proposen a l'annex G.

7.4.5. Compatibilitat entre el sistema de QEC i el mercat europeu d'emissions

Des de gener de l'any 2005, el mercat europeu de comerç d'emissions és d'aplicació per als estats membres de la Unió Europea. Per tant, cal analitzar la compatibilitat d'operacionalitzar tots dos instruments. A la taula 82 es comparen i es contrasten els dos instruments de mercat. Mentre que al mercat europeu són els principals emissors de gasos amb efecte d'hivernacle, com les empreses elèctriques, siderúrgiques, metal·lúrgiques o cimenteres entre altres, els que lliuren els drets d'emissió al govern, a les QEC són els consumidors finals d'energia els que lliuren aquests drets. En el mercat de QEC hi ha inclosos tots els agents emissors de gasos amb efecte d'hivernacle procedents de les activitats productives amb consum d'energia (taula 83).

Si el mercat europeu volgués ser ampliat en el futur per incloure més organitzacions i també els ciutadans, el tipus de participants en els dos esquemes de mercat seria pràcticament idèntic, exceptuant-ne el paper dels proveïdors d'energia elèctrica. D'aquesta manera, per transformar el mercat europeu en un sistema de QEC en l'àmbit nacional, només caldria canviar les centrals de producció

	Mercat europeu	QEC
Espai geogràfic	Unió Europea	Nacional
Categoria d'emissions	Processos de generació d'energia i industrials	Processos de consum final d'energia
Gasos coberts	CO ₂	CO ₂ , CH ₄ , NO _x
Percentatge d'emissions de gasos amb efecte d'hivernacle cobertes	30 %	[A determinar pel context espanyol]
Percentatge d'emissions de CO₂ cobertes	45 %	Pràcticament el 100 %
Percentatge d'emissions derivades de l'ús de l'energia cobertes	Desconegut	100 %
Qui lliura els drets d'emissió són lliurats al govern	Instal·lacions que emeten grans quantitats de CO ₂	Tots els consumidors d'energia
Distribució dels drets d'emissió	Assignació negociada segons la contribució	Percentatge gratuït per als ciutadans i la resta subhastat entre organitzacions

Taula 83. Les QEC i el mercat europeu de comerç d'emissions

Font: Starkey i Anderson (2005: 36).

EUETS			QEC	
Qui lliura els drets d'emissió:	Emissors		Consumidors	
Emissors immòbils	Organitzacions	Particulars	Organitzacions	Particulars
Electricitat	Centrals tèrmiques	No aplicable	No són emissors	No són emissors
Processos industrials que generen molts gasos amb efecte d'hivernacle	Metal·lúrgia, siderúrgia, ciment	No aplicable	Emissors	No aplicable
Altres emissors	No hi participen	No hi participen	Emissors	Emissors
Emissors mòbils				
Carretera	No hi participen	No hi participen	Emissors	Emissors
Aire	No hi participen	No hi participen	Emissors	Emissors
Altres	No hi participen	No hi participen	Emissors	Emissors

Taula 84. Transició des del mercat europeu d'emissions a un mercat QEC

Font: modificat d'Starkey i Anderson (2005: 36).

elèctrica pels consumidors d'energia elèctrica com a responsables de lliurar els drets d'emissió a l'entitat governamental reguladora. Un sistema com les QEC evitaria que les assignacions d'unitats d'emissió es facin gratuïtament i que, tal com ja ha succeït en la fase pilot d'implementació del mercat europeu, algunes empreses elèctriques vinguin excedents de drets d'emissió a altres sectors productius i capitalitzin el valor d'aquests drets. En un mercat de QEC, els proveïdors d'energia es veuen obligats a comprar aquests drets i, en tot cas, és el consumidor qui té la major capacitat de beneficiar-se econòmicament per la venda de les seves unitats d'emissió si efectivament redueix la seva demanda energètica.

Per abordar aquesta qüestió, fins ara només existeix la proposta de Sorrell (2006), que simplifica en gran mesura els fonaments operacionals de les QEC, i a la vegada modifica lleugerament alguns dels principis del mercat europeu. Es proposa la creació d'un sistema híbrid per a la regulació de la demanda de combustibles fòssils i de les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle, on siguin els productors de combustibles fòssils i llurs distribuïdors els responsables del CO₂eq contingut en els carburants produïts o venuts als consumidors finals que no participin actualment en el mercat europeu. Els productors de combustibles fòssils i distribuïdors inclourien les refineries de petroli, els importadors de petroli i gas i les distribuïdores de carbó. Aquestes companyies haurien de comprar a l'Estat un dret d'emissió per cada tona de CO₂eq contingut en els carburants venuts als seus clients, que probablement internalitzaria el creixent cost de l'energia primària al preu de venda final. Per tant, els consumidors finals rebrien un senyal similar a la d'un impost indirecte sobre els carburants.

Per compatibilitzar aquest sistema amb el mercat europeu, només caldria assegurar-se que els carburants comprats pels participants actuals en el mercat europeu no internalitzen el preu dels drets d'emissió adquirits pels

productors de combustibles fòssils. Això, segons Sorrell, es podria dur a terme analitzant el seguiment de la venda de carburant a través de tota la xarxa de distribució, via majoristes, intermediaris, i fins a arribar al consumidor final. Els proveïdors de combustibles fòssils i distribuïdors necessitarien, doncs, adquirir drets per tot el CO₂eq contingut en totes les seves vendes, excepte els que poguessin demostrar que els únics consumidors dels seus carburants fossin participants al mercat europeu.

La proposta de Sorrell té l'avantatge de ser més senzilla administrativament, i tal vegada més cost-efectiva, ja que també pot generar forts incentius econòmics al ciutadà per reduir les seves emissions, en particular si els preus de l'energia final s'incrementen considerablement. Malgrat això, el mecanisme híbrid no permet que el ciutadà s'involucri directament en la gestió de la seva petjada energètica i no defineix clarament si els guanys de la subhasta dels drets d'emissió als productors i distribuïdors de combustible han de ser invertits en programes d'eficiència energètica o en mecanismes de retribució econòmica directa al ciutadà. En un sistema híbrid s'aconsegueix regular gairebé el total de les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle degudes al consum d'energia, però els agents econòmics i socials, així com els ciutadans, jugarien un paper passiu que difícilment estimularia un canvi d'hàbits. Caldria analitzar amb més profunditat la possible compatibilitat d'un sistema de QEC i el mercat europeu, incloent-hi la compatibilitat de les QEC amb altres mecanismes d'adquisició de drets d'emissió com la *implementació conjunta* o els *mecanismes de desenvolupament net* del Protocol de Kyoto.

7.4.6. Possibilitats d'implementació a Catalunya

Segons el que s'ha desenvolupat fins ara en relació amb les QEC i les propostes existents per al desenvolupament d'aquest instrument al Regne Unit, és possible identificar almenys dos entrebancs de caire operatiu i administratiu

que caldria resoldre per garantir la viabilitat d'una futura implementació de les QEC a Catalunya. En primer lloc, és possible que Catalunya no sigui una unitat territorial, poblacional i administrativa suficientment gran com per crear l'escala d'operacionalització necessària perquè el mercat de QEC es desenvolupés amb normalitat. Els proveïdors d'energia i els creadors de mercat tal vegada no tindrien interès a participar en un mercat on només una fracció dels seus consumidors i clients hi estiguessin implicats. Això podria comportar una complicació des d'un punt de vista tecnològic,⁵⁸ així com un increment en el cost de transacció de les operacions dins del mercat, malgrat que caldria desenvolupar un estudi més profund d'aquests actors per verificar que aquest en seria el cas. El mateix succeiria a les empreses que desenvolupen activitats productives, de distribució o de provisió de serveis arreu de l'Estat espanyol.

En segon lloc, també és possible que des d'un punt de vista estrictament legal, la implementació de les QEC pogués afectar el desenvolupament de la llei i els decrets legislatius referents a la transposició de la Directiva 2003/87/CE, de comerç de drets d'emissió de gasos amb efecte d'hivernacle a la Unió Europea,⁵⁹ Per tant, cal aprofundir en la compatibilitat, tant des d'un punt de vista legal com operacional, de les QEC amb l'actual sistema de comerç d'emissions vigent a l'Estat espanyol i a la Unió Europea. Si ens fixem estrictament en l'actual marc regulatori del comerç d'emissions a Espanya, el govern central gestiona el registre nacional de drets d'emissió, mentre que les comunitats autònomes són responsables de l'assignació de llicències d'emissió i del sistema de monitoratge de les diferents instal·lacions que participen en el mercat. Per aquest motiu, en cas que es plantegés un instrument com les QEC en l'àmbit de l'Estat cal esperar que funcionarien d'una manera similar, on l'assignació dels drets d'emissió i la gestió dels comptes-registre estaria en mans de l'entitat reguladora del govern central, però els governs autonòmics podrien rebre una part dels guanys derivats de la subhasta d'unitats d'emissions, i podrien tenir potestat per decidir com emprar aquests recursos. Si s'apliqués només a Catalunya, seria la Generalitat qui gestionaria el registre de drets d'emissió i el seu monitoratge. En qualsevol cas, la forma concreta de funcionament del sistema dependrà de la dimensió que se li vulgui donar i a com es decideixi aplicar el mecanisme, un cop elaborats els estudis de viabilitat necessaris.

Dit això, és evident que ens trobem lluny encara d'una situació on sigui possible aplicar quotes d'emissió indivi-

duals a Catalunya, almenys a curt termini. Malgrat això, una mesura com les QEC situa la sostenibilitat energètica al bell mig de les decisions ciutadanes i de les organitzacions, i són una opció de futur que seria convenient seguir explorant. Caldria analitzar amb més profunditat alguns aspectes, com ara el seu possible cost d'implementació o el seu possible impacte sobre la competitivitat empresarial; s'haurien d'investigar diferents escenaris de reducció d'emissions conjuntament amb diferents nivells de distribució o subhasta de drets per sectors, i el possible impacte sobre l'economia. També s'hauria d'analitzar i decidir com canalitzar els recursos generats per la subhasta de drets d'emissió (via govern central, comunitats autònomes o via particulars) i identificar les possibles estratègies de reinversió d'aquests recursos. Un altre factor molt important que s'hauria de tenir en compte seria la compatibilitat de l'instrument amb altres polítiques energètiques, així com amb el mercat europeu d'emissions i l'establiment de mecanismes per compatibilitzar aquests instruments; finalment, caldria conèixer quina és l'acceptació social de l'instrument entre els ciutadans i les organitzacions socials.

Per acabar, creiem que és important remarcar que les quotes d'emissió individuals aporten alguns elements d'interès amb vista al futur. D'una banda, ens mostren que les polítiques energètiques i les de canvi climàtic poden anar unides –i és desitjable que hi vagin–, ja que tenen forts punts de contacte i poden servir per reforçar-se entre elles. A més a més, es pot veure com una extensió de l'instrument de permisos d'emissions que s'aplica a la indústria envers el conjunt de la societat.

D'altra banda, les quotes d'emissió individuals són un instrument que posen l'individu com a centre de les polítiques i com a motor del canvi en la direcció desitjable socialment. Actualment hi ha poques polítiques de canvi climàtic dirigides a les emissions difuses. En l'àmbit energètic, no s'han posat en pràctica mesures de contenció de la demanda d'energia en el sector domèstic. Un instrument com les QEC imposaria una limitació clara en el consum d'energia, que actualment no es planteja políticament però cal tenir en compte que és possible que més endavant es consideri desitjable. Cal remarcar que perquè es produeixi un canvi real en el consum d'energia de la societat, caldrà polítiques innovadores i de gran magnitud, com la que s'ha presentat aquí. Evidentment, les polítiques d'aquest tipus no han de ser les úniques, sinó que s'han de fer en paral·lel a altres polítiques energètiques o econòmiques que veiem en altres capítols.

58. Per exemple, s'haurien de crear bases de dades fragmentades entre les empreses amb seu social a la comunitat autònoma que implementa les QEC i les que no participen de les QEC.

59. Llei 1/2005, de 9 de març, per la qual es regula el règim del comerç de drets d'emissió de gasos amb efecte d'hivernacle. Reial decret 1264/2005, de 21 d'octubre, pel qual es regula l'organització i el funcionament del registre nacional de drets d'emissió; Reial decret 1315/2005, de 4 de novembre, pel qual s'estableixen les bases dels sistemes de seguiment i verificació d'emissions de gasos amb efecte d'hivernacle a les instal·lacions incloses en l'àmbit d'aplicació de la Llei 1/2005; Reial decret 777/2006, de 23 de juny, pel qual es modifica el Reial decret 1866/2004, de 6 de setembre, pel qual s'aprova el Pla nacional d'assignació de drets d'emissió, 2005-2007.

7.5. Conclusions

Al llarg de l'estudi hem vist que hi ha una forta relació entre el desenvolupament econòmic de Catalunya i el consum d'energia. També hem vist que hi ha una sèrie d'inèrcies molt fortes que fan molt difícil sortir d'aquest camí que no és gens sostenible. No obstant això, existeixen una sèrie de mesures que es poden promoure des de les Administracions per controlar la demanda d'energia, i en particular d'alguns tipus d'energia, de manera que permetin reduir l'ús de les fonts d'energia més contaminants i de les quals depenem, com són els combustibles fòssils. Aquest capítol ha presentat algunes idees en tres àrees diferents destinades a obrir un debat a l'Administració. Les mesures i les eines presentades haurien de ser aplicades conjuntament amb altres polítiques més concretes dirigides, per exemple, al mateix sector de l'energia, o en l'àmbit de la mobilitat.

Instruments de gestió energètica

L'Administració té a l'abast una sèrie d'instruments que es poden utilitzar per modificar la conducta dels diferents agents econòmics i que a Catalunya no s'estan explotant en la seva totalitat. Ens referim als ajuts per a la promoció de les energies renovables o de subvencions a mesures d'estalvi i eficiència energètica, però al mateix temps parlem d'eliminar les subvencions que tenen un caràcter negatiu a l'hora de fomentar, o abaratir, l'energia més contaminant (com per exemple el dièsel d'ús agrícola o d'automoció subvencionats). L'Administració també pot implementar una política activa de compres públiques verdes, no tan sols de la pròpia energia que consumeix, sinó també d'altres productes que afectaran la manera en què són produïts. Aquest tipus de mesura té un efecte de doble dividend en el sentit que no tan sols comporta una millora ambiental, sinó que s'incentiva un tipus d'indústria que és positiva en termes ambientals, amb potencial de creixement, i que sovint no pot créixer a causa de la manca de l'empenta inicial, que en aquest cas pot ser poder comptar amb un client tan poderós com és l'Administració.

Dins del mateix esperit de gestió energètica activa s'ha considerat la conveniència de poder comptar amb una Agència de l'Energia potent en l'àmbit de Catalunya, que podria significar un canvi de l'actual ICAEN i un enfortiment en termes de pressupost i competències. Una agència d'aquest tipus podria promoure mesures innovadores, però que s'estan aplicant a altres parts d'Europa, com ara l'estratègia 50-50 que promou l'estalvi energètic als equipaments de titularitat pública (com ara escoles, mercats i poliesportius) fent arribar un 50 % de l'estalvi directament a l'Administració i l'altre 50 % a la mateixa instal·lació. Una altra mesura, que pot estar lligada a l'anterior, és el reciclatge d'inversions, que preveu la creació

d'un fons d'inversions en mesures d'estalvi i promoció de les energies renovables que s'alimenta amb els propis estalvis aconseguits per la introducció prèviament de mesures de millora de l'eficiència o d'estalvi d'energia. Atesa la mida del possible fons i la complexitat de la gestió de multitud de projectes, creiem que una agència d'aquest tipus seria important.

Finalment, una agència de l'energia (tot i que no és absolutament necessari) podria impulsar més fàcilment la introducció de criteris de *planificació al mínim cost*. Aquest tipus de planificació pretén que les necessitats d'energia se satisfacin primerament amb mesures de control de la demanda (estalviant d'un altre lloc), en comptes d'augmentar la potència instal·lada. Aquest pas seria molt important per poder canviar el model energètic cap a la prestació de serveis energètics (com ara la climatització, la llum o la potència elèctrica per fer funcionar la maquinària) en comptes de la venda d'unitats energètiques com es fa actualment.

Fiscalitat ambiental en l'àmbit de l'energia

Dins del camp concret de la fiscalitat també hi ha una sèrie de possibilitats la implementació de les quals s'hauria d'explorar. Si bé els instruments de fiscalitat ambiental amb major potencial d'incidència sobre l'energia són a mans de l'Estat, les comunitats autònomes disposen de possibilitats d'actuació en diferents tributs, que no estan sent utilitzades. Algunes comunitats autònomes ja han introduït impostos sobre les activitats de generació i ús de l'energia, com ara Galícia, Andalusia, Castella-La Manxa, Múrcia i Extremadura. A Catalunya s'ha aplicat l'anomenat "cèntim sanitari", en el tram autonòmic de l'impost sobre la venda minorista de determinats hidrocarburs, que tot i no tenir com a objectiu la reducció del consum de carburant sí que incentiva en aquesta direcció.

La taula 84 mostra les principals possibilitats a desenvolupar per la Generalitat de Catalunya en l'àmbit de la fiscalitat ambiental sobre l'energia considerant l'actual marc normatiu.

A banda de l'Estat i de la Generalitat, les hisendes locals tenen també la possibilitat d'utilitzar la fiscalitat per a incentivar l'estalvi i l'eficiència en l'ús de l'energia, i el canvi a modalitats menys contaminants. Amb l'actual marc normatiu, els municipis disposen de diverses possibilitats d'acció, en particular, en relació amb l'IBI, l'IAE, l'impost sobre vehicles de tracció mecànica, l'impost sobre construccions, instal·lacions i obres i algunes taxes.

Malgrat aquestes opcions, seria desitjable una reforma integral en l'àmbit de l'Estat que permetés anar més enllà en les mesures de fiscalitat ambiental. L'anomenada *reforma fiscal ecològica* consisteix en la introducció de

Tribut	Acció
Impost sobre la renda	Aplicació de deduccions sobre la quota íntegra autonòmica per a inversions en energies renovables.
Impost especial sobre determinats mitjans de transport	Increment dins dels rangs legalment permesos.
Impost sobre les vendes minoristes de determinats hidrocarburs	Increment del tipus autonòmic.
Impost sobre vehicles de tracció mecànica	Supressió de l'actual impost municipal, compensació als ajuntaments i articulació d'un nou impost autonòmic homònim amb major capacitat d'incentivar vehicles i circulació més ecològics.
Creació de nou tribut sobre les emissions atmosfèriques de CO ₂ , NO _x i SO _x .	
Creació de nou tribut sobre la generació elèctrica en centrals tèrmiques i nuclears i sobre l'emmagatzematge de residus nuclears.	

Taula 85. Possibilitats d'actuació de la Generalitat en fiscalitat sobre l'energia.

críters ambientals en el sistema tributari, de manera que s'apliquin nous impostos sobre activitats i comportaments que generen impactes ambientals alhora que es redueixen les cotitzacions a la Seguretat Social, aconseguint així resultats positius en el terreny ambiental, però també en el laboral.

Quotes d'emissió i consum d'energia

L'última part d'aquest capítol ha presentat un instrument complementari per a la gestió de la demanda que s'anomena *quotes d'emissió comercialitzables*. La idea principal és fer responsables els individus en la lluita contra el canvi climàtic pel seu consum de combustibles fòssils, sigui directament (en forma de carburants) o indirectament (en forma d'electricitat obtinguda a partir d'aquest tipus de combustibles). L'instrument, que no s'ha implementat a cap país, però que està en estudi per part del govern britànic, preveu que les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle es distribueixin en forma de quotes entre una sèrie de grans emissors (per mitjà de subhasta) i gratuïtament a la població adulta, on tothom en rebria la mateixa quantitat. Així, amb aquest instrument cada cop que poséssim benzina als vehicles o que paguéssim la factura de l'electricitat i del gas se'ns descomptaria una quantitat de la nostra quota, proporcional a les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle vinculats a aquest ús d'energia. D'aquesta manera s'incentivarien canvis de comportament per part dels ciutadans, que podrien tendir a demanar energia neta i a utilitzar més el transport col·lectiu. Un fet destacable d'aquest mecanisme és que actuaria directament contra les anomenades emissions difuses (lligades a formes d'energia més contaminants), com ara les del transport o el sector domèstic, per a les quals manquen mecanismes d'actuació.

És evident que la introducció d'aquest mecanisme tindria fortes implicacions econòmiques (de redistribució de la renda, però també d'efectes sobre la competitivitat), així com dificultats tècniques, aspectes que s'haurien d'examinar amb més detall, com està fent el Regne Unit. Això

no obstant, es tracta d'un mecanisme que té com a atractiu principal que adreça el comportament individual donant incentius al seu canvi i, com es feia amb els impostos ambientals, penalitzant els comportaments més impactants, per la qual cosa és una eina que s'hauria d'estudiar més a fons.

En resum, a causa de l'endarreriment que mostra Catalunya en la introducció de mesures econòmiques i fiscals per a la gestió de la demanda energètica, hi ha un potencial molt gran que cal explorar. Per exemple, amb la introducció d'algunes de les mesures que s'han introduït aquí.

Referències

- ADGER, W. N.; BROWN, K.; FAIRBRASS, J.; JORDAN, A.; PAAVOLA, J.; ROSENDO, S.; Seyfang, G. (2003). «Governance for sustainability: towards a 'thick' analysis of environmental decisionmaking», *Environment and Planning A*, 35, p.1095-1110.
- AGARWAL, A.; NARAIN, S. (1992). *Global Warming in an Unequal World. A Case of Environmental Colonialism*. Nova Delhi: New Delhi Center for Science and Environment.
- ATHANASIOU, T.; BAER, P. (2002). *Dead Heat. Global Justice and Global Warming*. Nova York: Seven Stories Press.
- AYRES, R. (1997). «Environmental market failures: Are there any Local Market-based Corrective Mechanisms for Global Problems?» *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 1, p. 289-309.
- AYRES, R., (1998). *Turning Point: The End to the Growth Paradigm*. London: Earthscan.

- BARNES, P., (2001). *Who Owns the Sky? Our Common Assets and the Future of Capitalism*. Washington D.C.: Island Press.
- BENTLEY, R. (2002). «Global oil and gas depletion: an overview», *Energy Policy* 30, p. 189-205.
- BUÑUEL, M. (2002). *El uso de instrumentos fiscales en la política del medio ambiente: teoría, práctica y propuesta preliminar para España*. Papeles de Trabajo sobre Medio Ambiente y Economía. Madrid: Fundación Biodiversidad.
- BUÑUEL, M. (coord.) (2004). *Fiscalidad Ambiental*. Madrid: Civitas.
- CLAUSSEN, E.; MCNEILLY, L., (2000): *Equity and Global Climate Change. The Complex Elements of Global Fairness*. Washington D.C.: Pew Center on Global Climate Change.
- COMISSIÓ EUROPEA (2005): *¡Compras Ecológicas! Manual sobre la contratación pública ecológica*. Luxemburg. Disponible a la página web http://ec.europa.eu/environment/gpp/pdf/handbook_es.pdf
- CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR (2006). *Informe del Consejo de Seguridad Nuclear al Congreso de los Diputados y al Senado, Año 2005*.
- COROMINAS, J., (2005). “Energía”. A: LLEBOT, J. E. (ed) (2005). *Informe sobre el Canvi Climàtic a Catalunya*. Barcelona, Consell Assessor per al Desenvolupament Sostenible de Catalunya (CADS), Institut d'Estudis Catalans i Servei Metereològic de Catalunya.
- DEFRA (2005). *Government Response to the Environmental Audit Committee, The International Challenge of Climate Change: UK Leadership in the G8 and the EU*. Londres: Department of Environment Food and Rural Affairs, UK Government.
- DRESNER, S. (2005). *Distributional, Practical and Political Implications of Carbon Taxing and Trading*. Londres: UK Energy Research Centre.
- DRESNER, S.; EKINS, P. (2004a). *The Distributional Impacts of Economic Instruments to Limit Greenhouse Gas Emissions from Transport*. Research Discussion Paper 19. Londres: Policy Studies Institute.
- DRESNER, S.; EKINS, P. (2004b). *Economics Instruments for a Socially Neutral National Home Energy Efficiency Programme*. Research Discussion Paper 18. Londres: Policy Studies Institute.
- DURÁN, J. M.; DE GISPERT, C. (2005). *La fiscalidad ambiental de la energía. Guías técnicas de energía y medio ambiente*. Fundación Gas Natural.
- ECOTEC RESEARCH & CONSULTING (2001). *Study on the Economic and Environmental Implications of the Use of Environmental Taxes and Charges in the European Union and its Member States*. Brussel·les.
- EKINS, P.; DRESNER, S. (2004). *Green taxes and charges: reducing their impact on low-income households*. York: Joseph Rowntree Foundation.
- ESQUERRÀ I ROIG, J., PUIG VENTOSA, I., ROCA JUSMET, J., TELLO ARAGAY, E. (2002). *Estudi per a la introducció de tributació ambiental a l'Ajuntament de Barcelona, amb relació als impactes derivats de l'ús de l'energia*. Barcelona, Ajuntament de Barcelona. (Agenda 21, Documents, 5).
- EUROPEAN COMMISSION (1993). *Growth, Competitive-ness, Employment: The Challenges and Ways Forward into the 21st Century - White Paper*. COM(93) 700.
- EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (2000). *Environmental Taxes: recent development in tools for integration*. Environmental issues series, No. 18. Copenhagen.
- EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (2006). *Greenhouse gas emission trends and projections in Europe 2006*. Luxemburg.
- FLEMING, D., (2006). *Energy and the Common Purpose: Descending the Energy Staircase with Tradable Energy Quotas (TEQs)*. Londres: The Lean Economy Connection.
- GAGO RODRÍGUEZ, A.; LAVANDERÍA VILLOT, X.; LABEAGA AZCONA, J. M. (1999). “La reforma fiscal verde: consideraciones para el caso español”. *Hacienda Pública Española* 151: 17-26.
- HERRERA MOLINA, P. M. (2002). *Nota sobre el impuesto sobre vehículos en Alemania*. Informe de la Comisión para el estudio y propuesta de medidas para la reforma de la financiación de las haciendas locales. (Anexo, p. 12-13). Federación Española de Municipios y Provincias.
- HILLMAN, M.; FAWCETT, T., (2004). *How We Can Save the Planet*. Londres: Penguin Books.
- IDAE (2005). “Eficiencia Energética y Energías Renovables”. *Boletín* 7, Septiembre 2005. Madrid: Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, Instituto para la Diversificación y el Ahorro de Energía.

- IRAEGUI, J.; RAMOS, J. (2004). *Gestió Local de l'Energia*. Número 2 de la col·lecció Gestió local en medi ambient. Fundació Carles Pi i Sunyer i Diputació de Barcelona.
- LINARES, P.; ARÓSTEGUI, M.; LEAL, J.; LECHÓN, Y.; SÁEZ, R.M.; VARELA, M.; ALARCÓN, A.; SALAT, S.; SUMARROCA, N.; MONTES, J.; MUÑOZ, L.; RAMOS, A. (1998). *Extern National Implementation. Spain*. Madrid: CIEMAT.
- LLEBOT, JOSEP ENRIC (ed) (2005). *Informe sobre el Canvi Climàtic a Catalunya*. Barcelona: Consell Assessor per al Desenvolupament Sostenible de Catalunya (CADS), Institut d'Estudis Catalans i Servei Meteorològic de Catalunya.
- MIN, H.; GALLE, W.P. (1997). «Green purchasing strategies: trends and implications». *International Journal of Purchasing and Materials Management*. Vol. 33 (3): 10-17.
- MINISTERI DE MEDI AMBIENT (2006). *Comparación Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero edición 2006 vs edición 2005*. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente, Secretaría General para la Prevención de la Contaminación y del Cambio Climático.
- OCDE (2001). *Environmentally Related Taxes in OECD Countries. Issues and Strategies*. París: Organització per a la Cooperació i el Desenvolupament Econòmic.
- OCDE (2006). *The Political Economy of Environmentally Related Taxes*. París: Organització per a la Cooperació i el Desenvolupament Econòmic.
- PUIG VENTOSA, I. (2004). *Fiscalitat Ambiental Local*. Barcelona: Fundació Carles Pi i Sunyer i Diputació de Barcelona. (Gestió local en medi ambient, núm. 1).
- PUIG VENTOSA, I.; FREIRE GONZÁLEZ, J.; ALMAZOR ESCARTÍN, L. (2006). *Política ambiental i competitivitat de l'economia catalana*. Barcelona: Departament de Medi Ambient i Habitatge. (Temes de Medi Ambient i Habitatge, 2).
- RAMOS-MARTÍN, J. (2001). «Historical Analysis of Energy Intensity of Spain: From a "Conventional View" to an "Integrated Assessment"», *Population and Environment: A Journal of Interdisciplinary Studies* 22, 281-313.
- ROBERTS, P., (2004). *The End of Oil*. Boston: Houghton Mifflin.
- ROCA JUSMET, J., PUIG VENTOSA, I., TELLO ARAGAY, E. (2005). *Experiències autonòmiques de fiscalitat ambiental i propostes per a Catalunya*. Barcelona: Generalitat de Catalunya, Departament de Medi Ambient i Habitatge. (Temes de medi ambient i habitatge, 1).
- ROCA, J.; SERRANO, M., (2006). *Atmospheric pollution and consumption patterns in Spain: an input-output approach*. Nova Delhi: Ninth Biennial Conference of the International Society for Ecological Economics, 15-18 December 2006.
- SORRELL, S. (2006). *Submission to the Environment, Food and Rural Affairs Committee inquiry on Climate change: citizen's agenda*. Brighton: Science and Policy Research Unit, University of Sussex.
- STARKEY, R.; ANDERSON, K. (2005). *Domestic Tradable Quotas: A policy instrument for reducing greenhouse gas emissions from energy use*. Technical Report 39. Norwich: Tyndall Centre for Climate Change Research.
- STERN, N. (2006). *Stern Review on the economics of climate change*. Londres: HM Treasury, UK Government.

8. Anàlisi integrada multiescala del metabolisme energètic de Catalunya

Jesús Ramos Martín i Sílvia Cañellas Boltà

Jesús Ramos Martín, doctor en Ciències Ambientals per la UAB, és un economista ecològic amb experiència en el camp del desenvolupament econòmic i l'evolució dels sistemes econòmics des d'un punt de vista biofísic, aplicant conceptes de la termodinàmica i de la teoria de sistemes complexos. Té experiència en l'estudi del metabolisme social i l'avaluació ambiental integrada. Actualment és professor lector del Departament d'Economia i d'Història Econòmica de la UAB. Ha estat, a més, investigador i professor a la Universitat de Klagenfurt (Àustria), i a l'INRAN italià, i professor d'Economia Ecològica a la FLACSO a la seva seu a Quito. És membre del Comitè Organitzador del Congrés Iberoamericà de Desenvolupament i Medi Ambient que es celebra cada dos anys, i de l'equip editor de la *Revista Iberoamericana d'Economia Ecològica*.

A/e: jesus.ramos@uab.cat

Sílvia Cañellas Boltà és llicenciada i màster en Ciències Ambientals per la UAB. Ha participat en projectes de recerca sobre polítiques ambientals i gestió ambiental a la UAB i a la Universitat de Bergen, i ha publicat diferents articles en revistes especialitzades. Ha treballat com a consultora per a diverses administracions, i actualment treballa al Consell Assessor per al Desenvolupament Sostenible (CADS).

A/e: scanellas@gencat.cat

Capítol 8. Anàlisi integrada multiescala del metabolisme energètic de Catalunya

- 8.1. Introducció
- 8.2. Descripció de l'anàlisi MSIASM
 - 8.2.1. Metabolisme social
 - 8.2.2. MSIASM: principals agregats i variables
 - 8.2.3. Dades utilitzades a l'anàlisi
 - 8.2.4. Horitzó temporal i escala d'anàlisi
- 8.3. Anàlisi del metabolisme energètic de l'economia catalana 1990–2005
 - 8.3.1. Estructura econòmica de Catalunya
 - 8.3.2. Anàlisi convencional de la intensitat energètica
 - 8.3.3. Lectura econòmica de la societat catalana
 - 8.3.4. Lligam entre la lectura econòmica i la biofísica
 - 8.3.5. Anàlisi integrada
- 8.4. Discussió dels resultats
 - 8.4.1. Distribució del temps entre les diverses activitats
 - 8.4.2. Estructura econòmica
 - 8.4.3. Lligam entre el creixement econòmic i el consum d'energia
 - 8.4.4. Sobre l'evolució dels diferents sectors (nivell $n-1$)
 - 8.4.5. Sobre l'evolució dels subsectors (nivell $n-2$)
- 8.5. Conclusions

8.1. Introducció

El procés econòmic implica la transformació d'energia i de materials per a la producció de béns i serveis, anàlogament a un organisme que metabolitza el menjar i el converteix en treball físic. Així, la producció de béns i serveis té com a contrapartida la generació de residus materials i calor dissipada que són disposats a l'ambient. L'activitat econòmica, per tant, es pot descriure en termes biofísics en funció de la quantitat i el tipus d'energia i els materials que utilitza. Quan s'analitza el cas particular del vector energètic, es parla de *metabolisme energètic*, que és el que analitzem en aquest capítol. El metabolisme material, centrat en el tipus i les quantitats de materials que s'utilitzen en un sistema econòmic, s'analitza a l'annex C.

L'anàlisi del metabolisme energètic, d'una banda, i una millor comprensió del funcionament de l'economia en termes biofísics, de l'altra, han de permetre dissenyar polítiques de desenvolupament més adequades, que garanteixin el flux d'energia i de materials necessari per al funcionament del sistema econòmic i el seu desenvolupament, juntament amb una disminució de l'impacte ambiental.

La idea del metabolisme de les societats s'ha aplicat a diferents camps d'estudi, com ara l'economia ecològica, per donar suport a la necessitat d'enfocaments integradors en l'anàlisi de la sostenibilitat (per exemple Martínez-Alier, 1987); al camp de l'ecologia industrial (com fan Ayres i Simonis, 1994); a l'anàlisi de fluxos materials i energètics (per exemple, Adriaanse *et al.* 1997; Fischer-Kowalski, 1998; Matthews *et al.*, 2000); al camp de l'anàlisi del canvi estructural dels processos socioeconòmics (per exemple, Duchin, 1998); i a l'ecologia social (com ara Fischer-Kowalski, 1997; Schandl *et al.*, 2002).

L'aplicació d'aquest concepte permet establir, d'una banda, tipologies dels diferents components d'un sistema (com ara sectors econòmics); i de l'altra, valors esperats de fluxos d'energia i materials per unitat de terra i de temps que permeten la caracterització d'aquests components i, per tant, la seva comparació.

L'objectiu d'aquest capítol és presentar els resultats de l'anàlisi del metabolisme energètic de Catalunya per al període 1990–2005, i fer una primera exploració de les potencialitats d'aquest enfocament per a l'avaluació dels resultats de diferents hipòtesis econòmiques.

L'estructura de la resta del capítol és la següent: el subapartat 8.2 ofereix una descripció de l'anàlisi que es presenta més endavant, introduint quines seran les variables utilitzades, i els horitzons temporals i espacials

d'anàlisi. La següent secció presenta les dades històriques del metabolisme energètic català per al període 1990–2005. La secció 8.4 presenta les tres hipòtesis que ens serveixen d'exemple de les potencialitats de l'enfocament MSIASM. Els resultats obtinguts es discuteixen a la 8.5, mentre que la 8.6 presenta unes conclusions i unes recomanacions dirigides a polítiques. Finalment, l'annex H presenten les taules amb totes les variables analitzades, així com les equacions de congruència utilitzades.

8.2. Descripció de l'anàlisi MSIASM

8.2.1. Metabolisme social

La idea del *metabolisme de la societat humana* no és nova, sinó que neix a mitjan el segle XIX per caracteritzar els processos dintre d'una societat que són necessaris per continuar la seva existència, fent una analogia al concepte de metabolisme desenvolupat per les ciències naturals amb relació als éssers vius.

Metabolisme social: el procés econòmic implica la transformació d'energia i de materials per a la producció de béns i serveis, anàlogament a un organisme que metabolitza el menjar i el converteix en treball físic. Això té com a repercussió la generació de residus materials i calor dissipada que són disposats a l'ambient. L'activitat econòmica, per tant, es pot descriure en termes biofísics en funció de la quantitat, el tipus d'energia i els materials que utilitza. Quan s'analitza el cas particular del vector energètic, es parla de *metabolisme energètic*.

L'anàlisi del metabolisme energètic i una millor comprensió del funcionament de l'economia en termes biofísics han de permetre dissenyar polítiques de desenvolupament més adequades, que garanteixin el flux d'energia i de materials necessaris per al seu funcionament i desenvolupament, juntament amb una disminució del seu impacte ambiental.

La utilitat d'analitzar els fluxos d'energia des del medi ambient a l'economia (extracció de combustibles fòssils, per exemple), la seva transformació i l'anàlisi del seu retorn a la natura –per exemple, en forma de contaminació o emissions de CO₂– permet dues coses: (1) fer una anàlisi de congruència dels objectius econòmics amb les possibilitats biofísiques (una anàlisi de restriccions), i (2) lligar elements de desenvolupament econòmic amb l'impacte ambiental associat. A més, darrerament organismes com l'OCDE o Eurostat han reconegut la importància que tenen les dades sobre recursos materials i energètics i han afegit aquesta comptabilitat del consum d'energia i

materials a les seves estadístiques (Eurostat, 2001). En fer-ho han reconegut el treball que s'està fent des de fa temps en l'àmbit de l'anàlisi de fluxos materials (WRI, 2000; Schandl *et al.*, 2004). Aquest estudi inclou, com a complement de l'anàlisi del metabolisme energètic, un capítol dedicat als fluxos materials (capítol 9).

L'enfocament que es proposa no només ofereix una comptabilitat de l'energia utilitzada a Catalunya i als seus diversos components, sinó que aquesta informació es combina amb dades de caràcter econòmic (com ara el PIB sectorial desagregat) i dades demogràfiques i de mercat de treball per fer evidents certs coeficients en l'ús de l'energia (entre altres, eficiències i productivitats dels diferents factors de producció). Aquests coeficients s'utilitzen per fer una comparativa amb altres països que tenen un context similar al català, a través dels *benchmark* (valors de referència), dels quals parlarem més endavant.

Aquest tipus d'anàlisi ajuda a caracteritzar diferents activitats en termes dels consums relatius de diversos factors: per exemple, quanta energia es consumeix en una hora de treball en una fàbrica, quant valor afegit es genera, etc. Això permet crear escenaris futurs per avaluar l'impacte de determinades polítiques o xocs, com ara el preu del petroli a 150 \$/barrel.

El més interessant és el lligam entre els diversos sectors de l'economia (incloent-hi les famílies) i els fluxos de recursos (temps, consum d'energia, generació de valor afegit), que fa veure ràpidament les possibles limitacions biofísiques que alguns escenaris o mesures poden tenir. Per exemple, en aplicar aquesta metodologia es pot veure fàcilment quines implicacions tindria, en termes de necessitats de mà d'obra i de consum energètic derivat (i, per tant, de contaminació) un creixement del sector turístic o de la construcció. Un altre exemple interessant és l'anàlisi sobre com afectaria a l'economia catalana el tancament previst de les centrals nuclears.

8.2.2. MSIASM: principals agregats i variables¹

La metodologia que s'utilitza aquí porta el nom de *Multi-Scale Integrated Analysis of Social Metabolism* (MSIASM), que podem traduir com a *Anàlisi integrada multiescalar del metabolisme social*. Va néixer amb l'objectiu d'analitzar els processos de desenvolupament econòmic des d'un punt de vista biofísic. La metodologia MSIASM va ser creada per Giampietro i Mayumi (Giampietro and Mayumi 2000b; Giampietro and Mayumi 2000a) i, finalment, formulada i desenvolupada per Giampietro (Giampietro 2003). L'enfocament ha estat aplicat per a l'estudi del metabolisme social a l'Equador

(Falconi 2001), Espanya (Ramos-Martin 2001), la Xina (Ramos-Martin 2005) i el Vietnam (Ramos-Martin and Giampietro 2005).

Seguint Giampietro (2003) podem dir que els processos socioeconòmics, des d'una perspectiva econòmica, alteren el medi en el qual es troben per mitjà de la seva activitat (a través de capital, treball i tecnologia). Això es fa amb la intenció de millorar l'eficàcia amb la qual es produeixen i consumeixen béns i serveis. En altres paraules, els sistemes proven d'estabilitzar i millorar les estructures i les funcions de les societats d'acord amb valors generats internament. En termes biofísics, el procés d'autoorganització de la societat humana pot veure's com l'habilitat d'estabilitzar una xarxa de fluxos de matèria i energia, que representen allò que és produït i consumit al procés econòmic.

Giampietro proposa que per a ser sostenible, aquest procés ha de ser (1) compatible amb les aspiracions dels éssers humans que pertanyen a la societat, (2) compatible amb l'estabilitat tant dels ecosistemes naturals com dels gestionats per la humanitat, (3) compatible amb l'estabilitat de les institucions i processos polítics i socials, (4) factible tecnològicament, i (5) viable econòmicament.

Això implica que quan fem una anàlisi biofísica de les societats humanes (per exemple usant variables com el consum d'energia fòssil, mesurat en joules) només obtindrem una lectura parcial del procés, però el mateix passa quan fem una anàlisi econòmica. D'aquí ve la necessitat de fer una anàlisi integrada que incorpori els coneixements de diferents disciplines.

El caràcter modular de la metodologia definida per Giampietro i Mayumi permet analitzar múltiples aspectes de la sostenibilitat, sempre tenint en compte quin és el recurs que considerem limitant. En el nostre cas fem una anàlisi energètica, però en una altra ocasió podríem fer una anàlisi de l'aigua o del sòl disponible, o de la quantitat d'aliments que una societat necessita produir o importar per al seu manteniment. Tot això, amb la idea de contribuir a explicar el metabolisme social del sistema que estiguem analitzant.

Utilitzant els elements teòrics i conceptuals derivats tant de la termodinàmica com de la teoria dels sistemes complexos que es detallen a l'annex C, presentem a continuació la racionalitat i les principals relacions entre variables que s'utilitzen a MSIASM. Anomenar-la una anàlisi integrada significa aquí que descrivim de manera paral·lela tant el desenvolupament econòmic com el metabolisme energètic de Catalunya, tot utilitzant variables econòmiques i unitats biofísiques com ara l'assigna-

1. L'annex C fa una descripció detallada de les teories en què es basa l'anàlisi MSIASM, així com dels principals conceptes.

ció de temps humà i el consum d'energia a diferents nivells jeràrquics.

En aquesta anàlisi dividim l'economia catalana en dos grans sectors: el sector de treball remunerat (PW, *paid work sector*)², responsable de la generació de valor afegit, o PIB; i el sector de les activitats no productives (HH, *households*)³, 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*)⁴, 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 compostre d'altres subsectors, que s'anomena *nivell n-2*.

Nivell n Economia catalana				
	Sector de treball remunerat (PW)		Sector de les activitats no productives (HH)	
Nivell n-1	Part de l'economia que genera valor afegit. Es divideix en subsector:		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)

Taula 86. Divisió en compartiments de l'economia catalana.

L'annex H presenta exemples de les relacions de congruència que existeixen entre les diferents variables als diferents nivells jeràrquics, evidenciant com un canvi en una variable a un nivell determinat induïx canvis a la resta de variables a la resta de nivells jeràrquics.

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.

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 86). 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_{PW}), i al sector de les activitats no productives (ET_{HH}), o als diferents subsectors (ET_{AG} , ET_{PS} i ET_{SG} , respectivament).

Acrònim	Nom de la variable	Descripció	Com es calcula?
TET ⁵	Flux total d'energia	Total d'energia primària usada per una economia al cap d'un any [J].	Fonts estadístiques
THA	Temps total d'activitat	Total de temps de què disposa una societat al cap d'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 al cap d'un any. En [€] (o \$).	Fonts estadístiques

Taula 87. Variables utilitzades a MSIASM.

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 87 en resumeix el significat.

2. 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 parèntesis se n'explica el significat (vegeu Giampietro, 2003).

3. 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, els desocupats, i el temps no actiu dels ocupats. Mantenim, però, el subíndex HH.

4. 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'explica a l'annex 4, i de mantenir la nomenclatura original.

Indicador	Definició [unitat]	Fórmula	Què mesura?
EI_i	Intensitat energètica [MJ/€]	$= TET/GDP$	Indica l'energia consumida per unitat de PIB.
EMR_{sa}	Taxa de metabolisme exosomàtic mitjana de la societat [MJ/h].	$= TET/THA$	Indica la quantitat d'energia consumida al cap d'un any per una societat cada hora viscuda.
EMR_i	Taxa de metabolisme exosomàtic [MJ/h].	$= ET_i / HA_i$	Indica l'energia consumida per hora de l'activitat del sector i.
ELP_i	Productivitat del treball [€/h]	$= GDP_i / HA_i$	Indica la generació de valor afegit per hora d'activitat.
ELP/EMR_i	Eficiència energètica de la producció [€/GJ]	$= GDP_i / ET_i$	Mesura la productivitat econòmica de l'energia.

Taula 88. Indicadors que s'utilitzen a MSIASM.

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_{AS} , *exosomatic metabolic rate, average of the society*) és el consum d'energia total d'un any en una societat, dividit pel nombre d'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_{AS} , dona com a resultat la taxa d'ús d'energia de la societat, usualment expressada en megajoules (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 (vegeu 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*⁶ 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 gigajoule (€/GJ).

8.2.3. Dades utilitzades a l'anàlisi

Les dades utilitzades a l'anàlisi són les que ja s'han presentat en altres capítols de l'estudi AMEEC, de les quals cal fer les consideracions següents.

6. Una variable *proxy* substitueix una variable d'interès que no podem mesurar.

En primer lloc, pel que fa a les dades d'*energia*, s'han utilitzat les dades de consum d'energia primària que es van presentar al capítol 2, és a dir, els balanços energètics de Catalunya per al període 1990-2005 proporcionats per ICAEN. Val a dir que aquestes dades tenen caràcter provisional per als anys 2004 i 2005, per la qual cosa no podem extreure conclusions definitives de la seva 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 2005, que no segueix la tendència observada fins a aquell moment, i que no pensem que sigui creïble.

Les dades de consum d'energia primària presenten els diferents vectors energètics de manera agregada i per als sectors econòmics descrits abans. Per tal 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 $1 \text{ tep} = 41.868 \text{ MJ}$. 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.

Les dades energètiques són una de les principals informacions de base per a l'anàlisi MSIASM, de manera que la disponibilitat de dades amb un alt nivell de desagregació és un dels aspectes clau per aconseguir una anàlisi més acurada. Idealment s'hauria de descompondre l'activitat productiva entre tots els sectors econòmics que es consideressin crucials. Per exemple, en el cas de Catalunya es considera molt important poder analitzar el subsector de la construcció, o els diferents sectors industrials de manera desagregada. No obstant això, en el cas d'AMEEC les dades proporcionades per ICAEN només distingeixen entre sector primari, indústria, serveis, transport i domèstic, de manera que no podem anar més enllà en l'anàlisi.

En el cas de les dades *demogràfiques*, s'utilitzen les dades contingudes a l'annex A. Aquestes presenten 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, en què 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 nombre 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. Amb vista al futur considerem imprescindible, per tant, que Catalunya tingui una base de dades sobre assignació del temps a diferents activitats i especialment sobre les hores treballades en diferents sectors econòmics. 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, encara 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.⁷

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. És evident que aquesta és una mancança clara de les estadístiques catalanes que s'ha de solucionar per poder comptar amb dades oficials d'aquest indicador econòmic, segurament el més utilitzat en multitud d'àmbits, i és un problema que

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

no és difícil de resoldre. Un factor limitant important per a la utilització d'aquestes dades és que no disposem de dades desagregades del PIB per al transport ni per al sector de l'energia, per la qual cosa els hem d'analitzar dintre d'altres sectors com s'explica a continuació.

8.2.4. Horitzó temporal i escala d'anàlisi

El període analitzat al llarg de tot l'estudi va des de 1990 fins al 2005. S'ha considerat que un període d'estudi de 16 anys és suficient per entendre la dinàmica de desenvolupament econòmic, i la seva contrapartida en termes de consum d'energia, de l'economia catalana.

Es poden analitzar les economies tenint en compte que són estructures jeràrquiques. En aquest context, jerarquia no vol dir que hi hagi causalitats o nivells cada cop més importants conformement anem pujant d'escala, sinó que l'economia es pot dividir en diferents compartiments i escales que funcionen a ritmes diferents, però que estan enllaçats. Per exemple, sabem que la indústria té un determinat consum d'energia i una necessitat determinada de mà d'obra, però la manera d'obtenir l'energia necessària o la força de treball no es pot determinar en el mateix nivell d'anàlisi. Per exemple, en l'establiment de la força de treball hi intervenen variables demogràfiques (com l'estructura de la població, les migracions, etc.), variables socials (com ara l'edat mínima per a treballar, la jornada laboral màxima), i culturals (com ara el grau de flexibilitat geogràfica de la força de treball autòctona).

Aquesta estructura jeràrquica és la característica bàsica que ens permet analitzar el sistema a diferents nivells. A continuació expliquem el funcionament de la relació entre nivells.

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 en els àmbits econòmic, demogràfic o quant al 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 al 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 pobla-

ció 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 de què 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 amb la finalitat 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 del sector domèstic 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 fixos d'una llar ara s'han de doblar (cotxe privat, equipament de la llar, i construcció d'habitatges), fet que afecta negativament el nostre metabolisme.⁸

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 els sectors econòmics que es consideressin crucials, per exemple, arribant a descripcions de fins a 15 o 20 sectors econòmics. Aquest tipus d'anàlisi tampoc no es pot fer en aquest estudi. Com ja hem explicat, el fet que les dades de consum d'energia de què disposem per al període d'anàlisi i que han estat facilitades per ICAEN només distingeixin entre sector primari, indústria, ser-

8. S'ha de dir que aquest tema d'investigació figura entre els objectius de l'equip de recerca per a un futur immediat.

veis, transport i domèstic, és un factor limitant que no podem resoldre. Per exemple, una activitat tan important a Catalunya com és la construcció, no pot ser analitzada amb les dades disponibles actualment. Ara bé, és positiu que la metodologia que es presenta en aquest capítol és molt fàcilment adaptable i, per tant, serà possible incloure aquest sector quan estiguin disponibles les dades dividides en més sectors. El mateix podem dir per al transport i el sector de l'energia per a les dades de valor afegit, que en aquest cas IDESCAT no ofereix,⁹ de manera que hem hagut de recórrer a l'INE i a càlculs propis. En qualsevol cas, aquestes dues mancances relacionades amb les dades estadístiques descriptives de la situació ambiental i econòmica de Catalunya es consideren molt preocupants, de manera que s'haurien de resoldre per permetre anàlisis més completes en el futur, que ajudin encara més l'acció de govern.

Fetes totes aquestes consideracions, en aquest capítol 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 silvoforestals. Per la seva banda, el sector de la indústria inclou les activitats industrials, la construcció i el sector de l'energia. Finalment, els serveis inclouen les activitats pròpies del sector terciari, les administracions públiques i una part corresponent al transport. Com es comenta al capítol 5, 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.

8.3. Anàlisi del metabolisme energètic de l'economia catalana 1990-2005

8.3.1. Estructura econòmica de Catalunya

Com hem comentat abans, una de les característiques de l'anàlisi MSIASM és la consideració de l'economia com una estructura jeràrquica, de manera que es pot descriure a diferents nivells, que han de ser congruents entre ells. Com s'ha dit abans, la variable que permet fer un seguiment de la congruència entre les diferents escales és la variable *temps d'activitat*.

El primer conjunt de resultats que ens aporta MSIASM és l'anàlisi de l'estructura de l'economia catalana en termes

de com es distribueix el temps entre les diferents activitats econòmiques, i quina és l'evolució al llarg del temps d'aquesta distribució de la dedicació de temps. Aquests resultats serviran de base per als indicadors que es calculen en les següents fases de l'anàlisi, que relacionaran el temps amb el consum d'energia i la generació de valor afegit.

La figura 75 presenta la distribució d'activitats en termes de temps de la societat catalana l'any 1990 i 2005, els moments inicial i final del període estudiat (la sèrie completa de dades es pot trobar a l'annex H). El temps d'activitat responsable de generar el valor afegit (que anomenem HA_{pw}), s'ha representat a la figura 75 ja dividit entre els tres subsectors de què es compon (primari, indústria i serveis). La resta de temps es destina a activitats consumidores, o treball no remunerat, i s'anomena HA_{HH} , que a la figura 75 correspon al temps no dedicat a producció. Recordem que aquesta categoria inclou la població dependent (vells i nens), la població en edat de treballar però que no treballa (aturats i estudiants), així com la població ocupada en les seves hores de no treball, o d'oci.

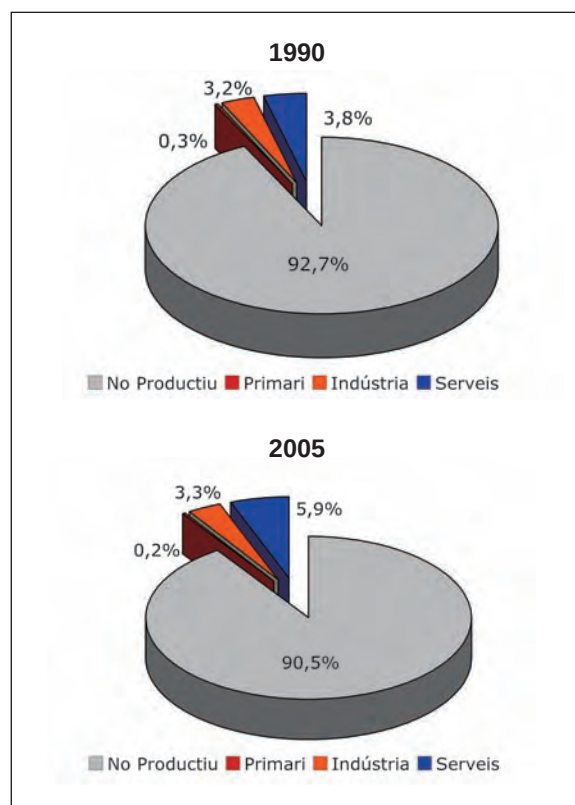


Fig. 75. Distribució del temps a Catalunya entre producció i no producció els anys 1990 i 2005

Font: elaboració pròpia a partir de l'INE.

Nota: "no productiu" correspon a HA_{HH} mentre que la suma de "primari", "indústria" i "serveis" constitueix HA_{pw} .

9. Com ja s'ha dit, no hi ha cap sèrie històrica per al període 1990-2005 del PIB en preus constants per sectors econòmics.

De les dades representades a la gràfica el primer que podem destacar és que la societat dedica a activitats productives una petita fracció de tot el temps de què disposa: només un 9,5 % del temps disponible el 2005 (tot i que és una fracció més gran que la de l'any 1990, que només era d'un 7,3 %). En aquest temps la societat ha de generar tots els béns i serveis necessaris per al manteniment del conjunt de la societat i de totes les activitats, incloent-hi les purament consumidores (com l'educació, la salut, etc).

Aquests valors poden canviar d'acord amb moltes variables, algunes de les quals són demogràfiques, com l'estructura de la població, que condicionen la taxa de dependència, mentre que altres són més aviat socials i morals, com el fet que l'edat mínima per treballar se situï als 16 anys, o la jubilació als 65. Un canvi en aquestes variables modificaria la composició de la figura 75, ja que faria augmentar o disminuir les hores dedicades al treball remunerat. Un factor molt important és la incorporació de les dones al mercat de treball, que a Catalunya té una tendència a augmentar. Tot i que recentment la taxa d'activitat de les dones ha crescut molt, aquesta encara es troba per sota de la dels homes. Per tant, és molt probable que en un futur immediat la taxa d'activitat continuï creixent i això es reflecteixi en una fracció més gran de temps dedicat a generar valor afegit. No obstant això, cal dir que el valor de HA_{PW} per a Catalunya es troba entre els més alts de les economies avançades. Per exemple, el 2001 l'Estat espanyol va tenir un 8,4 % del temps total destinat a activitats productives (Ramos, 2003) i valors similars s'han trobat a Itàlia (Giampietro 2003). Aquesta és una característica de les societats industrials que han substituït el temps humà per maquinària i altres eines que ens faciliten el treball, amb el consegüent consum d'energia.

La divisió entre el temps dedicat a produir i el temps dedicat a consumir, que pot semblar trivial, permet visualitzar d'una manera molt senzilla la importància del sector domèstic, del consum de les famílies, i del temps d'oci (que nosaltres englobem dintre l'etiqueta HH), que representa el 90 % del temps de la societat catalana. És evident, per tant, que qualsevol política, i especialment l'energètica, no pot oblidar mai les activitats de consum. Aquesta advertència és pertinent perquè molt sovint les mesures adreçades a reduir la demanda d'energia es dirigeixen només als sectors productius, quan cada cop més són les activitats difuses del sector residencial les que tenen un impacte creixent. Retornarem a aquesta qüestió a l'apartat de conclusions.

Si ens centrem només en els sectors de treball remunerat, podem veure quina és la distribució de la població activa

entre els tres sectors productius considerats (primari, industrial i serveis). Això és el que mostra la figura 76, en la qual hem representat la fracció que representa cada sector (en nombre d'hores efectives de treball i no en nombre de treballadors) respecte del total d'hores treballades per la població ocupada, i la seva evolució al llarg del període.

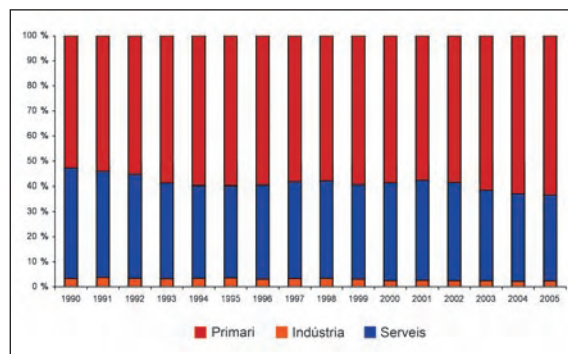


Figura 76. Fracció de les hores de treball dedicada als tres sectors econòmics

Font: elaboració pròpia partir de l'INE.

Com podem veure, la distribució entre tots tres sectors indica clarament el caràcter desenvolupat¹⁰ de l'economia catalana, ja que presenta com a principal sector els serveis, amb un 63,4 % de les hores treballades el 2005, i amb una tendència de creixement al llarg del temps (des del 52 % l'any 1990). La indústria presenta un panorama diferent, i passa del 43,7 % el 1990 al 34,2 % el 2005, la qual cosa mostra el trasllat de la població activa cap als serveis. L'agricultura, per la seva banda, continua la seva tendència decreixent i passa d'un 3,4 % el 1990 al 2,4 % el 2005.

Les dades contingudes en aquest apartat es relacionaran amb els paràmetres que es presenten a continuació; d'una banda, el consum d'energia primària, i de l'altra, el valor afegit creat per cada sector, per tal de mostrar la relació entre economia, població i energia a Catalunya. A continuació veurem l'anàlisi més convencional del vector energètic en relació amb l'economia, i més endavant es presentarà l'anàlisi pròpia de MSIASM.

8.3.2. Anàlisi convencional de la intensitat energètica

Tradicionalment, des de l'economia s'estudia la relació que hi ha entre creació de valor afegit i consum d'energia, d'una banda, i la intensitat energètica, de l'altra (que com ja hem dit abans és el consum d'energia, primària o final, necessària per generar una unitat de valor afegit). Un valor inferior o decreixent d'aquesta variable ens indicaria que l'economia és cada cop més eficient en l'ús de l'energia per a la generació de valor afegit.

10. Aquest resultat també s'obté en algunes economies en desenvolupament, com les d'Amèrica llatina, caracteritzades per una elevada fracció de població urbana, però és característica dels països desenvolupats.

La figura 77 representa aquesta variable per al període 1990-2005, juntament amb el consum total d'energia primària. Hi ha dues maneres de presentar aquesta variable: la primera utilitza el consum d'energia primària de l'economia (és la que fem servir aquí), mentre que la segona presenta les dades de consum d'energia final. Els organismes oficials acostumen a presentar la variable amb els dos tipus d'energia, tot i que alguns organismes econòmics prefereixen usar l'energia final perquè permet mostrar millor si els diferents sectors econòmics estan millorant o no la seva eficiència en l'ús de l'energia. Aquí, però, volem incloure el comportament del sector energètic (que transforma l'energia primària en final per a la resta de sectors), per la qual cosa representem les dades en termes d'energia primària.

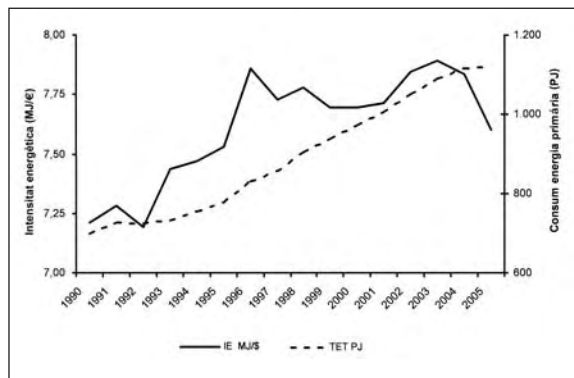


Figura 77. Intensitat energètica (IE) i consum total d'energia primària (TET) (1990-2005).

Font: Elaboració pròpia a partir d'ICAEN (2006) i INE.

Nota: Tots els càlculs estan basats en el valor de l'euro l'any 2000.

El primer que observem és que la intensitat energètica (EI) a Catalunya creix al llarg del període, tot i algunes fluctuacions. Aquesta passa de 7,21 MJ/€ l'any 1990 als 7,60 MJ/€ l'any 2005, un canvi petit que ens deixa a la mitjana de la UE-15. Hi va haver, però, un màxim el 2003, quan la intensitat energètica va arribar a 7,89 MJ/€, moment, per tant, de màxima ineficiència en l'ús d'energia per generar una unitat de PIB. En general, aquesta tendència és contrària al que succeeix a la resta d'economies del nostre entorn, com ara Alemanya, el Regne Unit o la mitjana de la UE-15, com es veurà més endavant a la figura 78. En segon lloc, a la figura 77 s'observa un punt d'inflexió l'any 2003, a partir del qual baixa la intensitat energètica (i s'estabilitza el consum d'energia primària). Cal remarcar, però, que les dades disponibles per a 2004 i 2005 són provisionals, de manera que no es pot afirmar encara si el canvi de tendència de l'any 2003 es deu al caràcter provisional de les dades o no. En qualsevol cas el que sí que s'observa és una certa estabilització de la variable a partir de 1996, que podria reflectir una mínima reestructuració econòmica cap a sectors menys intensius, i les consegüents millores d'eficiència energètica.

Des d'un punt de vista d'impacte ambiental, i de dependència dels combustibles fòssils o de l'exterior, el que interessa no és tant la intensitat energètica com l'evolució del consum total d'energia primària, que també es representa a la figura 77. En general, tot i que l'increment de la intensitat energètica ha estat més aviat moderat, l'impacte del creixement econòmic es reflecteix també en increments en el consum d'energia primària de l'economia, que passa de consumir 699 PJ el 1990 a consumir-ne 1.118 el 2005, la qual cosa significa un creixement interanual mitjà del 3 %. A més, s'observa que la tendència és molt constant i gairebé ininterrompuda (amb l'excepció de 2004 i 2005, presumiblement pel caràcter provisional de les dades). Per tant, es pot dir clarament que Catalunya no es desmaterialitza en termes de consum energètic ni relativament (per unitat de PIB) ni absolutament, i això vol dir que a mesura que es desenvolupa consumeix més energia.

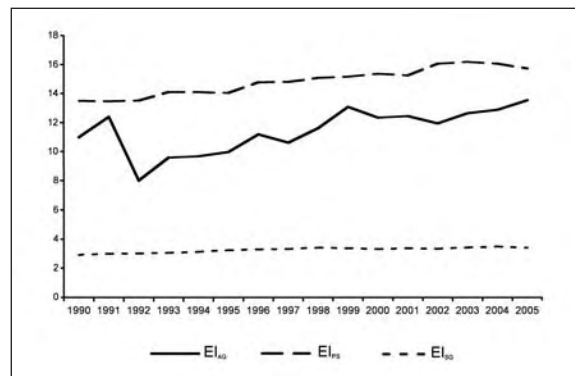


Fig. 78. Intensitat energètica dels sectors econòmics (MJ/€).

Font: elaboració pròpia a partir d'ICAEN (2006) i INE.

Cal dir, però, que la intensitat de l'economia, fins ara entesa de manera global, és molt diferent per als diversos sectors econòmics. A la figura 78 veiem l'evolució dels tres sectors productius analitzats (primari, secundari, terciari) al llarg del període considerat a l'estudi AMEEC. La tendència alcista la donen tant la indústria com els serveis, que són també els sectors que més aporten al PIB, mentre que l'agricultura contribueix a matisar els pics, malgrat que és un sector molt petit en termes de valor afegit. Es veu clarament com els serveis són el sector que necessita menys energia per generar una unitat de valor afegit. Aquest resultat és el que s'esperava, ja que és un sector que no elabora primeres matèries ni utilitza maquinària pesant per a les seves activitats. La indústria és el sector que necessita més energia, uns 16 MJ per cada € de valor afegit produït, i l'agricultura no està gaire per sota, cosa que reflecteix l'important paper que juguen el transport i els combustibles fòssils a l'agricultura moderna mecanitzada. En tots tres casos, però, la tendència és cap a un empitjorament (augment de la intensitat) de la variable al llarg del temps, tot i que de manera molt

moderada. Per tant, intuïm que el sector domèstic és responsable també del comportament de la variable a tot Catalunya.

Si comparem les dades de la intensitat energètica de Catalunya amb les d'altres països de l'entorn, sigui geogràfic o econòmic, obtenim resultats força similars en la majoria de casos, i una tendència a la convergència, tal com es mostra a la figura 79.

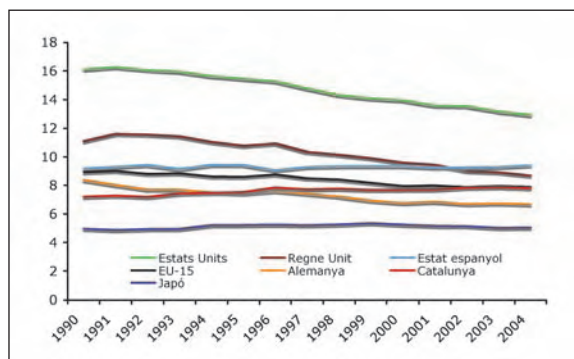


Fig. 79. Intensitat energètica primària en MJ/€ a diferents països

Font: elaboració pròpia a partir de AIE (2006) i INE.

Els Estats Units presenten valors molt més alts que la resta de països, i mostren un ús molt menys eficient de l'energia per a generar valor afegit. Un aspecte molt remarcable és que, a diferència del que passa a Catalunya i al conjunt de l'Estat espanyol, tots els altres països representats (incloent-hi la UE-15¹¹) redueixen la seva intensitat energètica al llarg del temps. Catalunya, que partia el 1990 com l'economia més eficient en l'ús de l'energia per generar valor afegit de les considerades en l'anàlisi després de Japó, es veu superada per Alemanya a mitjan els anys 1990 i es consolida en el valor mitjà de la UE-15, tot i que amb una lleugera tendència al creixement. L'Estat espanyol, que ha estat superat pel Regne Unit els darrers anys, se situa a la cua de l'eficiència energètica amb una de les intensitats energètiques més altes, només superada per la situació dels Estats Units.

La intensitat energètica de Catalunya presenta encara valors inferiors a la majoria de països del nostre entorn, però cal tenir en compte que la realitat i el context geogràfic de Catalunya és molt diferent a la majoria d'aquests països. Catalunya gaudeix d'un clima mediterrani dominant bastant suau, i té una elevada densitat de població i concentració a les ciutats que facilita l'estalvi energètic. Per tant, el fet que la tendència sigui a l'alça, tot i que suau, i que països com Alemanya ens hagin

superat en eficiència energètica, ha de donar l'alerta per intentar revertir aquesta tendència.

Si comparem la relació entre el consum d'energia i l'evolució de la població (figura 80) observem que durant un període de temps important, gairebé fins a l'any 2001, el creixement del consum d'energia no es produïa per un creixement de la població, mentre que a partir d'aquell any l'augment de la població pot estar explicant part del comportament.

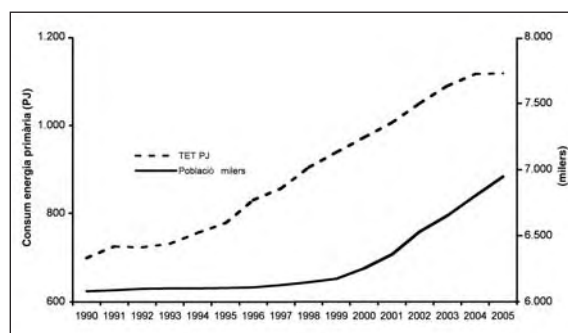


Fig. 80. Evolució de la població i del consum d'energia primària

Font: elaboració pròpia a partir d'ICAEN (2006) i INE.

La combinació de les dues variables proporciona el consum d'energia primària *per capita* en GJ/habitant, que representem a la figura 81. Aquesta variable mostra una tendència de creixement aproximadament lineal.¹²

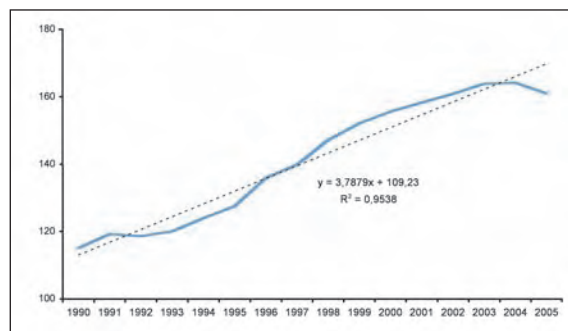


Fig. 81. Consum d'energia primària *per capita*, GJ/habitant

Font: elaboració pròpia a partir d'ICAEN (2006) i INE.

La figura 82 presenta la mateixa variable però per al conjunt de països del nostre entorn. La nova escala de la gràfica fa perdre els detalls per a Catalunya (per això l'hem representada a part a la figura 80) però permet situar Catalunya en el seu context. Catalunya (amb l'Estat espanyol) parteix l'any 1990 de nivells molt baixos de consum d'energia primària *per capita* en comparació

11. Els països que formen la UE-15 són: Alemanya, Àustria, Bèlgica, Dinamarca, Espanya, Finlàndia, França, Grècia, Irlanda, Itàlia, Luxemburg, el Regne Unit, els Països Baixos, Portugal i Suècia. Són els països que formaven la Unió Europea abans de l'ampliació de l'1 de maig de 2004.

12. Es pot dir que segueix una tendència pràcticament lineal, amb una correlació r^2 de 0,95. El consum d'energia ha passat de 115 GJ el 1990 a 160,9 GJ el 2005.

amb la resta de països considerats, amb 115 GJ per capita (GJ/pc) el 1990 (vegeu la figura 81). S'observa, però, un fort creixement d'aquesta variable i una convergència molt clara amb la resta d'economies, en particular, amb la mitjana europea. De fet, l'any 2004 el consum *per capita* a Catalunya era de 168 GJ, dada que implica una taxa de creixement anual del 2,5 % en el període.

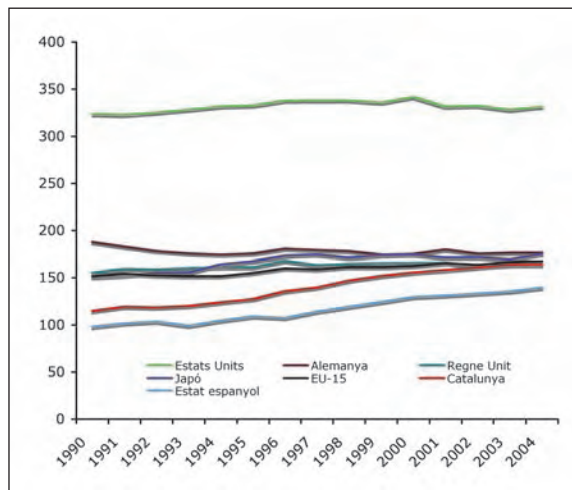


Fig. 82. Consum d'energia primària *per capita* (GJ/hab.).

Font: elaboració pròpia a partir de AIE (2006) i INE.

Altres dades que convé destacar són que els Estats Units es troben en un nivell molt diferent a la majoria de països, amb valors que dobren la mitjana de la UE-15, i que hi ha una convergència molt clara entre tots els altres països (incloent-hi el Japó), tot i una gran divergència en començar el període. Tots els països presentaven valors pròxims als 170 GJ/pc l'any 2004. Un altre fet destacable és que la convergència no només es dona a l'alça. Alemanya veu com el seu consum *per capita* baixa, segurament com a conseqüència del procés d'ajustament (i a les millores d'eficiència energètica) lligades al procés de reunificació. L'Estat espanyol, tot i que augmenta el consum d'energia *per capita* durant el període analitzat, no ha assolit encara els nivells europeus.

Pel que fa a Catalunya, en conclusió podem dir que s'ha produït una progressiva convergència en termes de consum d'energia *per capita* amb la resta d'Europa. Aquest procés de convergència indica que tant l'estructura econòmica com el consum de les famílies estan tendint cap a valors mitjans europeus.

8.3.3. Lectura econòmica de la societat catalana

L'apartat anterior fa una anàlisi de l'economia catalana utilitzant els indicadors més habituals de l'anàlisi energètica, com és la intensitat energètica (consum d'energia per unitat de PIB produït) i el consum d'energia primària

per capita. En aquest apartat ens centrem en un indicador econòmic, el PIB (i les variables intensives relacionades, és a dir, el PIB *per capita* i el valor afegit per cada sector econòmic), i la seva relació amb el temps dedicat a cadascuna de les activitats econòmiques, amb la finalitat d'obtenir les taxes de productivitat per treball. Posteriorment es relacionaran amb el consum d'energia.

Des d'un punt de vista econòmic, Catalunya ha experimentat un fort creixement en el període analitzat, i ha passat de 97.000 milions d'euros (en preus constants de l'any 2000) l'any 1990 a més de 147.000 milions d'euros, la qual cosa significa un creixement interanual del 2,6 %. En termes de PIB *per capita*, s'ha passat dels gairebé 16.000 euros l'any 1990 als poc més de 21.000 de 2005, amb un creixement interanual de l'1,8 %. És a dir, tot i que hi ha hagut un creixement fort del producte, l'augment de la població ha fet que la renda *per capita* no creixés tant com el producte, com veiem a la figura 83.

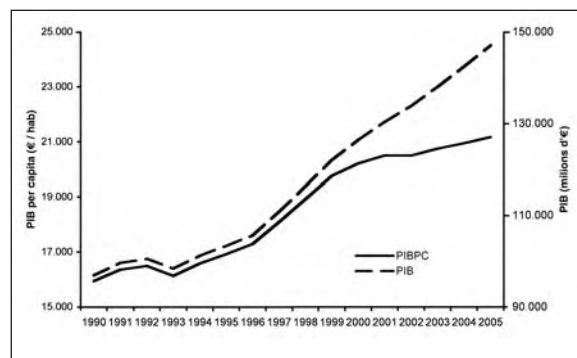


Fig. 83. Evolució del PIB i del PIB *per capita*, 1990-2005

Font: elaboració pròpia a partir de l'INE.

És molt destacable observar com mentre que la població de Catalunya va romandre constant, el PIB es traduïa en una major renda *per capita*. Ara bé, com hem vist a la figura 80, a partir de l'any 1999 la població de Catalunya comença a augmentar per una nova onada de nòvinguts, que ha fet que s'alenteixi el creixement de la renda per habitant. En tot cas, les dades mostren que l'economia catalana ha crescut d'una manera constant en el període considerat.

Si ho comparem amb els països de l'entorn, com veiem a la figura 84, Catalunya té un nivell d'ingrés *per capita* per sobre de l'Estat espanyol, el Regne Unit i pràcticament el mateix que el de la UE-15. Ara bé, s'ha de tenir en compte en aquesta comparació que el PIB de la resta està calculat amb preus constants i base de l'any 1995 (la font és Eurostat), mentre que el de Catalunya està calculat en preus constants amb base 2000 i dades de l'INE; per tant, presumiblement està sobrevalorat. Aquesta és una gran limitació per fer les comparacions. No obstant això, la tendència és clara cap a la convergència a valors

mitjans europeus. Es pot veure, però, que els valors estan encara molt per sota d'altres economies desenvolupades com ara els Estats Units, Alemanya, o el Japó.

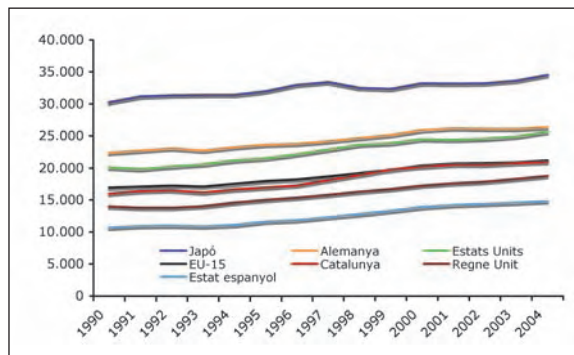


Fig. 84. PIB per capita (en € per hab.).

Font: elaboració pròpia a partir de AIE (2006) i INE.

Si ens fixem en la participació de cada sector en la generació de valor afegit brut (figura 85), veurem que en el període analitzat (1990-2005) l'agricultura manté pràcticament la seva poca rellevància en termes de valor afegit amb una minsa reducció de l'1,9 % a l'1,6 %. La indústria redueix la seva participació del 41,5 % al 34,4 % (amb la construcció representant el 2005 el 8,36 %), i els serveis l'augmenten del 56,6 % al 64 % en el període analitzat.

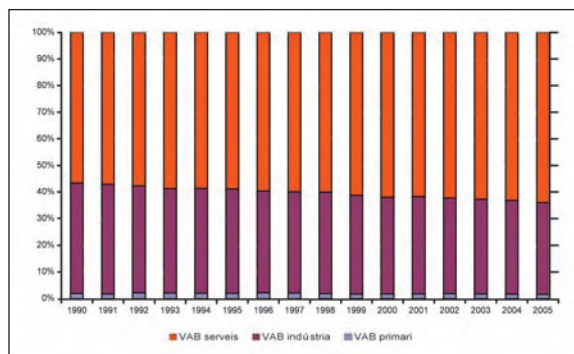


Fig. 85. Valor afegit brut dels diferents sectors (en percentatge).

Font: elaboració pròpia a partir de l'INE.

En definitiva, estem davant d'una situació en què l'agricultura contribueix poc al PIB, la indústria està perdent pes molt ràpidament i, per tant, són els serveis, principalment, però també la construcció, els que creixen en termes de valor afegit. Si relacionem les dades de valor afegit amb la població activa dedicada a cada sector, veiem que les fraccions sobre el total que representen cadascuna d'aquestes dues variables (les dades de població activa i de valor afegit generat) són molt similars entre elles per a tots els sectors, com es pot veure a la taula 88.

	Sector primari (AG)		Sector industrial (PS)		Administració i serveis (SG)	
	Població activa (%)	Valor afegit (%)	Població activa (%)	Valor afegit (%)	Població activa (%)	Valor afegit (%)
1990	3,38	1,86	43,71	41,51	52,92	56,63
1995	3,61	1,94	36,56	39,17	59,83	58,90
2000	2,51	1,77	38,75	36,29	58,74	61,94
2005	2,39	1,59	34,17	34,45	63,43	63,96

Taula 89. Aportació dels sectors al valor afegit i fracció de la població activa (percentatge)

Font: elaboració pròpia a partir de l'INE.

Igual que hem representat la intensitat energètica per a cada sector, a la figura 86 representem la productivitat del treball (ELP) dels tres sectors econòmics, és a dir, quants euros es generen per hora de treball i la seva evolució al llarg del temps. És molt interessant observar que, a part de les fluctuacions de la productivitat de l'agricultura, pròpies d'aquella activitat, la productivitat dels serveis i de la indústria presenten uns nivells similars, que fluctuen entre els 20 i els 25 euros per hora treballada al llarg de tot el període, tot i que els serveis han tingut gairebé sempre valors un mica més alts que els de la indústria.

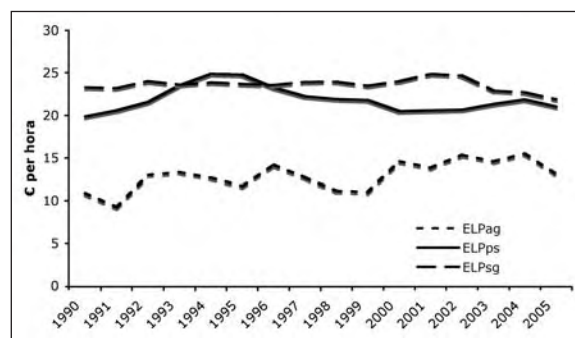


Fig. 86. Evolució de la productivitat del treball (ELP) als sectors econòmics

Font: elaboració pròpia a partir de l'INE.

És preocupant, però, que la productivitat no creixi al llarg del temps, fet que indica una pèrdua clara de competitivitat de la nostra economia. A més, si recordem el que s'ha observat abans a la figura 77, que mostrava l'evolució de la intensitat energètica per sectors, tots els sectors han augmentat el consum d'energia necessari per produir una unitat de valor afegit. Aquestes dues dades juntes indiquen que, tot i l'increment en el consum d'energia per unitat de PIB, això no es reflecteix encara en millores de productivitat, i la hipòtesi és que segurament s'està absorbint encara la població activa nouvinguda, fet que contrastarem més endavant.

En resum, durant el període analitzat el PIB de Catalunya ha crescut d'una manera constant, tot i que el creixement

de la població a partir de 1999 ha fet que la renda *per capita* no creixés tan fortament a partir d'aquell any. És a dir, es pot dir que l'augment de població i població activa sembla no haver canviat el creixement potencial de l'economia. Això s'explica perquè la productivitat del treball s'ha mantingut bastant estable al llarg del temps, en comptes de créixer. Per tant, l'augment de població activa experimentat sembla haver anat cap a activitats generadores de menys valor afegit. Quant a l'estructura de l'economia per sectors, ha augmentat la fracció de temps que la societat dedica a treballar (per la incorporació de les dones i dels nouvinguts, la seva major part en edat laboral, al mercat de treball). En general, s'ha reduït la fracció de treballadors a l'agricultura, s'ha mantingut el pes de la indústria i ha augmentat considerablement la mà d'obra als serveis. A causa de l'estabilitat de la productivitat del treball, les proporcions de mà d'obra per sectors gairebé es corresponen amb les proporcions de valor afegit generat per cada sector. Es pot dir que aquest període no ha estat marcat per un canvi estructural en absolut, i que Catalunya sembla seguir una línia continuïsta ben marcada.

8.3.4. Lligam entre la lectura econòmica i la biofísica

Un cop presentada la lectura econòmica del funcionament de l'economia i la societat de Catalunya, passem a veure ara quin ha estat el comportament del consum d'energia per sectors. Abans, però, farem referència a la hipòtesi que lliga l'evolució del consum d'energia (i materials com veurem a l'annex C) i l'evolució del PIB. A la comunitat científica dedicada a temes de sostenibilitat hi ha molt debat sobre el concepte de desmaterialització, que vindria a ser una disminució de les necessitats d'energia i materials per a la generació d'una unitat de valor afegit (Ausubel i altres, 1996; Hinterberger i altres, 1997; Cleveland i Ruth, 1999; entre altres). Moltes economies del nostre entorn semblen seguir aquest tipus de comportament, potser perquè estan externalitzant les activitats més intensives en recursos naturals cap a tercers països i passen a comprar béns semielaborats, o perquè han introduït veritables millores en eficiència energètica. En qualsevol cas, aquesta no és la situació de Catalunya.

A la figura 87 tenim un altre cop representada l'evolució del PIB català, en aquest cas acompanyada de l'evolució del consum total d'energia primària. La gràfica evidencia que el creixement del PIB durant aquest període acompanya el creixement del consum d'energia primària. Aquest resultat és especialment preocupant si tenim en compte que un objectiu de política econòmica per a qualsevol govern és el creixement econòmic, mesurat en termes de PIB (que cal dir que no necessàriament expressa una millora en el benestar de la població). La figura 87

demostra que si no es canvia el model de creixement i l'estructura de l'economia, un major creixement de l'economia sempre implicarà un major consum d'energia i, per tant, més impacte ambiental, i més dependència externa i fragilitat econòmica.

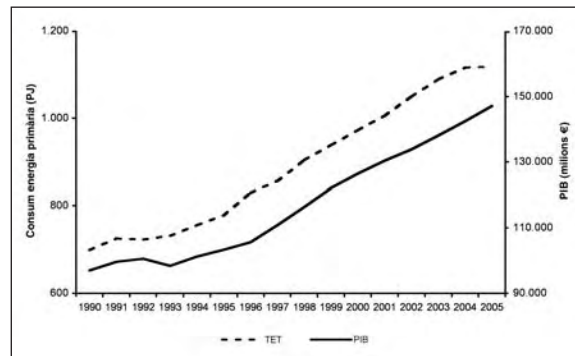


Fig. 87. Consum total d'energia primària i PIB

Font: elaboració pròpia a partir d'ICAEN (2006) i INE.

De fet, aquesta relació queda totalment constatada quan es fa una anàlisi de regressió lineal simple d'ambdues variables, que ens dona una correlació positiva gairebé absoluta (amb un R^2 de 0,98;¹³ la representació gràfica es pot veure a l'annex H).

8.3.5. Anàlisi integrada

Un cop presentada una descripció del comportament econòmic de Catalunya i després de veure el lligam que hi ha entre el creixement econòmic i el consum d'energia, aquesta secció analitza el que succeeix a cada compartiment en què hem dividit Catalunya als tres nivells jeràrquics definits. A l'annex H es presenten les taules amb els valors de les variables per a tot el període analitzat.

8.3.5.1. Nivell n: Catalunya

Resumint l'anàlisi que hem vist anteriorment, Catalunya ha experimentat durant el període analitzat (1990–2005) un creixement econòmic significatiu. El PIB ha augmentat de 97.000 milions d'euros a més de 147.000 milions d'euros (en preus constants de l'any 2000), un creixement interanual del 2,6 % de mitjana. En termes de PIB *per capita*, s'ha passat dels gairebé 16.000 euros l'any 1990 als poc més de 21.000 de 2005, amb un creixement interanual de l'1,8 %.

En termes de població, Catalunya ha passat d'una mica més de 6 milions d'habitants el 1990 a gairebé 7 milions el 2005, que traduït en hores disponibles al conjunt de la

13. Recordem que el coeficient R^2 mesura el poder explicatiu del model o de la regressió aplicada. Un valor tan alt com el que mostra el PIB i el consum d'energia indica que la relació és molt forta. Ara bé, no podem dir res sobre la direcció de la causalitat.

societat significa que el 1990 la societat catalana disposava de 53.300 milions d'hores l'any, mentre que l'any 2005 en tenia 60.800 milions.

Pel que fa al consum d'energia, Catalunya ha augmentat el seu consum un 60 % globalment al cap de 15 anys, i ha passat dels 699 PJ de 1990 als 1.120 PJ de 2005. Això significa un ritme de creixement interanual mitjà d'un 3 % anual, taxa que es troba per sobre del creixement del PIB (que hem vist que era del 2,6 %), fent augmentar per tant la intensitat energètica.

Això ha implicat un augment del consum d'energia primària *per capita*, que era de 115 GJ per habitant l'any 1990 i que ha arribat a 160 GJ/h. l'any 2005. Per tal de facilitar la comparació podem dir que aquesta dada era, l'any 2004, de 139 GJ/h. a l'Estat espanyol, de 167 GJ/h. de mitjana a la UE, però de 331 GJ/h. als Estats Units.

Quant a la intensitat energètica, Catalunya ha vist com aquest indicador empitjorava al llarg del període, passant dels 7,21 MJ per euro el 1990 als 7,60 MJ/€ el 2005. Aquesta és una xifra similar a la mitjana de la UE per al 2004 de 7,91 MJ/€, o per sota de l'Estat espanyol amb 9,42 MJ/€, lluny, però dels 5,06 MJ/€ del Japó, que és clarament l'economia més eficient en l'ús de l'energia.

Finalment, la taxa de metabolisme exosomàtic mitjana de la societat (EMR_{SA}), és a dir, el consum d'energia per hora de la societat catalana, ha passat dels 13,1 MJ/h. de 1990 als 18,4 MJ/h. de 2005.

Catalunya, en definitiva, ha crescut en tots els sentits, i el que resulta interessant és veure els comportaments particulars dels diferents compartiments de l'economia i com es relaciona l'evolució del consum d'energia amb la població i el creixement econòmic, per veure si aquest creixement ha implicat també canvis qualitius que ens permetin ser optimistes amb vista a la futura evolució de l'economia, o per contra, si no s'han donat grans canvis.

8.3.5.2. Nivell n-1: producció i consum

Les dades anteriors sobre el consum *per capita* d'energia (o per hora) i la seva evolució al llarg del temps les podem explicar per l'evolució dels dos grans compartiments a un nivell inferior, les activitats dedicades a la producció de valor afegit, i les activitats dedicades al seu consum.

D'aquesta manera, el valor que prenguin les variables no depèn només del grau de capitalització dels sectors productius o del sector domèstic (EMR_i), sinó també de la distribució del temps entre totes dues activitats.

A diferència del que s'ha esdevingut en altres economies de l'entorn com l'Estat espanyol i altres economies desenvolupades, a Catalunya l'energia consumida per hora de treball (EMR_{PW}) ha crescut molt poc, passant dels 159 MJ/h el 1990 als 167 MJ/h el 2005, amb un màxim l'any 2002 de 184 MJ/h, com es veu a la figura 88. Com a comparació podem dir que aquesta variable va representar l'any 2001 a l'Estat espanyol 137 MJ/h (Ramos 2003), amb la qual cosa es posa de manifest la capitalització més gran de l'economia catalana respecte del conjunt de l'Estat.

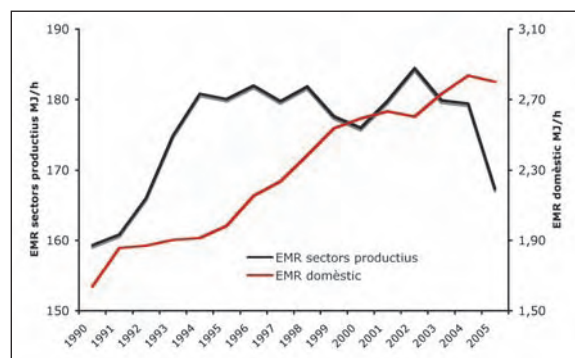


Fig. 88. Taxa de metabolisme (consum d'energia per hora) dels sectors productius (EMR_{PW}) i domèstic (EMR_{HH}), en MJ/h

Font: elaboració pròpia a partir d'ICAEN (2006) i INE.

Tot i aquest creixement tan petit de l'energia consumida per hora de treball, sí que s'ha produït un increment al consum d'energia total per a les activitats productives (ET_{PW}), que ha passat de 618 PJ el 1990 a 964 PJ el 2005, amb un creixement del 2,8 % interanual. La interpretació que fem d'aquest fet és que aquesta energia que s'ha consumit "de més" no ha anat destinat a capitalitzar més els sectors productius (amb nova maquinària i infraestructures per als actuals treballadors) sinó que ha anat destinat en la seva majoria a proveir la nova força de treball de l'equipament necessari per exercir la seva activitat, és a dir, hi ha hagut creixement però no s'ha vist un canvi qualitatiu. De fet, la població ocupada (HA_{PW}) ha passat dels 3.880 milions d'hores el 1990 a 5.760 milions d'hores el 2005, amb un creixement interanual del 2,5 %. Aquest augment es deu a la creixent incorporació de la dona al mercat de treball i a l'arribada recent de molts immigrants en edat de treballar. Aquest resultat té fortes implicacions amb vista al futur. Hom pot preveure que, un cop s'estabilitzi l'arribada de nova població, els sectors productius hauran d'augmentar el seu consum d'energia si volen fer una transició tecnològica que sembla més que necessària al país, i si es vol augmentar la productivitat del treball, que com hem vist a la secció anterior es manté a uns nivells molt estables en el període analitzat. De fet, a diferència del que ha passat en altres economies desenvolupades, a Catalunya ha augmentat la fracció de temps que l'economia destina a activitats productives,

com vèiem a la figura 75, en un intent de compensar la manca de productivitat, però portant l'economia cap a un camí molt perillós on tendim cada cop més a una especialització productiva més intensiva en mà d'obra, el contrari del que semblaria lògic. Hem de dir, però, que aquesta tendència es va trobar també per al conjunt de l'Estat (Ramos 2003).

Atès que l'augment del consum mitjà d'energia per hora de la societat (EMR_{SA}) no està induït pels sectors de producció, aquest creixement del consum d'energia està condicionat pel comportament del sector domèstic (HH). En efecte, EMR_{HH} ha passat d'1,64 MJ/h el 1990 a 2,80 MJ/h el 2005, amb un creixement interanual del 3,4 %. Aquí hem de fer notar que aquest valor és inferior al del conjunt de l'Estat espanyol, que l'any 2001 tenia una EMR_{HH} de 3,90 MJ/h (Ramos 2003) i que s'explica pel major pes que té el transport privat en altres zones de l'Estat. La interpretació de l'evolució a Catalunya és que gran part de l'augment del consum d'energia ha anat destinat a capitalitzar el sector domèstic, en un esforç de convergència amb la resta d'economies de l'entorn i, en particular, amb els països de la Unió Europea. És a dir, l'augment del consum energètic s'utilitza per augmentar el nivell de vida material de les famílies associat a nous béns de consum i d'equipament com ara aparells d'aire condicionat, telèfons mòbils i ordinadors,¹⁴ entre altres, però també viatges i activitats d'oci (incloent-hi un major ús del vehicle privat i de l'avió).

Malgrat això, si hom compara EMR_{HH} amb EMR_{PW} pot veure que, tot i el seu creixement, la major part del consum d'energia es produeix a les activitats productives i no de consum. Ara bé, hem de tenir en compte també que aquestes últimes estan creixent molt ràpidament, i que representen més del 90 % del temps de la societat. Aquest fet s'ha vist en el consum d'energia del sector domèstic (ET_{HH}), que ha passat de 81 PJ el 1990 a 154 PJ el 2005, amb un creixement del 4 % interanual, mentre que el temps no destinat a treball (HA_{HH}) no ha crescut gaire.

De fet, HA_{HH} ha passat de 49.400 milions d'hores el 1990 a 55.100 milions el 2005, amb un creixement de només un 0,7 % interanual, tot i l'envelliment de la població resident, molt lluny del creixement del 2,5 % de la població ocupada. Aquest creixement del temps destinat a treball per sobre del temps no dedicat a treballar pot semblar positiva en principi, ja que garanteix una caiguda de la taxa de dependència (és a dir, la població que no està en edat de treballar dividit per la població entre 16 i 65 anys). No obstant això, al mateix temps és perillosa, ja que com es pot veure a l'annex A s'està produint un envelliment de la població activa que ni tan sols la forta immi-

gració està compensant, i quan en un futur les cohorts en edat laboral d'ara passin a la jubilació la base de gent jove en edat de treballar serà més petita que l'actual. Per tant, si no es produeix un augment fort de la productivitat als sectors productius, caldrà incorporar més població migrant.

8.3.5.3. Nivell *n*-2: evolució dels sectors productius

Tal com passava amb les variables del nivell *n*-1 que eren la desagregació del nivell *n*, els valors de població activa (HA_{PW}) i el seu consum per hora de treball (EMR_{PW}) els podem explicar pel comportament dels diferents sectors econòmics que analitzem a continuació. Ens mancava una anàlisi similar del sector domèstic, el que s'anomena metabolisme de les famílies, per veure els comportaments de les diferents activitats que fem quan no estem treballant (oci, educació, viatges, activitats domèstiques). Ara bé, ja s'ha explicat que la manca de dades fa que aquesta tasca sigui una investigació que està encara per fer, però que l'equip de treball d'AMEEC conduirà en un futur proper.

Com hem vist a les seccions 8.3.1 i 8.3.5.2, HA_{PW} o la força de treball mesurada en hores ha augmentat considerablement en el període analitzat, a un 2,5 % interanual, per sobre de la població total, que ho ha fet a un magre 0,7 % interanual. Això reflecteix la incorporació de la dona al mercat de treball i l'arribada de nous immigrants, que en la major part vénen en edat de treballar.

Ara bé, com vèiem a la figura 76 i a la taula 88, aquesta incorporació massiva de població a la força de treball ha anat acompanyada de canvis estructurals a la distribució de la població activa entre els diferents sectors econòmics. En particular, l'agricultura ha perdut un punt percentual, la indústria 9 punts i els serveis han guanyat 10 punts en la fracció de la població activa.

Per veure com aquest canvi estructural ha afectat la taxa mitjana de metabolisme exosomàtic del sector de treball remunerat (EMR_{PW}) i, per tant, l'evolució del consum d'energia als sectors productius, hem de conèixer quines són les taxes de metabolisme exosomàtic de cada sector, les EMR_i (en MJ per hora de treball). Aquesta és la informació que representa la figura 89. El valor de l' EMR_{PW} depèn, alhora, de quines siguin les EMR_i de cada subsector i de com és el perfil de distribució del temps de treball a l'economia catalana.

14. Segons l'enquesta de condicions de vida de l'INE, l'any 2005 un 76,5 % de les llars catalanes tenia cotxe privat, un 58,9 % ordinador personal, un 98,8 % rentadora, un 98,5 % telèfon, i un 99,5 % televisió en color. Aquestes xifres són superiors a les de l'any 2004, tot i l'increment en el nombre de llars.

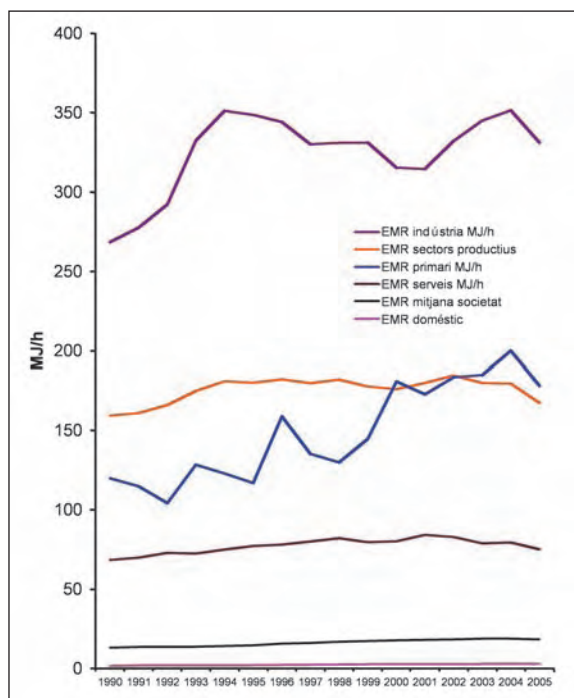


Fig. 89. Evolució de les EMRi

Font: elaboració pròpia a partir d'ICAEN (2006) i INE.

El primer que cal destacar és que hi ha diferències enormes amb relació al consum d'energia per hora de treball entre activitats econòmiques, que l'any 2005 és de 333 MJ/h a la indústria (incloent-hi la construcció i el sector energètic), 178 MJ/h a l'agricultura, 75 MJ/h als serveis, i 2,80 MJ/h al sector domèstic (o més ben dit, del temps no dedicat a treball remunerat). Aquest diferent comportament dels sectors econòmics reflecteix el grau de capitalització que fa servir cada sector per produir, però ens pot indicar a més a més l'impacte que tenen els canvis estructurals a l'economia sobre el consum d'energia. Per exemple, abans hem dit que durant el període analitzat la indústria ha caigut, pel que fa a mà d'obra, uns 9 punts, l'agricultura 1 punt, i els serveis han guanyat 10 punts. Això vol dir que una part important de la població activa ha passat de treballar en sectors amb alts consums d'energia per hora de treball a un sector com els serveis que consumeix menys de la quarta part del consum de la indústria (vegeu la figura 89). Per tant, amb aquestes dades podem conèixer l'impacte dels canvis que es produeixen en la població activa entre activitats, i la responsabilitat de cada sector sobre l'evolució del consum d'energia de Catalunya.

Un altre fet significatiu és que per al conjunt de l'Estat espanyol la seqüència que trobem a Catalunya (EMR_{PS}

$> EMR_{AG} > EMR_{SG} > EMR_{HH}$) és diferent, i l'agricultura se situa en valors pràcticament iguals als dels serveis. Així, per exemple, l'any 2001¹⁵ la taxa de consum d'energia per hora al sector industrial espanyol (EMR_{PS}) va ser de 335 MJ/h, per sobre dels 314 MJ/h que hi va haver a Catalunya el mateix any; EMR_{AG} va ser de 55 MJ/h davant els 173 MJ/h de Catalunya; i EMR_{SG} va ser de 54 MJ/h, quan a Catalunya va ser de 84 MJ/h (Ramos, 2003).

És interessant remarcar que sembla que el sector industrial català es trobi en una situació d'un grau d'eficiència en l'ús de l'energia superior a la resta de l'Estat. A més, a la figura 89 veiem com sembla que la taxa es mantingui entorn a aquests valors. Els altres dos sectors, però, són molt més ineficients energèticament que la mitjana espanyola, i això pot ser conseqüència del major pes del transport a Catalunya, com s'ha explicat al capítol 5. El model de creixement dels darrers anys, basat en la construcció i en increments de les necessitats de transport, implica que aquests sectors es mostren menys eficients en la utilització de l'energia.¹⁶

Altres punts que cal destacar són l'evolució amb daltabaixos de la taxa de metabolisme del sector industrial, l' EMR_{PS} , que és molt interessant observar que sembla ser cíclica, és dir, pujant més en els moments en què creix més el PIB. Per la seva banda, els serveis semblen haver assolit el seu màxim l'any 2001 i ara ens trobaríem davant una tendència a la baixa, fruit potser de l'augment del consum de gas natural en els darrers anys, que té un major rendiment energètic. L'agricultura fluctua molt, i entenem que la seva evolució també va lligada als cicles productius, mentre que el sector domèstic, tot i tenir valors molt baixos, creix ràpidament, a un 3,4 %, per sobre del consum total d'energia primària (que ho fa al 3 %) i per sobre del PIB, la qual cosa posa en relleu la seva importància per raó de l'enorme pes en termes d'unitats de temps.

8.4. Discussió dels resultats

8.4.1. Distribució del temps entre les diverses activitats

En primer lloc, un dels resultats principals que cal destacar de l'anàlisi del període 1990–2005 és que la fracció de temps que la societat catalana dedica a la producció de béns i serveis que mantenen els nostres ingressos és relativament petita. La tendència que s'observa en aquests darrers anys és que la fracció de temps dedicat al treball remunerat¹⁷ augmenta lleugerament, a causa, d'una banda, de l'increment de població que podem veure a

15. Darreres dades disponibles per a l'Estat espanyol. A l'annex 2 es troben totes les taules amb les sèries de dades corresponents a Catalunya.

16. De fet, el rendiment d'un motor de combustió d'un vehicle és molt més baix que el d'una caldera industrial, fent servir el mateix combustible.

17. La variable de temps dedicat a les activitats remunerades pot canviar a causa de molts factors, incloent-hi factors demogràfics –com l'estructura de la població– que condicionen la taxa de dependència; socials i morals, com el fet que l'edat mínima per a treballar sigui de 16 anys, o la jubilació als 65; o socioculturals, com és la incorporació de les dones al mercat de treball.

l'annex A (sobretot provocat per la immigració provinent de l'exterior) i, de l'altra, de la incorporació de la dona al mercat de treball.¹⁸

Aquesta situació és molt probable que canviï en un futur immediat (2006-2015). D'una banda, la taxa d'activitat de les dones continuarà creixent, però de l'altra, la immigració continuarà arribant, però en menor grau, sobretot a partir de 2010. A més, continuarà el procés d'envelliment de la població (el grup d'edat de majors de 65 anys és el que creixerà més ràpidament). Aquests fets faran que al període 2006-2015 la població activa creixi en menys de 400.000 persones, la major part de les quals s'incorporaran a una feina o a la recerca activa de feina abans del 2010. D'aquesta manera, podem preveure que al voltant de l'any 2015 al progressiu envelliment de la població total hi haurem d'afegir l'envelliment de la població activa. Per tant, la població activa representarà una fracció menor del temps total que l'any 2005, i serà més vella.

Aquest fet comportarà una sèrie de limitacions sobre els escenaris econòmics si el que es vol és continuar amb els augments del nivell d'ingressos per habitant. En efecte, un augment de la relació de dependència posarà pressió sobre la productivitat del treball, que haurà d'augmentar per compensar aquest fet. Una altra solució podria ser el foment de la immigració en edat laboral per tal de rejuvenir la població activa.

No obstant això, hem de dir que aquest valor (HA_{HH}) per a Catalunya es troba entre els més alts d'economies avançades. Per exemple, l'Estat espanyol el 2001 va tenir un 8,4 % del temps total destinat a activitats productives (Ramos, 2003) i valors similars s'han trobat per a Itàlia (Giampietro, 2003).

Quant a la distribució de la població activa per sectors, Catalunya ja presenta un patró similar al de les economies desenvolupades, on la major part de la població treballa al sector serveis, que recordem que té un consum d'energia per hora de treball inferior als altres sectors.

Del creixement d'1,1 milions de persones de la població ocupada que hi ha hagut entre 1990 i 2005, 940.000 persones s'han incorporat als serveis, que han doblat el nombre d'efectius. Els altres 160.000 treballadors nous s'han dedicat a la construcció, mentre que la població ocupada del sector primari i de la indústria s'han mantingut estables. En aquest estudi hem inclòs la construcció al sector industrial, a causa, com ja hem dit, que les dades de consum d'energia de les quals hem pogut disposar incloïen el consum de la construcció dins d'indústria. Queda clar,

doncs, que el model de desenvolupament català s'ha basat en una terciarització aguda de l'economia i en la construcció.

Pel que fa a l'evolució de la població activa per sectors, s'espera que la construcció representi un 10 % de la població activa l'any 2015, aproximadament, mentre que la indústria redueixi bastant el nombre de treballadors i que la major part de la nova població activa es dirigeixi cap als serveis, sobretot els sectors de sanitat, serveis socials i treball domèstic, com a reflex de l'envelliment de la població.

8.4.2. Estructura econòmica

Pel que fa a l'evolució de la generació de valor afegit, Catalunya ha crescut de manera continuada en el període analitzat, i els nivells per habitant ho han fet a les mateixes taxes només fins a l'any 1999, quan començà a arribar més població immigrada que abans. Quant a la comparació amb altres economies de l'entorn, Catalunya s'ha mantingut en els valors mitjans de la UE-15, superiors als de l'Estat espanyol, però inferiors als dels Estats Units, Alemanya i el Japó. Un element molt important ha estat l'evolució de la productivitat del treball per sectors. Hem vist com el sector primari augmentava una mica, però estava lluny encara dels 22-25 euros per hora treballada de la indústria i els serveis (que tenen valors molt similars). El que és interessant, però, és que des de 1996 la productivitat dels serveis es manté per sobre de la del sector industrial, tot i que ambdues variables són molt constants al llarg del període 1990-2005. Aquesta és una qüestió crucial, ja que, a pesar de l'augment en el consum d'energia d'aquests sectors, la productivitat no ha crescut de manera paral·lela, per la qual cosa es pot dir que la competitivitat de l'economia catalana vers l'exterior s'ha deteriorat notablement.

Amb vista al futur, i tenint en compte la més que probable evolució cap al sector serveis, no hauria de preocupar aquesta terciarització de l'economia, ja que la productivitat dels serveis està per sobre de la de la indústria. Ara bé, el que sí és problemàtic és l'estancament de les productivitats en el temps, que està relacionat amb l'evolució del consum d'energia per hora de treball, com veiem a continuació.

8.4.3. Lligam entre el creixement econòmic i el consum d'energia

L'estancament de la productivitat del treball als diferents sectors es pot lligar a l'evolució del consum d'energia per hora treballada.

18. A l'annex A ja s'explica que entre 1990 i 2005 la població activa va créixer en 1,1 milions de persones, el 60 % de les quals eren dones. A més, el període ha vist un augment de les taxes d'activitat de les dones, sobretot majors de 45 anys, ja que generacions noves amb més formació estaven substituint generacions menys formades. Com ja s'ha comentat, durant aquest mateix període s'ha produït un augment significatiu de la població estrangera resident, bona part de la qual es troba en edat laboral.

Seguint Cleveland i altres (1984), considerem que hi ha una relació entre l'energia consumida per hora de treball (EMR) i la productivitat del treball (ELP). Això s'explica per què un augment de l'energia consumida per hora de treball (EMR_{pw}) té dues vessants. D'una banda, implica que s'utilitzen més aparells o maquinària (per exemple, ordinadors), en la producció dels quals s'ha utilitzat energia. D'altra banda, els aparells o la maquinària consumeixen energia per al seu funcionament. Evidentment, aquest supòsit té la limitació que no recull l'efecte dels guanys d'eficiència energètica (gràcies a millores tècniques o per canvis de combustible) en la productivitat del treball, que podrien fer que aquest augmentés sense portar associat un augment del consum d'energia per hora. Tot i així, estudis per als Estats Units (Cleveland *et al.*, 1984; Hall *et al.*, 1984), Equador (Falconi 2001) i l'Estat espanyol (Ramos 2001) entre altres, demostren que en alguns casos existeix aquesta relació en el sentit que si s'utilitza més energia per hora de treball (EMR) també hi haurà més productivitat en euros per hora de treball (ELP).

Aquesta relació també s'observa per a Catalunya. A la figura 90 veiem que les dues variables tenen un comportament similar, però el valor d'EMR mostra canvis més acusats que podrien indicar una certa influència sobre l'ELP.

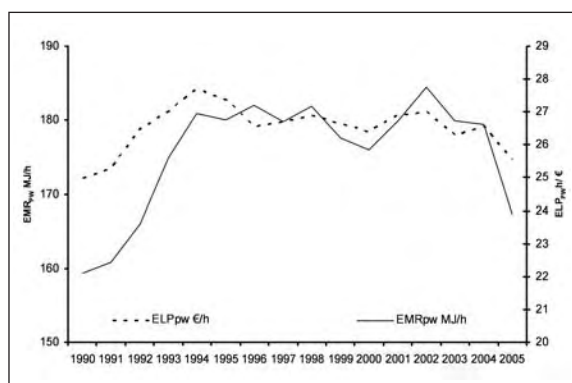


Fig. 90. Relació entre l'EMR i l'ELP a Catalunya (1990-2005)

Font: elaboració pròpia.

Un fet destacable que s'observa bé a la figura 90 és l'estancament del consum d'energia per hora de treball a valors propers als 180 MJ/h des de l'any 1994. Això vol dir que, tot i l'augment del consum d'energia de la indústria, aquest ha anat dirigit no a millorar el nivell tecnològic de l'activitat sinó més aviat a proveir els nous treballadors de les eines necessàries per a la seva activitat. Abans hem vist que el creixement de població activa de la indústria s'ha produït en realitat al sector de la construcció, per la qual cosa podem dir que aquest sector és responsable, en part, de l'estancament de la productivitat del treball.

Com hem dit abans, aquest resultat pot ser matisat per les millores tecnològiques i pel tipus d'energia que es faci

servir, ja que, com hem vist al capítol 3, cada tipus d'energia final *arrossega* una quantitat diferent d'energia primària, i no és el mateix, per tant, que un sector utilitzi gas natural o carbó (que en termes d'energia primària significarà més quantitat d'energia, per obtenir la mateixa quantitat d'energia final).

En qualsevol cas, si aquest resultat es manté, els augments de productivitat necessaris a causa de l'evolució de la població, que hem vist a la Secció 8.4.1, només seran possibles si s'augmenta el consum d'energia per hora treballada als diferents sectors, fet que portarà a augments de la demanda total d'energia.

Aquest fenomen repercutiria també sobre la intensitat energètica. Per al període 1990-2005 hem vist que Catalunya presenta uns valors similars a la mitjana de la Unió Europea, inferiors als de l'Estat espanyol i als d'economies com el Regne Unit i superiors a economies com Alemanya o el Japó. Ara bé, el més interessant és que s'ha produït un fenomen de convergència molt clar al llarg del temps amb una tendència lleugerament alcista. Aquest lleu ascens de la intensitat energètica (interromput l'any 2004 sospitem que pel caràcter preliminar de les dades de consum d'energia per als anys 2004 i 2005) s'ha reflectit en un augment continu del consum total d'energia (la variable extensiva que al final és la que té relació amb el medi ambient), que ha crescut a un 3 % anual. L'increment de la intensitat energètica s'ha produït a tots els sectors, tot i que hi ha diferències notables entre elles, ja que els serveis consumeixen només una fracció de l'energia que necessita l'agricultura o la indústria per a generar una unitat de valor afegit. En un futur immediat, per tant, aquesta intensitat podria augmentar si s'incrementa la quantitat d'energia per hora treballada. Una segona solució seria que es produís al país un canvi estructural fort que reduís la població activa de la indústria i aquesta passés als serveis (amb menors consums per hora de treball). Això podria fer que els augments en la productivitat no portessin a intensitats energètiques superiors.

En qualsevol cas, el resultat més notable que hem trobat a la secció 8.3. ha estat el que ja coneixíem o podríem intuir: que hi ha una relació molt forta entre creixement econòmic i consum d'energia. La correlació entre aquestes dues variables arriba a un 98 % en el cas de Catalunya, segurament una de les més altes dels països desenvolupats. La teoria econòmica pot explicar que en processos joves de desenvolupament hi hagi aquestes relacions tan fortes, ja que l'economia ha d'invertir molt en infraestructures que donin suport tant a la població com a la producció. Ara bé, el que ens indica aquest resultat és que Catalunya, tot i ser, per la resta de paràmetres, una economia desenvolupada, es comporta com una economia en desenvolupament en aquest sentit, i l'explicació és l'elevat pes que ha tingut, i té encara

actualment, la construcció, com veurem també a l'annex D de metabolisme material. De fet, estrictament no podem parlar d'un procés de desenvolupament com a tal (canvi qualitatiu), sinó més aviat d'un procés de creixement constant (canvi quantitatiu) on s'ha reproduït la mateixa estructura que venia del passat, i on algunes activitats intensives en energia com les foneries s'han substituït per altres també d'intensives com la fabricació de ciment o de ceràmica, que alimenten una construcció que continua creixent.

8.4.4. Sobre l'evolució dels diferent sectors (nivell $n-1$)

L'augment del consum d'energia de Catalunya durant el període d'anàlisi ha estat d'un 3 % anual. Hem vist, però, que els sectors productius no han incrementat gaire el seu consum per hora de treball, de manera que gran part de l'augment s'ha donat pel compartiment d'hores no treballades. De fet, a l'augment de població registrat durant el període hi hem d'afegir l'augment al consum per hora, com es veu a la figura 91.

També es pot observar a la figura 91 que durant el període d'anàlisi l'indicador de EMR_{pw} gairebé no ha crescut gens, és a dir, no ha augmentat gaire la quantitat d'energia que es consumeix en cada hora de treball, tot i que sí que ha augmentat el consum d'energia total. Això es pot deure no només a una moderació en el consum d'energia per generar valor afegit, sinó també, i sobretot, a una incorporació massiva de població al mercat de treball, que ha fet que l'augment en el consum d'energia per a producció s'hagi dedicat a cobrir només la població ocupada nova i no a augmentar els nivells de capitalització dels treballadors. Si fem cas de la relació entre l'EMR i l'ELP que hem vist abans, això podria estar indicant el perquè de la pèrdua de competitivitat de Catalunya en els darrers anys, que s'interpreta com una manca d'inversions productives. En general, es veu clarament que la major part de l'increment de consum d'energia ha anat destinat a activitats de consum i a millorar el nivell de vida material de la població, i no pas a inversions en el sector productiu.

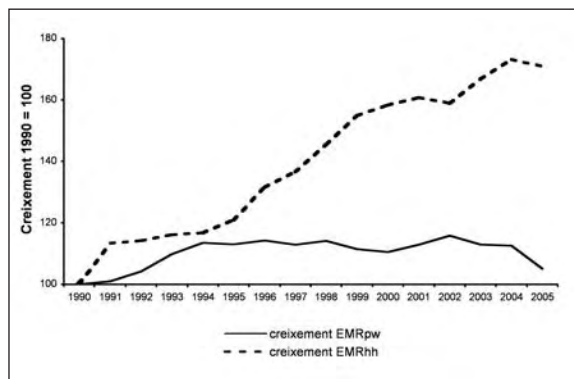


Fig. 91. Creixement d' EMR_{pw} i EMR_{hh}

Font: elaboració pròpia a partir d'ICAEN (2006) i INE.

Quan veiem les mateixes variables però amb la representació del creixement anual (figura 92), els resultats anteriors són encara més clars. Gairebé al llarg de tot el període, l' EMR_{hh} ha crescut molt per sobre de la demanda d'energia i del PIB, i aquest augment s'ha reflectit en el nivell de vida material. Per contra, l' EMR_{pw} ha crescut per sota de la demanda energètica en la major part del període. Això vol dir que hi ha menys capitalització, però aquesta evolució també està recollint millores en eficiència energètica dels sectors productius, i l'efecte de la construcció, que té un menor consum d'energia per hora de treball. En qualsevol cas, el resultat és que es posa de manifest un altre cop la importància creixent del sector domèstic a la demanda energètica.

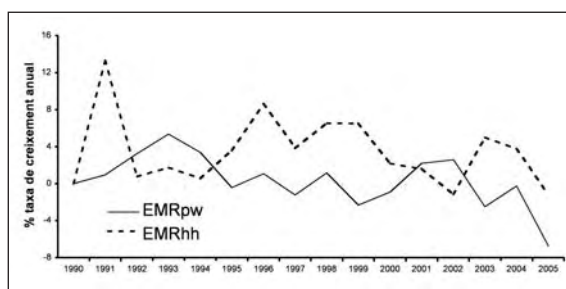


Fig. 92. Creixement anual d' EMR_{pw} i EMR_{hh}

Font: elaboració pròpia a partir d'ICAEN (2006) i INE.

La part preocupant, com ja hem ressaltat, és que la reducció d' EMR_{pw} pugui derivar en caigudes de la productivitat del treball que minvin la competitivitat de la producció catalana. Per tant, cal investigar què està induint la reducció del consum d'energia per hora treballada, si està sent una millora en l'eficiència energètica o un canvi en els vectors energètics utilitzats cap a uns altres de millor qualitat, o si estem davant d'un canvi d'estructura productiva que està tornant cap a models basats més en l'abaratiment de la mà d'obra i no tant en el component tecnològic.

L'evolució que hem vist per a EMR_{hh} repercuteix sobre el nivell de consum d'energia per habitant. Hem vist al llarg del període que la població ha crescut notablement, sobretot des de 1999, però el consum *per capita* ha mantingut la tendència creixent, és a dir, el consum total d'energia ha crescut més ràpidament que la població. De nou Catalunya ha experimentat un procés de convergència cap a valors similars als de les economies desenvolupades del nostre entorn, al voltant dels 170 GJ per habitant. S'ha de dir, però, que s'observa una tendència a la convergència entre totes les economies (excepte la dels Estats Units) i alguns països, com és el cas d'Alemanya, fins i tot han reduït el seu consum *per capita* al llarg del temps.

8.4.5. Sobre l'evolució dels subsectors (nivell n-2)

El comportament de la variable EMR_{pw} que hem discutit a la secció anterior l'hem explicat per l'evolució de les diferents variables intensives dels sectors productius. En efecte, el consum total d'energia de l'economia ve donat pel consum per hora de les activitats no productives (EMR_{HH}) multiplicat per la fracció d'activitat sobre el total (HA_{HH}), més la suma de les diferents EMR_i dels sectors per la seva fracció sobre el total d'activitat (HA_i). Per tant, per a una mateixa quantitat de consum d'energia es poden donar diferents combinacions de població activa als diferents sectors, ja que hi ha diferències notables entre els consums per hora treballada de cada sector. Com hem vist a la Secció 8.3.5.3, EMR_{ps} va ser el 2005 de 333 MJ/h, el consum per hora al sector primari va ser de 178 MJ/h, i als serveis de 75 MJ/h. Per tant, l'impacte de les activitats productives sobre la demanda total depèn dels coeficients tècnics i de la distribució dels sectors a l'economia. A més, si el que ens interessa no tan sols és la demanda total, sinó també quin és l'impacte sobre la dependència dels combustibles fòssils, haurem de tenir en compte que els diferents sectors econòmics tenen un mix energètic molt diferent entre ells.

Per exemple, segons el que hem vist al capítol 2, la indústria consumeix principalment gas natural, seguit de l'electricitat i dels productes petrolers. Cal recordar que en aquesta anàlisi hem sumat al sector industrial els consums del sector de l'energia (que són, però, molt diversificats i són on l'energia nuclear i el gas tenen un pes important), i els consums de la construcció, que estan més basats en productes petrolers. En canvi, en el cas dels serveis (si hi incloem el 75 % del transport com ja hem justificat abans) el principal vector energètic són els productes petrolers, amb més del 60 % del total, seguit de l'electricitat i el gas natural. Això vol dir que si bé és cert que una transició de la població activa cap als serveis implica menys consum d'energia per hora treballada, també ho és que el consum en els serveis està creixent més fortament que a la indústria, principalment a causa del transport associat, i a que el mix energètic dels serveis (incloent-hi el transport) és pitjor que el de la indústria en termes tant d'impacte ambiental (per les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle) com en termes de dependència energètica i exterior de l'economia catalana. Per tant, una reducció del consum d'energia a la indústria, si ve compensada per un increment d'igual magnitud al sector serveis, empitjoraria el mix de l'energia consumida a Catalunya.

La conclusió és que s'han de matisar molt les propostes tendents cap a una expansió del sector dels serveis ja que seria una solució parcial a la problemàtica energètica i, sobretot, s'ha de garantir que podem obtenir les dades necessàries per considerar el sector del transport separa-

dament, cosa que no hem pogut fer en aquest estudi. El fet, però, que l'agricultura perdi població activa i aquesta aparegui als serveis sí que té efectes positius sobre el consum d'energia (no entrem a valorar aquí altres aspectes socioeconòmics), perquè no solament una hora d'agricultura consumeix més que una hora del sector serveis, sinó que el sector primari està dominat en més del 90 % del seu consum pels derivats del petroli, com es va veure al capítol 2.

El mateix passa en el cas del sector domèstic. En aquest sector (que incorpora el 25 % del consum del transport) més de la meitat del consum energètic procedeix de productes derivats del petroli i gairebé un 30 % de gas natural. Tota la resta és en forma d'electricitat. D'aquesta manera, qualsevol pujada d' EMR_{HH} , com les que hem vist a Catalunya als darrers temps, tot i que els valors siguin encara baixos, té un impacte molt negatiu, i per unitat d'augment l'impacte és pitjor que si es produís a la indústria. Com succeeix en el cas dels serveis, això clarament està reflectint la importància del transport, en aquest cas per a oci. Aquest sector és encara més rellevant pel fet que ocupa el 90 % del temps d'activitat dels catalans. Llavors, la seva taxa, de només 2,8 MJ/h el 2005 no ens ha d'enganyar, perquè en termes absoluts el 2005 ja va representar un 16 % del consum dels sectors productius (154 PJ de 964 PJ), però petits canvis en la variable intensiva de consum d'energia per hora poden tenir efectes grans sobre el consum total.

Finalment, fem referència a l'eficiència econòmica del consum d'energia a Catalunya per sectors, és a dir, l'indicador que expressa quants euros es generen per cada unitat d'energia consumida (ELP/EMR_i). Aquest indicador permet veure el grau d'eficiència dels diferents sectors en la conversió de l'energia, i és molt útil, per tant, per a prendre decisions sobre quins sectors cal potenciar. La taula 89 presenta els valors per al conjunt dels sectors productius (que era de 153 €/GJ el 2005) i com aquest valor es pot dividir entre els tres sectors analitzats.

	1990	2000	2005
Eficiència dels sectors productius	157	150	153
Eficiència del sector primari	91	81	74
Eficiència de la indústria	74	66	63
Eficiència dels serveis	341	300	292

Taula 90. Eficiència econòmica del consum d'energia en euros per GJ.

És interessant remarcar que el que hem discutit abans sobre l'evolució de la productivitat queda palès aquí quan veiem l'eficiència en la utilització de l'energia per sectors. Sobta que la indústria generi menys valor afegit per unitat d'energia que l'agricultura, i sobta també que la diferència amb els serveis sigui tan alta. A més, la pèrdua de competitivitat de què parlàvem es posa de manifest en

el fet que entre 1990 i 2005 s'ha reduït la quantitat de valor afegit generat per unitat d'energia. Això, en un context d'escassetat relativa dels recursos fòssils i de possibles increments de preus, ha de fer saltar els senyals d'alarma. Es fa necessari augmentar el rendiment que traiem de l'energia, sigui amb millores tecnològiques o a través de canvis estructurals i d'activitats productives, tendint encara més cap als serveis. L'explicació més plausible per aquest comportament és que el ràpid augment de la població activa (sobretot des de 1999 fins al 2005) ha provocat que la nova inversió (i el consum d'energia) hagin anat dirigits a proveir els nous treballadors de l'equipament necessari i no pas a millorar el dels treballadors que hi havia fins a aquell moment.

8.5. Conclusions

La primera i principal conclusió que es pot extreure d'aquest capítol és que el model de creixement que ha mantingut Catalunya des de l'any 1990 depèn fortament del consum d'energia. L'evolució del producte interior brut (PIB) s'ha produït de manera paral·lela a l'augment de la demanda d'energia primària, amb una correlació del 98 %. Això és preocupant ja que aquesta tendència sembla que es mantindrà en un futur immediat, almenys si es compleixen les previsions obtingudes amb la hipòtesi A, basada principalment en les dades l'escenari IER del Pla de l'energia de Catalunya.

Aquest augment del consum d'energia no ha significat fer grans passes endavant en termes de desenvolupament, sinó més aviat ha servit per dur a terme un creixement quantitatiu del sistema. De fet, no s'han vist grans canvis estructurals a la nostra economia, de manera que l'augment en el consum d'energia ha servit per absorbir la nova població entrant i dotar-la de les infraestructures i els mitjans de treball necessaris per a desenvolupar les seves activitats, però no pas per produir un canvi estructural al sector productiu cap a activitats menys intensives en recursos i més generadores de valor afegit. De fet, això explica (o s'explica) en part perquè la majoria de la nova població activa ha anat cap a la construcció i els serveis,¹⁹ on els nivells de coneixements tècnics requerits poden ser menors, i explica que hi hagi una demanda insatisfeta continuada a la societat de professionals industrials especialitzats. D'alguna manera, Catalunya sembla estar especialitzant-se en activitats que generen poc valor afegit i que requereixen poca formació (com el comerç). Aquest fet permet a l'economia absorbir la nova població, però la manca d'innovació i inversió en tecnologia fan que la productivitat del treball se'n ressentixi i, per tant, la nostra productivitat caigui. Aquest

serà un factor limitant molt fort en un futur immediat, perquè si Catalunya entra en aquesta espiral d'especialització en activitats poc generadores de valor afegit, l'única manera de poder satisfer-les serà amb més immigració, que tendirà a perpetuar la situació. És a dir, s'hauria de promoure l'excel·lència tecnològica a tots els àmbits d'activitat per tal de millorar la productivitat i la competitivitat dels productes catalans.

Aquest fet és encara més preocupant si tenim en compte l'envelliment de la població, del qual ja hem parlat, i l'increment d'aquesta població i, per tant, de la fracció de temps que no es dedica a treballar. Si a això hi afegim que, tot i l'increment dels darrers anys, el consum per hora no treballada és encara baix en comparació amb els països del nostre entorn, podem esperar que el procés de convergència també arribi a les famílies, i que aquestes augmentin encara més el consum d'energia a les llars i en el seu temps d'oci i transport privat. Això vol dir que si es pretén limitar el creixement del consum d'energia de la societat, o bé s'actua sobre el sector de les famílies, o bé cada cop s'haurà de destinar menys energia (en termes relatius) a activitats productives, amb un ressentiment posterior de la productivitat.

En resum, es posa de manifest que el model de creixement econòmic de Catalunya no ha sofert canvis en els darrers 16 anys i ha mantingut una elevada i creixent dependència de l'energia per al seu funcionament. Com hem vist al capítol 2, això vol dir a més una dependència creixent dels combustibles fòssils, ja que el gas natural cada cop té més importància (sobretot per a cobrir la nova demanda d'electricitat i als processos productius), i el consum de petroli no minva a causa del creixement imparable que mostren les dades de transport (tant privat com col·lectiu, i de mercaderies).

Així, si es vol trencar amb aquesta forta relació entre el creixement econòmic i el consum d'energia, les mesures d'estalvi i eficiència energètica, tot i ser imprescindibles, no seran suficients, perquè arribarà un moment en què els guanys derivats s'esvairan. Per tant, cal un canvi estructural que porti l'economia catalana cap a activitats que siguin menys intensives en energia, com ara els serveis. Això no vol dir que es deixi de costat la indústria. De fet, la indústria ha d'augmentar encara més els seus consums per hora de treball si es vol que hi hagi un canvi estructural cap a activitats que generin més valor afegit, però, en tot cas, qualsevol camí que es prengui portarà a augmentos en el consum total d'energia si no es redirigeix el model de creixement i se sotmeten les polítiques d'infraestructures a una anàlisi molt crítica. El model de creixement urbanístic i d'infraestructures actual està por-

19. Segons *El País*, de 12 de març de 2007 els immigrants ocupen dos terços de la nova ocupació a Catalunya, bàsicament a la construcció, la restauració i els serveis domèstics.

tant Catalunya cap a una societat en què l'habitatge és més dispers, hi ha més distància entre el lloc de residència i el lloc de treball i es potencia el transport per carretera com a forma de donar resposta a l'increment de necessitats de mobilitat. A més a més, el *boom* que viu l'economia catalana, i també l'espanyola, gràcies a la construcció és molt perillós en termes econòmics, ja que a part dels impactes directes que té el segellament progressiu del territori, indueix altres activitats associades molt impactants i intensives en energia i materials, com ara les cimenteres, i alhora atreu població poc formada, que en cap cas contribuirà a millorar la competitivitat del país, que ara tendeix a una competència en termes de costos (laborals bàsicament) i no en termes de tecnologia incorporada.

Per tant, una estratègia per al canvi de model de consum d'energia passa per utilitzar al màxim les capacitats d'eficiència i d'estalvi energètics, promoure encara més les energies renovables, una certa reestructuració de l'activitat econòmica que, com hem dit abans, es dirigeixi cap als serveis i la indústria d'alt valor afegit, i actuacions particulars en diferents sectors econòmics. En aquest sentit, les prioritats d'actuació que es proposen són:

- *El transport.* Cal actuar fortament per reduir el consum energètic del sector del transport. Aquest és un sector clau ja que, com hem vist al capítol 2, el transport és un dels sectors que incrementa més la seva demanda d'energia (per sobre de la mitjana de l'economia), i sobretot perquè en la seva major part (un 98 %) utilitza combustibles fòssils, de manera que qualsevol increment en el seu consum empitjora la nostra dependència envers els combustibles fòssils, la dependència exterior, la balança de pagaments, i provoca més emissions de gasos amb efecte d'hivernacle. De la mateixa manera es produeix al contrari: una reducció d'una unitat de consum d'energia al transport²⁰ té efectes més beneficiosos (en els aspectes que acabem d'esmentar) que una reducció a la indústria, per exemple. Per tant, cal replantejar-se la mobilitat i el transport de mercaderies en general a Catalunya, i en particular els plans d'infraestructures que potencien l'ús de l'automòbil privat. Aquí, les mesures fiscals contingudes al capítol 7 són molt útils. Una altra línia d'actuació ha de ser el potenciament del transport tant de persones com de mercaderies per ferrocarril,²¹ pels seus avantatges derivats de les economies d'escala i d'una menor energia consumida per passatger. Això vol dir primar el ferrocarril convencional millorant la seva infraestructura i la seva freqüència, així com les interconnexions amb altres mitjans de transport.
- *La construcció.* La construcció és un sector clau perquè com hem vist al capítol 5 representa la meitat del transport de mercaderies, o un 25 % del transport total, i perquè com veurem al proper capítol consumeix la gran part dels materials que Catalunya usa cada any per al seu metabolisme. A més a més, i sobretot, és important perquè el model urbanístic que s'està imposant a Catalunya potencia la construcció de noves urbanitzacions disperses que requereixen alhora més transport privat. En aquest sentit s'hauria de replantejar la planificació urbanística i les connexions entre poblacions. Fins i tot es podria parlar de moratòries per algun tipus d'actuacions, com es va fer a les Illes Balears per a les places hoteleres. Un àmbit d'actuació podria ser la incorporació de criteris energètics en la planificació territorial. D'altra banda, les noves infraestructures incentiven el transport de mercaderies per carretera. S'haurien d'analitzar els efectes de l'aposta del Govern per les noves connexions aèries (l'expansió del Prat i d'altres aeroports com el de Girona). També es podria intentar actuar sobre el tràfic de mercaderies que només travessa Catalunya. En tota aquesta aposta, la promoció i la millora del ferrocarril que hem comentat abans semblen més que raonables.
- *El sector domèstic.* Aquest és un sector clau ja que la població de Catalunya continua creixent i, sobretot, creix el consum per hora no treballada, per sobre de la mitjana de l'economia. També és un sector important perquè els vectors energètics que més creixen són els combustibles fòssils (pel transport i per l'extensió de la calefacció amb gas). Els dos principals consums són el del transport privat i el de la llar. S'hauria d'incentivar encara més l'ús del transport col·lectiu i s'haurien d'estendre les mesures aprovades pel nou codi tècnic d'edificació a tots els habitatges.
- *A la indústria.* Tot i ser el sector que segurament introdueix més mesures d'estalvi i d'eficiència energètica per la pròpia competitivitat existent, la dinàmica recent ha fet que la generació de valor afegit per unitat d'energia hagi disminuït els darrers anys i se situï per sota de la dels serveis, per la qual cosa cal potenciar els sectors de més alt valor afegit, que sovint coincideixen amb els que incorporen més tecnologia. Per tant, es podria assumir un augment del consum d'energia per hora treballada que es podria compensar per l'abandonament d'activitats industrials més tradicionals.

20. Cal recordar aquí que els biocombustibles podrien contribuir a mitigar el problema energètic del transport, però hem vist al capítol 2 que porta associat altres problemàtiques, i que a més a més no podem produir a Catalunya ni tan sols el 5 % dels combustibles usats al transport. Així, l'opció dels biocombustibles significaria la importació massiva de matèria primera per a la fabricació del carburant o del carburant mateix, que si bé reduirien les nostres emissions de CO₂, provocarien impactes als països productors i no reduirien la nostra dependència energètica externa.

21. Com s'ha fet a França, entre Perpinyà i Luxemburg, segons *Cinco Días*, 29/03/07: http://www.cincodias.com/articulo/empresas/autopista/ferroviaria/une/Pirineos/corazon/Europa/cdsdi/20070329cdsdiemp_36/Tes/.

Finalment, un país com Catalunya podria plantejar-se establir una limitació del seu consum d'energia, objectiu que hauria de ser assumit en l'àmbit de tota la societat. Per exemple, es podria proposar com a objectiu a assolir el manteniment de la demanda d'energia en el futur en termes absoluts. Això afavoriria la introducció de mesures de canvi tecnològic a tots els nivells i, de fet, és l'única manera de reduir l'impacte que la nostra activitat té sobre els ecosistemes. Això no implica tornar a èpoques passades d'escassetat, sinó ser conscients dels nostres nivells de consum, i promoure activament la racionalització dels consums a totes les activitats, d'una manera similar a com s'està començant a fer amb l'aigua.

Referències

- ADRIAANSE, A.; BRINGEZU, S.; HAMMOND, A.; MORIGUCHI, Y.; RODENBURG, E.; ROGICH, D.; SCHUTZ, H. (1997). *Resource Flows: The Material Basis of Industrial Economies*. Washington, D.C.: World Resources Institute (WRI).
- AYRES, R.U.; SIMONIS, U., (eds) (1994). *Industrial Metabolism: Restructuring for Sustainable Development*. Tokyo: United Nations University Press.
- CLEVELAND, C.J.; COSTANZA, R.; HALL, C.A.S.; KAUFMANN, R. (1984). "Energy and the U.S. economy: a biophysical perspective", *Science*, 225: 890-897.
- DUCHIN, F. (1998). *Structural Economics: Measuring Change in Technology, Lifestyles, and the Environment*. Washington DC: Covelo CA: The United Nations University, Island Press.
- EUROSTAT (2007). *Data in Focus*, extret el 14 de Febrer de 2007.
http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page?_pageid=1090,30070682,1090_33076576&_dad=portal&_schema=PORTAL.
- FALCONI-BENITEZ, F. (2001). "Integrated assessment of the recent economic history of Ecuador". *Population and Environment*, 22 (3): 257-280.
- FISCHER-KOWALSKI, M (1997). "Society's metabolism: on the childhood and adolescence of a rising conceptual star". A: REDCLIFT, M.; WOODGATE, G. (eds.): *The International Handbook of Environmental Sociology*. Cheltenham: Edward Elgar.
- FISCHER-KOWALSKI, M. (1998). "Metabolism: The Intellectual History of Material Flow Analysis Part I, 1860-1970". *Journal of Industrial Ecology* 2(1): 61-78.
- GENERALITAT DE CATALUNYA (2006). Pla de l'energia de Catalunya 2006-2016. Pla Estratègic. Barcelona: Departament de Treball i Indústria.
- GIAMPIETRO M. (2003). *Multi-Scale Integrated Analysis of Agro-ecosystems*. CRC Press, Boca Raton, 472 pp.
- HALL, C.A.S.; CLEVELAND, C.J.; KAUFMAN, R. (1986). *Energy and Resource Quality*. Nova York: John Wiley & Sons.
- ICAEN (2006). *Balanços d'Energia Primària 1990-2005*. Barcelona: Institut Català de l'Energia. (Mimeo).
- MARTINEZ-ALIER, J. (1987). *Ecological Economics: Economics, Environment and Society*. Oxford: Basil Blackwell, 286 p.
- MATTHEWS, E.; AMANN, C.; BRINGEZU, S.; FISCHERKOWALSKI, M.; HUTTLER, W.; KLEIJN, R.; MORIGUCHI, Y.; OTTKE, C.; RODENBURG, E.; ROGICH, D. (2000). *The Weight of Nations: Material Outflows from Industrial Economies*. Washington, DC: World Resource Institute.
- RAMOS-MARTIN, J. (2001). "Historical analysis of energy intensity of Spain: From a "conventional view" to an "integrated assessment"". *Population and Environment* 22 (3). p. 281-313.
- RAMOS-MARTIN, J. (2003). "Intensidad energética de la economía española: una perspectiva integrada", *Revista de Economía Industrial*. Núm. 351(III). p. 59-72.
- RAMOS-MARTIN, J.; GIAMPIETRO, M.; MAYUMI, K. (2007): "On China's exosomatic energy metabolism: an application of multi-scale integrated analysis of societal metabolism (MSIASM)". *Ecological Economics*, Vol. 63(1): 174-191
- SCHANDL, H.; GRÜNBÜHEL, C.M.; HABERL, H.; WEISZ, H. (2002). *A handbook on methodologies to describe the physical dimension of socio-economic activities with respect to environmental change – Accounting for Society's Metabolism and Appropriation of Net Primary Production*. Mimeo. Viena: IFF – Department Social Ecology.

9. Conclusions i recomanacions

Jesús Ramos Martín i Sílvia Cañellas Boltà

Jesús Ramos Martín, doctor en Ciències Ambientals per la UAB, és un economista ecològic amb experiència en el camp del desenvolupament econòmic i l'evolució dels sistemes econòmics des d'un punt de vista biofísic, aplicant conceptes de la termodinàmica i de la teoria de sistemes complexos. Té experiència en l'estudi del metabolisme social i l'avaluació ambiental integrada. Actualment és professor lector del Departament d'Economia i d'Història Econòmica de la UAB. Ha estat, a més, investigador i professor a la Universitat de Klagenfurt (Àustria), i a l'INRAN italià, i professor d'Economia Ecològica a la FLACSO a la seva seu a Quito. És membre del Comitè Organitzador del Congrés Iberoamericà de Desenvolupament i Medi Ambient que se celebra cada dos anys, i de l'equip editor de la *Revista Iberoamericana d'Economia Ecològica*.

A/e: jesus.ramos@uab.cat

Sílvia Cañellas Boltà és llicenciada i màster en Ciències Ambientals per la UAB. Ha participat en diversos projectes de recerca sobre polítiques ambientals i gestió ambiental a la UAB i a la Universitat de Bergen. Ha treballat com a consultora per a diverses administracions, i actualment treballa al Consell Assessor per al Desenvolupament Sostenible (CADS).

A/e: scanellas@gencat.cat

Capítol 9. Conclusions i recomanacions

- 9.1. Conclusions sobre el sistema energètic català
 - 9.1.1. Augment de la demanda d'energia
 - 9.1.2. Dependència dels combustibles fòssils
 - 9.1.3. Dependència de l'exterior
 - 9.1.4. Contribució de les energies renovables
 - 9.1.5. Impactes ambientals del sistema energètic català
 - 9.1.6. Model de generació i distribució
 - 9.1.7. El futur tancament de les centrals nuclears
 - 9.1.8. Propostes
- 9.2. Conclusions sobre l'ús de l'energia a l'economia catalana
 - 9.2.1. Resultats dels indicadors MSIASM i el seu significat
 - 9.2.2. Anàlisi de la situació per sectors d'activitat
 - 9.2.3. Comparació de la situació de Catalunya amb la resta de l'Estat, la Unió Europea i altres països
 - 9.2.4. Polítiques que poden tenir influència en aquest àmbit
- 9.3. Identificació de punts clau
 - 9.3.1. Principals vulnerabilitats
 - 9.3.2. Principals oportunitats per a Catalunya
 - 9.3.3. Apunt metodològic

Aquest capítol pretén resumir les principals conclusions assolides per l'estudi AMEEC i presentades en aquesta publicació. No es fa de manera sistemàtica resumint els continguts de cada capítol, sino més aviat s'agrupen les diferents conclusions en tres grups. El primer ens parla del sistema energètic català, tot aportant propostes d'actuació. El segon ens mostra les conclusions quant a l'ús de l'energia que es fa a Catalunya, també per sectors. El tercer, per la seva banda, identifica els punts clau que cal tenir en compte així com les debilitats i potencialitats per a Catalunya.

9.1. Conclusions sobre el sistema energètic català

9.1.1. 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 augmentar en els darrers anys, que sembla que continuarà en un futur immediat, i que afecta tots els vectors energètics (exceptuant-ne el carbó). Les dades presentades al capítol 2 mostren que 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-ne el carbó, on s'ha reduït), però sobretot ha augmentat en el cas del gas natural (que creix un 287 %, multiplicant per quatre el consum de 1990) i els productes petrolers (que creixen un 57 %). Durant aquests 15 anys el PIB ha crescut menys (figura 93), 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/h. el 1990 a 3,84 ktep/h. 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 93, 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.

El consum final d'energia és l'energia ja transformada que consumeixen els diferents sectors d'activitat i 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. A la secció 9.2 es presenten els principals resultats sobre el consum d'energia a cada sector econòmic i al domèstic, però cal dir que un dels sectors en què 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 altres factors).

Com hem vist, les tendències d'augment del consum són molt potents, de manera que la moderació del consum haurà de ser un dels objectius de la política energètica, i alhora serà un dels principals reptes, per la dificultat que

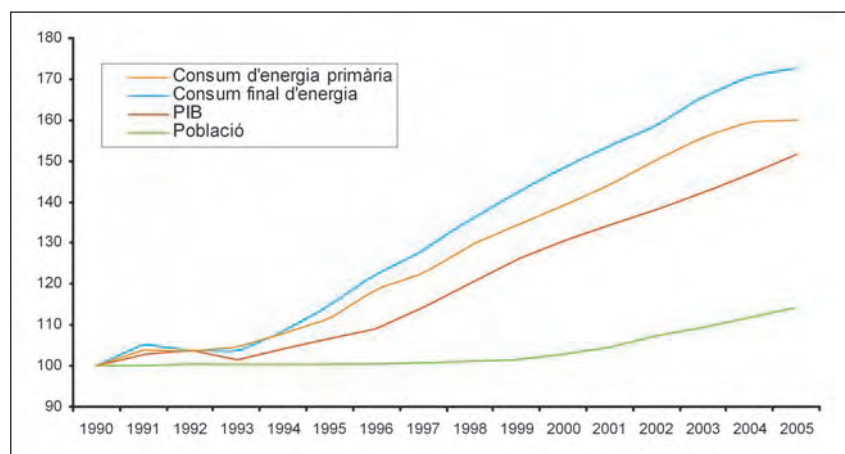


Figura 93. Creixement del consum d'energia primària, energia final, PIB i població a Catalunya, entre 1990 i 2005 (nivell 1990=100)

Font: elaboració pròpia.

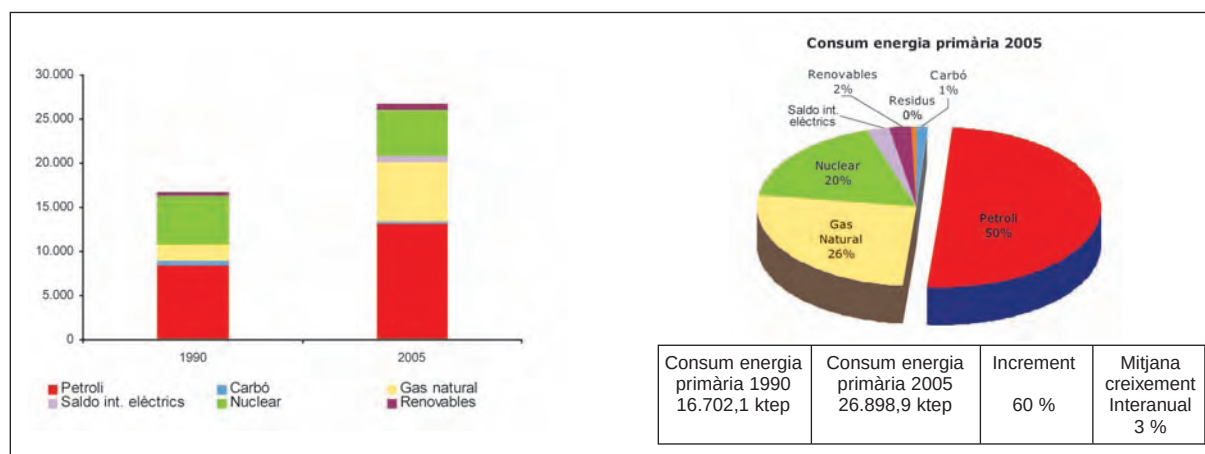


Fig. 94. Increment del consum d'energia primària entre 1990 i 2005, i contribució de cada vector

Font: elaboració pròpia a partir dels balanços energètics de l'ICAEN.

comporta trencar aquestes tendències. Això només es pot aconseguir amb la interrelació de la política energètica amb altres polítiques territorials i econòmiques, com s'anirà veient al llarg de les conclusions. Més endavant parlarem dels sectors responsables dels augments del consums i de les possibles mesures que es poden prendre.

El creixement superior del consum final d'energia respecte del consum d'energia primària s'explica per una certa millora en l'eficiència del sistema energètic. Ara bé, aquesta millora es deu en part al fet que el sector elèctric ha guanyat en eficiència en la transformació energètica d'energia primària a energia final (electricitat) per la substitució de fueloil i carbó per gas natural, però també en part al fet que 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.

9.1.2. 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.

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 94). 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, i ha passat 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 va 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 del que pugui passar en l'àmbit 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 quins 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.

9.1.2.1. On s'utilitzen 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 neces-

sitats estructurals¹ 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 adreçat a un sector econòmic molt important a Catalunya, es dedica a generar valor afegit i no hi ha substituïts.

D'altra banda, és molt important remarcar que el 45 % del petroli es consumeix en forma de carburants per al transport (vegeu la figura 95). Al contrari que l'anterior aquest es pot qualificar com un mal aprofitament dels productes petrolers, 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 petrolers al transport és difícil de canviar, en primer lloc perquè els productes petrolers usats en el transport tenen una difícil substitució, almenys 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.

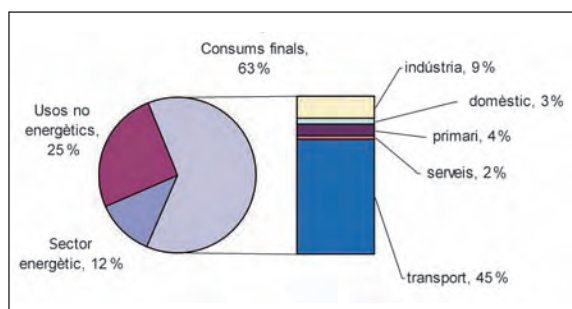


Fig. 95. Consums de productes petrolers per sectors, any 2005
Font: elaboració pròpia a partir dels balanços energètics d'ICAEN.

Per tant, per 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 al 3 % del transport de mercaderies i 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).

Dins els usos *estructurals* del petroli a Catalunya hauríem d'incloure també els consums propis a les refineries (gas de refinaria), que signifiquen la part més important del consum del sector energètic. A la generació d'electricitat només es dedica una fracció molt petita, menys del 2 % els darrers tres anys. Actualment ja només queden dues centrals tèrmiques que funcionen amb fueloil/fuel-gas (Besòs i Cubelles).

Pel que fa al gas natural, cal remarcar que està assolint 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 als serveis.

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

9.1.3. 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 urani importat com a combustible). L'autoabastament energètic és, doncs, del voltant del 4 % i correspon principalment a la producció d'energies renovables.

1. Anomenar-los usos estructurals no vol dir que no es puguin canviar, sinó que la seva modificació requereix mesures també estructurals.

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-hi la nuclear, és del 21,1 % (Ministeri d'Indústria, Turisme i Comerç, 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 escala global que pugui afectar el petroli i el gas natural: augment dels preus, increments de la demanda, estimació de les reserves, inestabilitat dels països productors, etc. Els riscos que indiquen 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 comportar un problema en l'abastament energètic a mitjà i llarg terminis 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 dels països de l'antiga Unió Soviètica. 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 que el consum de petroli a escala mundial no pot continuar creixent de manera indefinida a mitjà 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 exhaustible. 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). També és important la diversificació en les formes de gas importades (cada cop

s'està important més gas natural líquid), 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 exhaustible, 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 mitjà 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 de situacions d'inestabilitat política o econòmica a Catalunya o a escala global.

Com a mesures que s'han d'emprendre cal dir que a curt termini caldria diversificar encara més l'origen de les importacions, mentre que a mitjà i llarg terminis s'haurien de reduir les importacions d'energia. Només es podran reduir les importacions si la demanda d'energia disminueix, i si s'utilitzen fonts d'energia pròpies. Per tant, cal recórrer a les fonts energètiques autòctones, que a Catalunya són les fonts renovables, sobretot l'energia solar, eòlica i la hidràulica, que ja s'utilitza en gran mesura. També cal aprofitar la biomassa, però s'han de tenir en compte els límits territorials i els que imposen les condicions climàtiques mediterrànies per proveir biomassa llenyosa o cultius energètics.

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 en què hi pot haver escassetat relativa de petroli, a causa de problemes d'abastament o pels alts preus, és possible que es prioritzï l'ús de petroli en les activitats en què aporta un major valor afegit, i en què és insubstituïble a hores d'ara, com són la indústria química i subsectors. Això farà que calgui cercar alternatives per a la resta d'usos.

En el camp del transport una de les solucions que es proposa és l'ús de biocombustibles. Com que la producció de biomassa utilitzable a Catalunya és limitada, part de la matèria primera necessària s'haurà d'importar d'altres

països, de forma que es diversifica l'origen de l'energia primària, però no es resol el problema de dependència externa de les fonts d'energia (a banda d'altres impactes, ambientals i socials, als països exportadors). Les conclusions de l'estudi sobre aquesta temàtica es presenten a l'apartat següent.

9.1.4. Contribució de les energies renovables

La contribució actual de les energies renovables és molt petita; per tant, s'han d'analitzar les barreres que hi ha 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 tan 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 Europea²). 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 %.

Com s'observa a la figura 96, el model de generació d'electricitat encara depèn totalment de fonts d'energia exhauribles. Un veritable canvi de model que reduís la dependència i els impactes ambientals del sistema energètic hauria d'implacar canvis profunds, que permetessin un increment molt espectacular de la generació a partir de fonts renovables. Un cop més remarcuem 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.

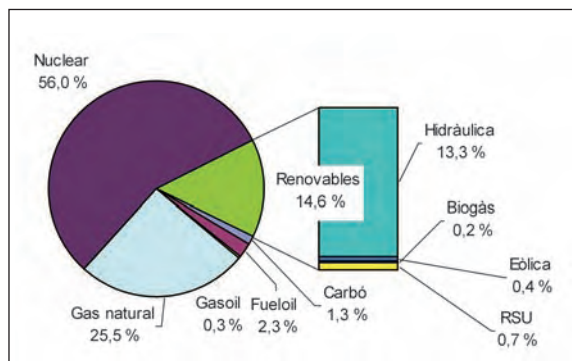


Fig. 96. Distribució de la generació d'electricitat a Catalunya segons la font per a l'any 2003

Font: elaboració pròpia a partir del Pla de l'energia.

La planificació energètica a tots els àmbits (catalana, espanyola i també europea) planteja un conjunt de mesures per incentivar les energies renovables, però sembla que no estan sent suficients.

L'eòlica 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'eòlica va participar l'any 2005 amb un 7,2 % de la generació d'electricitat, segons dades de Ministeri d'Indústria, Turisme i Comerç, 2006). De l'eòlica cal remarcar que està trobant moltes reticències de la població local per a la implantació de nous parcs, sobretot en aquelles zones del territori català on la densitat de generadors eòlics és més gran, com ara la Terra Alta i comarques veïnes. Caldria revisar els procediments d'autorització de manera que es tinguin en compte criteris socials i es facin els estudis ambientals necessaris en el moment de seleccionar-les. També caldria evitar la fragmentació en diferents projectes tècnics de parcs de pocs generadors, que sobre el territori constitueixen una mateixa unitat.

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 en què 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 deu anys, arribant a 3.500 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 escala europea (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 relatiu a la resta de fonts, i de les polítiques d'incentius que es duguin a terme.

Per promoure les renovables caldria emprendre accions decidides de suport al sector. Entre altres, es proposa ana-

2. State of Renewable Energies in Europe – 2006. EurObserv'ER. http://ec.europa.eu/energy/res/index_en.htm.

litzar les barreres al desenvolupament de cadascuna de les tecnologies a Catalunya (per exemple, dificultats tècniques, manca de formació, tecnologia disponible). També caldrà observar els efectes que tindran els canvis en el sistema retributiu a les energies renovables en el règim especial elèctric, sobre el desenvolupament de les renovables a Catalunya. Finalment, cal més recerca i desenvolupament i suport a la innovació en tecnologies d'energies renovables.

L'energia solar, tant tèrmica com fotovoltaica, té un potencial enorme a Catalunya, però la indústria s'hi està desenvolupant a poc a poc. Cal invertir per augmentar la capacitat de producció de col·lectors solars, i millorar la productivitat i la competitivitat. La innovació s'ha de dirigir a reduir costos, però també a fomentar altres aplicacions com ara la refrigeració per absorció i la dessalinització. Les dificultats principals són econòmiques, l'eficiència en la conversió de l'energia i el cost de les instal·lacions.

Els aprofitaments solars són molt petits encara en termes d'energia primària, però són importants per la provisió de serveis energètics, perquè substitueixen o eviten consums d'electricitat o combustibles fòssils i perquè permeten l'accés a l'energia allà on no arriba la xarxa. De fet, signifiquen un primer pas cap a una generació distribuïda pel territori. En aquest sentit cal impulsar l'aplicació del *decret d'ecoeficiència en l'edificació* i el *codi tècnic de l'edificació*. Aquestes mesures poden tenir un impacte important en la contenció de la demanda d'electricitat a les llars, però han d'anar acompanyades d'altres mesures d'estalvi i de la contenció de la demanda.

9.1.4.1. 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 se centren en el biodièsel. L'objectiu és que el 18 % del consum energètic de gasoils provingui 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 caldrien 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 CO₂ 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 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 no s'haurien 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, ser negatiu. Novament la conclusió és que cal centrar els esforços a reduir la demanda de carburants per al transport.

9.1.5. 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 CO₂. 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, per als quals no hi ha encara una solució a llarg termini. Actualment s'està buscant un emplaçament temporal per a un magatzem centralitzat en l'àmbit espanyol de residus d'alta activitat. La gestió de residus nuclears és molt costosa, i a més a més continuarà generant despeses durant 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 mitjà i llarg terminis per afrontar el tancament progressiu de les centrals nuclears. S'hauria de preveure 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 se n'avança el 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 CO₂ respecte de 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 determinar quines fonts energètiques es consumeixen, ja que tenen repercussió diferent en termes d'emissions. Al capítol 6 s'ha analitzat l'evolució de les emissions de CO₂ a Catalunya i s'observa que la major part de l'increment 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 CO₂ 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 CO₂, però com es mostra al capítol 6 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 alhora es redueix proporcionalment la nuclear. A més a més, les emissions del transport també segueixen augmentant. Com a conseqüència, l'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.

9.1.6. 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 del 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 amb vista 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 fomentar-ne l'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 les 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 també permet 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 condicionada 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 complexa. 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 a aplicacions tèrmiques (calefacció i escalfament d'aigua sanitària) en lloc 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 quals l'aprofitament principal sigui la biomassa i el gas natural hi doni suport.

9.1.7. 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 durant les properes dècades. El Pla de l'energia proposa un calendari de tancament progressiu de les tres centrals, els anys 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 mitjà i llarg terminis.

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 cobrir el subministrament d'electricitat que deixarem de rebre de les centrals és la importació de França. A mitjà termini, però, significaria mantenir uns nivells molt elevats de dependència externa (i, a més, cal recordar que l'electricitat també tindria 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 cicle combinat que utilitzen com a font el gas natural. El Pla de l'energia preveu que caldrien deu centrals de cicle combinat noves per substituir les centrals nuclears.

Aquesta darrera solució, a més d'empitjorar les emissions de CO₂ 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 també cal introduir mesures que millorin l'eficiència en la utilització de l'energia, acompanyades d'un canvi en l'estructura productiva del país cap a sectors menys intensius en energia o reduir directament el consum d'energia limitant algunes activitats.

9.1.8. Propostes

Un cop s'ha deixat clara la diagnosi del sistema energètic català, en aquest apartat es recullen algunes de les línies d'actuació que es proposen per afrontar les problemàtiques detectades, algunes de les quals ja s'han mencionat al llarg del text.

■ Contenció i reducció de la demanda d'energia

El primer grup de propostes va dirigit a la contenció de la demanda d'energia. Un dels reptes més importants que haurem d'afrontar durant els propers anys és l'important creixement de la demanda d'energia, tant de combustibles per al transport com d'energia elèctrica, de manera que per començar cal incidir en la necessitat de frenar el ritme de creixement i fins i tot tendir a reduir la demanda d'energia.

En aquest sentit una de les qüestions principals que s'ha d'abordar és la contenció i també la reducció de la demanda de combustibles per al transport, que significa el 45 % de tot el consum de productes petrolers a Catalunya. Aquest és un aspecte clau ja que és un dels usos més ineficients dels productes petrolífers. Les mesures que es poden prendre afecten diverses polítiques, com ara les polítiques de gestió de mobilitat, i les infraestructures de transport. També hi estan relacionades les polítiques de planificació territorial, que configuren les necessitats de desplaçaments diaris, etc. Algunes de les propostes són:

- Promoció del transport públic, garantint que ofereixi un bon servei a la major part del territori.
- Prioritzar el transport amb ferrocarril per davant de la carretera.
- En el transport de mercaderies s'han de promoure canvis amb la finalitat de fer molt més eficient aquest transport, i promoure el transport de mercaderies per ferrocarril, en els grans corredors de transport, com és des del sud de Catalunya fins a la frontera francesa (enllaçant amb el que ja existeix, que va de Perpinyà a Luxemburg), connexió del port i l'aeroport amb ferrocarril, així com els grans centres industrials. Assolir un major grau d'integració amb el transport per carretera.
- Reduir les necessitats de mobilitat, mitjançant polítiques territorials i urbanístiques: ciutat compactada, barreja d'usos, és a dir, evitar la creació de zones

d'oci allunyades de les zones residencials o de centres de treball aïllats, etc.

D'altra banda, cal actuar també per arribar a la contenció de la demanda d'electricitat i de combustible al sector domèstic. En aquest sentit, l'increment del nombre d'habitatges vivendes dels darrers anys, i les noves formes de vida, que requereixen electrodomèstics per a qualsevol necessitat, a vegades supèrflua, fa que sigui un factor de creixement i de fixació dels consums d'electricitat. També és un dels factors responsable dels pics de consum elèctric de l'estiu i l'hivern, segons les condicions meteorològiques, que demana que el sistema energètic estigui preparat per a consums alts.

En aquest àmbit calen polítiques d'estalvi i eficiència, promoure alternatives als electrodomèstics i frenar l'expansió urbanística. Cal aplicar el codi tècnic de l'edificació, el decret d'ecoeficiència als edificis i les ordenances solars municipals.

Pel que fa a la demanda d'electricitat i combustible als serveis, equipaments i edificis d'oficines, etc., cal promoure les energies renovables, on tenen un gran potencial, així com mesures de gestió de la demanda com 50-50 i reciclatge d'inversions.

■ Major grau d'autoabastament, reducció de la dependència del petroli

Un segon aspecte en què cal actuar és la dependència del petroli. Una de les mesures a curt termini és diversificar l'origen de les importacions, però l'única resposta a mitjà termini és la reducció de les importacions de petroli i, per tant, la reducció de les necessitats de petroli a la societat catalana. En aquest sentit és aplicable el que s'ha dit anteriorment del transport. També s'ha d'analitzar els consums de petroli en altres sectors, que han d'afrontar un horitzó de pujada de preus del petroli, i a la possibilitat que hi hagi escassetat relativa. El consum de petroli és molt important per al sector industrial català, ja que és la base d'una indústria petroquímica de nivell europeu, amb una important contribució en la generació de valor afegit industrial. Així, per garantir la competitivitat caldrà cercar la màxima eficiència en els consums de petroli a la indústria. Per contra, s'haurà de procurar buscar alternatives als consums de petroli que són més ineficients en termes energètics i en termes de valor afegit, i el transport n'és un. Un altre pot ser en l'ús de derivats del petroli per a generar electricitat, que ara ja és molt poc, i l'ús energètic en el sector industrial (ús de coc de petroli a les cimenteres que, a més a més, és un dels principals emissors de gasos amb efecte d'hivernacle). També caldria promoure el canvi de combustible de gasoil per a calefacció cap a combustibles no fòssils (biomassa) o més eficients (gas natural).

Pel que fa al gas natural, tot i que la transició que està fent el sistema energètic català cap a un major ús de gas natural en centrals de cicle combinat és molt positiu en alguns aspectes, cal també fer un toc d'atenció ja que en un termini curt de temps pot tenir les mateixes problemàtiques que el petroli. De fet, la tendència actual en els preus ja és creixent, i les importacions a l'Estat espanyol són encara poc diversificades. El gas natural és exhaurible i la seva demanda augmenta a escala mundial, de manera que a llarg termini no és bo que el sistema energètic català es basi en aquesta font.

■ Promoció de les energies renovables

Com s'ha anat dient, la línia que cal seguir per tenir un sistema energètic més segur i més *sostenible* és la promoció de les energies renovables, de manera que acabin sent la base de la generació d'electricitat i la provisió d'energia. En aquest sentit és molt important que Catalunya es prengui seriosament aquesta necessitat i que s'avalui per què no hi ha hagut al territori català l'expansió que sí que s'ha produït en altres zones de l'Estat espanyol. Tot i que el PEC preveu una expansió relativament important (encara no s'arriben als objectius espanyols i europeus), ja s'està molt lluny de les previsions, de manera que segurament no es podran assolir. Per tant, es proposa que cal analitzar les barreres i les dificultats que hi ha a Catalunya, i que cal fer una política catalana dirigida a la promoció de les energies renovables, a banda de les actuals polítiques estatals (centrades en les primes a la generació en règim especial de generació elèctrica).

Les energies renovables també comporten millores ambientals, econòmiques i socials. En primer lloc, l'aprofitament d'aquestes fonts energètiques no produeix emissions de CO₂ durant l'activitat de generació d'energia elèctrica, i, a més a més, generen una major ocupació que les centrals convencionals. Un altre dels clars avantatges és que la disponibilitat del recurs més o menys continu garanteix el subministrament i el seu cost de manera estable.

L'eòlica, que és la que es preveia que aportaria més electricitat en els propers anys, està tenint molta conflictivitat, i per no mantenir aquesta situació s'han d'analitzar les causes i determinar si els procediments administratius per aprovar les instal·lacions són els adequats.

D'altra banda, com hem vist, s'ha d'evitar caure en paranys de solucions senzilles als problemes, com els biocombustibles. Per raons energètiques, ambientals i també per justícia en les relacions nord-sud, els biocombustibles procedents de cultius energètics de països en desenvolupament no són una bona opció. Cal promoure

biocombustibles que provenguin del reciclatge i l'aprofitament de residus (com el biodièsel procedent d'olis reciclats, restes de processos agroindustrials), i cercar la manera d'ampliar aquests aprofitaments. Però no s'ha d'optar per promoure la importació de matèries primeres per a la fabricació de biocombustibles per al transport.

■ Canvis en el model energètic

Així doncs, s'ha vist que el model energètic ha d'afrontar canvis (esgotament dels recursos fòssils, tancament de les nuclears, augment de la contribució de les renovables). Perquè sigui possible cal que la xarxa de distribució estigui preparada, és a dir, que el model sigui flexible per adaptar-se als canvis.

La línia és anar cap a la cogeneració d'alta eficiència (incloent-hi la trigeneració); la contenció de la demanda d'electricitat, l'augment de la generació distribuïda, amb energies renovables i tecnologies eficients. Com ja s'ha dit, una manera d'aprofitar millor els recursos energètics és establir sistemes de cogeneració i trigeneració en l'àmbit urbà (calefacció de districte) i en l'àmbit industrial.

D'altra banda, cal estar preparats per al tancament de les centrals nuclears, que arribarà tard o d'hora i, per tant, cal que se substitueixi progressivament la generació d'electricitat amb energies renovables, i no seguir augmentant la necessitat de noves centrals de cicle combinat.

■ Promoció de la recerca i el desenvolupament en energies renovables i eficiència energètica, i suport a la innovació

És important remarcar la necessitat de promoure molt més la recerca i el desenvolupament en temes energètics a fi que Catalunya pugui desenvolupar tecnologia pròpia en el camp de les energies renovables i les mesures d'estalvi i eficiència que necessita. Això ha d'implicar tant l'Administració, les universitats i els centres de recerca, com el sector empresarial.

Els àmbits d'actuació en què es podria treballar en recerca i desenvolupament en matèria energètica són molt variats: energies renovables (solar termoelectrica, aprofitament de la biomassa forestal, eòlica); aplicacions de l'energia renovable en els edificis; aprofitament dels residus; eficiència energètica en la construcció, arquitectura bioclimàtica; eficiència en els electrodomèstics; millores de la logística de mercaderies aprofitant el ferrocarril; etc. Un camp important de treball podria ser la realització de diverses experiències pilot, per exemple, la instal·lació de centrals termosolars i de centrals de cogeneració, i trigeneració (calor, fred i electricitat)³, per al submis-

3. Alguns exemples de trigeneració: http://mediambient.gencat.net/Images/43_49432.pdf.
http://www.guascor.com/caste/productos_y_servicios/motores_marinos_indus/plantas_coge_trige/cont_plantas_coge_trige.htm_.

trament de noves àrees d'urbanització (residencial, comercial) i també especialment en el desenvolupament de noves àrees industrials.

■ Vinculació de polítiques de canvi climàtic i energia

És evident la importància que té el sistema energètic amb vista a les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle; per tant, és important que les polítiques energètiques estiguin vinculades a les polítiques de reducció de les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle. Els objectius són els mateixos: reducció de les necessitats de consum d'energia, canvi a usos més eficients i canvi a fonts d'energia renovables que no emetin gasos amb efecte d'hivernacle.

■ Millora del marc institucional de la gestió energètica

Amb la finalitat d'impulsar el seguit de mesures i línies polítiques que requereix un canvi real en el sistema energètic català, cal que Catalunya disposi d'un marc institucional fort en relació amb l'energia. En aquest sentit, un pas endavant molt important podria ser la creació de l'Agència de l'Energia de Catalunya, que es recull en el Pla de l'energia però que no s'ha dut a terme. Caldria dotar aquesta agència dels recursos necessaris, i que treballés conjuntament amb les agències locals d'energia que ja existeixen i es vagin creant.

Malgrat això, com s'ha vist a les mesures proposades fins ara, els objectius de la política energètica no es poden assolir només amb polítiques energètiques, sinó que cal que s'integri en altres polítiques, com el conjunt de polítiques ambientals, la d'infraestructures, la planificació territorial, l'urbanisme, la política industrial, el canvi climàtic, etc. Per tant, aquesta Agència de l'Energia no hauria de funcionar de manera independent sinó que caldria establir forts lligams d'interrelació i de gestió transversal amb els departaments de la Generalitat de Catalunya que tenen competències en aquests àmbits.

D'altra banda, la millora de la gestió pública de l'àmbit de l'energia ha d'anar acompanyada també d'una millora de la informació energètica disponible. La publicació dels balanços energètics de Catalunya amb periodicitat anual, així com informes de la situació energètica general i dels avenços de les energies renovables en particular, entre altres, són un aspecte clau per promoure i millorar la recerca acadèmica a Catalunya en temàtiques energètiques.

9.2. Conclusions sobre l'ús de l'energia a l'economia catalana

Un cop resumides les conclusions principals de l'estudi en relació amb el sistema energètic català, aquesta secció presenta els resultats més destacats sobre com s'utilitza

l'energia a l'economia catalana. La principal metodologia que s'utilitza és l'anomenada MSIASM, és a dir, anàlisi integrada multiescala del metabolisme social (Giampietro, 2003). Amb aquesta metodologia hem trobat una sèrie de coeficients tècnics, entre els quals destaquen l'energia emprada per hora de treball i el valor afegit generat per unitat d'energia, que ens han permès caracteritzar la situació de Catalunya en els seus diversos sectors i comparar-la amb les economies de l'entorn. Aquesta metodologia té l'avantatge de barrejar informació de caire econòmic (com la generació de valor afegit), biofísic (com el consum d'energia) i demogràfic (com les hores disponibles per a cada activitat). Els resultats s'han completat amb les dades obtingudes aplicant altres metodologies, com les taules *input-output*, la descomposició de factors i l'anàlisi de fluxos materials.

9.2.1. Resultats dels indicadors MSIASM i el seu significat

El primer resultat que hem trobat és que el **model de creixement** que ha mantingut Catalunya des de l'any 1990 **depèn fortament del consum d'energia**. L'evolució del producte interior brut (PIB) s'ha produït de manera simultània a l'augment de la demanda d'energia primària, amb una correlació del 98 %. Això és preocupant ja que aquesta tendència sembla que es mantindrà en un futur immediat.

Així, en el període analitzat, el PIB ha crescut un 2,64 % interanual, i l'any 2005 ha arribat als 21.000 €/h, un nivell molt similar a la mitjana de la UE-15. Quant al *consum d'energia primària*, Catalunya ha augmentat el seu consum un 60 % globalment en 15 anys, i ha passat de 699 PJ a 1.120 PJ entre 1990 i 2005. Això significa un ritme de creixement interanual mitjà d'un 3 % anual. Aquest consum ha provocat que *les emissions de CO₂ equivalent* també pugin un 60 % en el període analitzat, molt per sobre de l'augment del 50 % de l'Estat espanyol.

Atès que, com hem vist, el consum energètic creix a un ritme superior al del PIB (un 3 % respecte d'un 2,6 %), la *intensitat energètica* de Catalunya ha augmentat al llarg del període, ja que ha passat dels 7,2 als 7,6 MJ/€ el 2005. Això vol dir que **l'economia ha esdevingut menys eficient en l'ús de l'energia per a la generació de valor afegit**. Aquest empitjorament de la intensitat és un dels factors, juntament amb el creixement de la població, que explica l'evolució de les emissions de CO₂. El mateix podem dir per als *fluxos de materials* de Catalunya entre l'any 1990 i 2004, en què el consum de materials ha augmentat en un 56 %, i ha passat de 11,8 a 16,9 tones per habitant i any. Aquesta evolució ha fet que la *intensitat d'emissions* de CO₂ del PIB també hagi empitjorat en el període analitzat, i hagin passat de 305 tones de CO₂ per milió d'euros l'any 1990 a 331 l'any 2005.

Un altre resultat que cal destacar és que durant el període considerat no s'han produït grans canvis estructurals a l'economia catalana, de manera que l'augment en el consum d'energia ha servit per absorbir la nova població entrant i dotar-la de les infraestructures i els mitjans de treball necessaris per desenvolupar les seves activitats, però no per produir un canvi estructural en el sector productiu cap a activitats menys intensives en recursos i més generadores de valor afegit. Sí que és cert que els serveis han crescut i que aporten ja un 64 % del PIB, la indústria un 34,4 % (la construcció el 8,4 %) i l'agricultura un 1,6 %. D'alguna manera, Catalunya sembla que està especialitzant-se en activitats que generen poc valor afegit i que requereixen poca formació (com el comerç). Aquest fet permet a l'economia absorbir la població nova, però la manca d'innovació i d'inversió en tecnologia fan que la productivitat del treball se'n ressentixi i, per tant, que la nostra competitivitat caigui.

Parlant de **població**, Catalunya ha passat de 6 a 7 milions d'habitants. Això significa un augment en el temps disponible per al conjunt d'activitats que realitza la societat. El temps disponible de la societat catalana es dedica en un 90 % a activitats no remunerades (població dependent i oci), i només una fracció relativament petita s'utilitza per a activitats generadores de valor afegit (HA_{PW}): un 9,5 % l'any 2005. La divisió d'aquesta fracció del temps entre els diferents sectors econòmics segueix la seva participació relativa al PIB, amb un creixement dels serveis i una caiguda tant de la indústria com del sector primari.

La **productivitat del treball** (ELP) indica quants euros es generen per hora de treball. Com hem dit abans, aquesta **no ha evolucionat de manera satisfactòria**. La productivitat dels serveis es troba lleugerament per sobre de la de la indústria durant gairebé tot el període, però totes dues se situen entre els 20 i els 25 €/hora treballada, acostant-se a la baixa els darrers anys. La productivitat del sector primari és molt inferior, i es mou entre 10 i 15 €/hora. En conjunt, la productivitat del treball no ha crescut durant el període, **cosa que significa una pèrdua clara de competitivitat de l'economia molt preocupant**.

També hem analitzat de quina manera la societat dedica el consum d'energia a les diverses activitats, el que anomenem la *taxa de metabolisme exosomàtic*. El primer que cal destacar és que hi ha diferències enormes amb relació al consum d'energia per hora de treball entre activitats econòmiques, que l'any 2005 és de 333 MJ/h a la indústria (incloent-hi construcció i sector energètic), 178 MJ/h a l'agricultura, 75 MJ/h als serveis, i 2,80 MJ/h al sector domèstic (o més ben dit, al temps no dedicat a treball remunerat).

Per al conjunt d'activitats productives, aquesta taxa ha crescut molt poc, i ha passat de 159 MJ/h l'any 1990 a

167 MJ/h l'any 2005. Aquest estancament explica en part l'evolució negativa de la productivitat del treball. **Si l'estancament continua en un futur, comportarà una disminució de la productivitat del treball (ELP), i la competitivitat de la producció catalana baixarà encara més**. Una possible interpretació d'aquest estancament pot ser el poc dinamisme que als darrers anys han tingut les inversions productives, ja que la major part del creixement econòmic s'ha produït gràcies a la construcció i al consum intern.

Un altre resultat interessant ha estat la constatació que el creixement que Catalunya està experimentant al llarg del temps l'està convertint en una economia cada cop més ineficient en l'ús tant de l'energia com dels materials. La **productivitat econòmica del consum d'energia** (ELP/EMR_e), que permet veure el grau d'eficiència en la conversió de l'energia dels diferents sectors, **ha empitjorat amb el temps, i cada cop necessitem més energia per produir una unitat de valor afegit**. El comportament entre sectors és molt divers, la **indústria** (63 €/GJ l'any 2005) **genera menys valor afegit per unitat d'energia que l'agricultura** (74 €/GJ l'any 2005) i sobta també que la diferència amb els serveis (292 €/GJ l'any 2005) sigui tan alta. El cas del consum de materials és molt similar. Així, mentre que l'any 1990 el consum d'una tona de materials generava 1.021 € de PIB, l'any 2004 únicament en va generar 912 €.

Aquest fet, molt negatiu, implica que **el creixement futur tindrà cada vegada més impacte ambiental**, ja sigui a Catalunya, o als països origen de l'energia i materials consumits. Atès que en ambdós casos hem vist un augment de la dependència exterior, aquest fenomen té repercussions també sobre variables econòmiques com la balança comercial, que empitjora contínuament, i com a conseqüència, la competitivitat de la nostra economia. Així doncs, tant per motius ambientals com econòmics, **s'evidencia la necessitat de canviar de model de creixement**.

L'estudi també ha presentat els resultats quant al consum final d'energia aplicant la descomposició de factors, que ha mostrat que aquesta també ha crescut per sobre del PIB. Els augments relatius més importants es produeixen en el sector serveis, domèstic i en el transport; és aquesta darrera activitat (que inclou el transport privat i el comercial) la que experimenta un major augment en termes absoluts fins a arribar a representar un consum final d'energia superior fins i tot al del sector industrial.

Aquesta part de l'anàlisi ha dividit en tres factors explicatius el comportament del consum d'energia: l'efecte consum final d'energia; l'efecte transformació de l'energia (que mesura com afecta el canvi en el mix de generació elèctrica); i l'efecte substitució (quan canviem un vector energètic per un altre).

L'efecte consum final d'energia és el més important de tots tres, i amb diferència i per a totes les activitats. L'efecte consum final d'energia provoca un augment dels requeriments de totes les fonts energètiques però particularment del petroli per raó del paper del transport i també per la creixent demanda de derivats de petroli per “usos no energètics”, per part de la indústria petroquímica. Aquest resultat reforça la idea que el nostre creixement és fortament dependent dels combustibles fòssils i, en particular, del petroli.

L'efecte transformació fa disminuir les necessitats d'energia primària, i aquesta disminució és més forta en els sectors de demanda que més depenen de l'electricitat. Això s'explica per la transició del sistema elèctric cap a la generació amb gas natural, que té una major qualitat que altres fonts i, per tant, una major eficiència en la conversió.

L'efecte substitució, que té molta rellevància per explicar les variacions en els requeriments d'algunes fonts d'energia primària, no té, en canvi, gaire importància per explicar els canvis en el total d'energia primària del període analitzat. No obstant això, sí que es veu com augmenta la seva participació tant a la indústria com als serveis i el residencial per l'extensió dels sistemes de calefacció.

L'anàlisi ha mostrat l'escassetat de recursos en el territori català per abastir les necessitats de consum de la societat catalana. **A Catalunya hi ha una manca no sols de combustibles fòssils sinó també de determinats minerals, com els productes metàl·lics i de biomassa.** Aquesta dependència de l'exterior, a més de comportar una situació fràgil de Catalunya davant les fluctuacions dels mercats productors, també implica unes grans necessitats de transport i, consegüentment, de consum de combustibles fòssils. A més, les tendències creixents en els consums d'aquest recursos, i la manca de recursos propis, fan preveure un agreujament de la situació si no hi ha una intervenció que condueixi cap al decreixement o l'estabilització del seu consum en termes absoluts, que es pugui derivar per exemple d'un canvi estructural de l'economia.

9.2.2. Anàlisi de la situació per sectors d'activitat

L'evolució del consum d'energia per sectors d'activitat ens indica que **Catalunya està modificant el seu patró de metabolisme, dirigint l'activitat cap als serveis, i amb un pes creixent del transport**, tal com han fet abans altres economies industrialitzades.

La figura 97 presenta el consum d'energia primària per sectors.

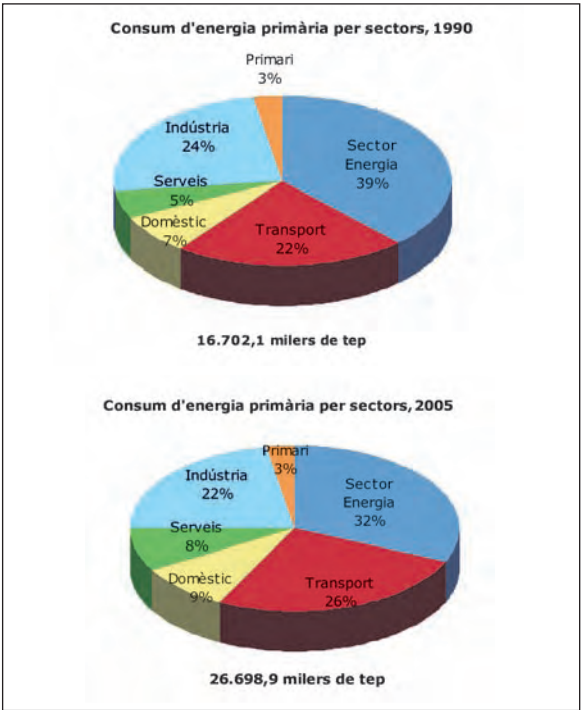


Fig. 97. Consum d'energia primària per sectors 1990 i 2005
Font: elaboració pròpia a partir d'ICAEN (2006) i PEC.

Quan analitzem el consum d'energia final obtenim els resultats de la taula 90.

Com es pot veure a la figura 98 una fracció petita del consum d'energia primària va destinada a activitats de con-

	1990		2005			
	ktep	% sobre el total	ktep	% sobre el total	Augment en termes absoluts	% augment sobre l'augment total
Primari	405,3	4,4	635,6	4,0	230,3	3,4
Indústria	3.605,9	39,1	5.178,2	32,5	1.572,3	23,4
Serveis	788,4	8,5	1.930,0	12,1	1.141,6	17,0
Transport	3.329,1	36,1	6.018,4	37,7	2.689,3	40,1
Domèstic	1.099,9	11,9	2.180,7	13,7	1.080,8	16,1
Total	9.228,6	100	15.943,0	100	6.714,4	100

Taula 91. Consums finals d'energia per sectors. Valors absoluts, pes relatiu i variació. Catalunya, 1990-2005
Font: elaboració pròpia a partir dels balanços d'energia facilitats per l'ICAEN.

sum (el 9 % l'any 2005), mentre que la resta es dedica a activitats productives generadores de valor afegit. Aquest consum d'energia es fa servir per fer funcionar la maquinària, per proveir serveis i per al transport, per la qual cosa alguns analistes usen l'energia consumida per hora de treball com una mena de variable *proxy* de la capitalització d'una economia.

L'energia consumida per hora de treball (EMR_{pw}) ha crescut molt poc a Catalunya, i ha passat dels 159 MJ/h el 1990 als 167 MJ/h el 2005. Això s'interpreta com que tot i l'increment del consum d'energia per a les activitats productives, l'energia *extra* que s'ha consumit no s'ha utilitzat per capitalitzar més els sectors productius (amb nova maquinària i infraestructures per als actuals treballadors) sinó que ha anat destinada principalment a proveir la nova força de treball de l'equipament necessari per exercir la seva activitat. És a dir, **hi ha hagut creixement però no s'ha vist un canvi qualitatiu.**

De fet, aquest creixement de la població activa, que es deu a la incorporació massiva de la dona al mercat de treball, i a la forta immigració de persones en edat de treballar a partir de 1999, sembla que continuarà en un futur immediat i es preveu que la població activa del 2015 superi de 360.000 persones la del 2005. La major part de l'increment es produirà des d'ara i fins a l'any 2010. La previsió és que aquesta nova població activa es dirigeixi sobretot als subsectors dels serveis associats al creixement de la demanda de la població jove i vella, que s'ha previst que incrementarà el seu pes relatiu en el conjunt de la població. Aquests sectors (administració pública – educació – salut – serveis socials i activitats de les llars) són molt intensius en treball i es preveu que ocupin vora d'una cinquena part del total dels ocupats el 2005. La construcció, per la seva banda, mantindrà un nivell elevat de població activa.

Aquest resultat ens diu que si es vol fer un salt qualitatiu en termes de generació de valor afegit, traduït en augments de la productivitat, és molt probable que veiem en un futur immediat com la taxa de metabolisme dels sectors productius (l'energia consumida per hora de treball) augmenta, per equiparar-se a la de les economies del nostre entorn, que és més alta.

a) Sector de l'energia

El sector de transformació de l'energia ha mostrat una millora en l'eficiència en el període 1990-2005. Ha passat de representar un 25 % del total d'energia primària el 1990 a un 20 % el 2005. Aplicant la metodologia del capítol 3 s'ha trobat també una disminució en l'energia primària que estimem que s'ha utilitzat de mitjana per obtenir una unitat d'electricitat –de 2,96 els anys 1990-92 a 2,59 els anys 2003-05. Encara més important és el canvi en la composició mitjana per fonts d'energia primària

que s'utilitzen per obtenir una unitat d'electricitat; mentre que per cada unitat d'electricitat a començaments dels noranta es gastaven 2,41 unitats de calor nuclear, en els anys finals –per raó del menor pes relatiu de l'energia nuclear en el *mix* elèctric– se'n gastaven 1,56; en canvi, les necessitats de gas natural van augmentar clarament: de 0,12 unitats a 0,65 unitats, la qual cosa reflectia el creixent pes de les centrals tèrmiques d'aquest combustible, que per la seva més alta qualitat han explicat la millora en la conversió. En qualsevol cas, en termes de l'energia primària total consumida respecte del total, aquest sector va passar del 39 % el 1990 al 33 % el 2005 (sumant els consums propis i les pèrdues). No obstant això, en termes d'emissions de CO₂, el sector va representar el 16 % l'any 2005, la qual cosa posà de manifest la importància de la generació elèctrica termonuclear.

b) Sector primari

El sector primari s'ha mantingut durant tot el període en un 3 % del consum total d'energia primària, fet que ens indica un creixement en termes absoluts. **Més del 90 % del consum energètic d'aquest sector correspon a productes petrolers.** Tot i ser un sector petit en termes de consum d'energia, presenta un potencial enorme de transformació del seu patró de consum, ja que la major part del consum es deu al transport, i pot jugar un paper important en l'ús de biocombustibles. És a dir, una proposta pel sector agrari és la utilització dels propis residus de biomassa per a la producció de biogàs (metanització), o l'aprofitament de biocombustibles, sempre que aquests siguin d'origen local i per aprofitament de residus. Aquestes oportunitats s'hauran d'aprofitar, ja que, tot i que el sector augmenta la demanda energètica per sota de la mitjana, té una marcada tendència al creixement que s'hauria d'intentar limitar. A més a més, pot ser necessari també en termes econòmics, davant d'un augment dels preus del petroli.

Un altre aspecte que cal destacar del sector és que té una taxa de metabolisme (energia consumida per hora de treball) molt elevada en comparació amb el sector agrari de la resta de l'Estat, de 178 MJ/h. Això pot indicar un elevat grau de mecanització o el pes important del sector ramader. De fet, ja hem dit abans que presenta una productivitat econòmica de la utilització de l'energia més elevada que la indústria, amb 74 €/GJ.

c) Indústria

La indústria (incloent-hi la construcció) ha passat de representar un 24 % del consum d'energia primària el 1990 al 22 % el 2005. En aquest sector el carbó pràcticament s'ha deixat d'utilitzar, i tant els productes petrolers com l'electricitat es mantenen més o menys estables, amb el gas natural com a responsable únic del creixement de la demanda energètica. En termes d'energia final, però, la caiguda ha estat més forta, i ha passat del 39 %

al 32 %. Aquests valors de consum d'energia final van implicar que la indústria fos la responsable del 29,4 % de les emissions de CO₂ l'any 2005, molt per sobre del 19,4 % de l'Estat espanyol.

La seva taxa de metabolisme, o consum d'energia per hora de treball, va ser el 2005 de 333 MJ/h (que inclou la construcció i el sector energètic), amb grans fluctuacions cícliques, pujant més en els moments en què creix més el PIB, a causa de l'efecte procíclic tant de la inversió en béns d'equipament com de la construcció.

No obstant aquest elevat consum d'energia per hora de treball, **la productivitat econòmica de la indústria és inferior a la de l'agricultura, i se situà en 63 €/GJ l'any 2005**, la qual cosa indica que calen inversions urgents en aquest sector que derivin l'activitat cap a sectors que demandin menys recursos i generin més valor afegit.

d) Serveis

El sector dels serveis va consumir el 2005 un 8 % de l'energia primària total, tres punts més que el 1990. No obstant tenir un pes relatiu petit, **el fort creixement que ha experimentat (5,75 % anual), sobretot a partir de 2002, fa pensar que en pocs anys esdevindrà el quart sector en importància a Catalunya per davant del domèstic**. Aquest fet va lligat a la terciarització de l'economia, però també al creixement de la intensitat energètica dels serveis. S'observa un fort creixement tant del consum d'electricitat (que domina la provisió energètica del sector) com del gas natural. Aquest sector té potencials d'estalvi importants en l'ús de l'electricitat i de fonts fòssils per a la calefacció. A més a més, l'energia solar tèrmica té un gran potencial d'expansió en aplicacions tant d'aigua calenta com de calefacció en grans instal·lacions i equips.

El sector dels serveis té una taxa de metabolisme (EMR_{SC}) de 75 MJ/h, i la seva evolució sembla haver assolit el seu màxim l'any 2001 i ara ens trobaríem davant una tendència a la baixa, fruit potser de l'augment del consum de gas natural en els darrers anys, que té un major rendiment energètic, o de la massiva absorció de la nova població activa.

És el sector amb una major productivitat econòmica de l'ús de l'energia, amb 292 €/GJ, i té una productivitat del treball, mesurada en € per hora, equivalent a la indústria.

f) Transport

El transport va consumir l'any 2005 un 24 % de l'energia primària, i mostra un creixement per sobre del PIB, que fa que l'economia catalana sigui cada cop més dependent del transport per al seu funcionament.

De fet, **el 70-80 % del transport de mercaderies cap a l'Estat espanyol es fa per carretera**, i el seu volum està creixent a ritmes molt forts per raó de la dependència creixent de Catalunya envers l'exterior. Això fa que es "fixin" consums de combustibles fòssils en el futur, només per mantenir l'actual nivell de generació de valor afegit. El mateix passa en el cas del comerç amb l'estranger, on el transport per carretera ha crescut moltíssim, sobretot les exportacions, que en els últims deu anys ho han fet un 109 %, és a dir, s'han doblat.

El sector transport a Catalunya està totalment dominat pels productes petrolers, amb només l'1 % d'electricitat. Al final del període s'observa una mínima presència dels biocombustibles, que representen només un 0,6 % del consum del transport. La dependència total del transport envers el petroli fa que calguin mesures radicals dirigides a canviar el model de mobilitat.

En termes d'emissions de CO₂, tenint en compte el consum d'energia final, el transport va significar un 46 % l'any 2005, i es va mostrar com el principal sector emissor.

9.2.2.5. Sector domèstic

El sector domèstic ha passat de representar un consum d'energia del 7 % l'any 1990 al 9 % l'any 2005. Fins a finals dels anys 1990 això era degut a l'augment espectacular del nivell de vida material de la societat (en termes de PIB *per capita*). A partir d'aquell any li hem d'afegir l'entrada massiva d'immigrants que han mantingut la tendència alcista del consum.

Els productes petrolers han anat disminuint la seva participació, mentre que tant el consum d'electricitat com sobretot de gas natural s'estan incrementant molt, sobretot els darrers anys. A més, s'observa com les energies renovables comencen a tenir un cert pes a partir de mitjan els anys 1990. L'estructura de consum reflecteix molt bé les necessitats energètiques de les famílies, que es concentren en electricitat per als electrodomèstics, i derivats del petroli i gas per a calefacció i aigua calenta. Cal esperar que la tendència al creixement del gas en detriment dels productes petrolers continuarà els propers anys. L'elevat pes de l'electricitat ha de permetre la introducció de mesures de millora de l'eficiència, i caldria incidir més en els aprofitaments solars en l'àmbit domèstic.

Aquestes mesures són gairebé de caràcter obligatori per dos motius. D'una banda, perquè es preveu que la població catalana continuarà creixent els propers anys, amb un increment de 500.000 persones entre 2005 i 2010, i 300.000 entre 2010 i 2015. Aquest creixement es donarà, a més, en els grups de població dependent, menors de 16 anys i majors de 64 anys. Això vol dir que en un futur immediat es crearan una gran quantitat de noves llars i

famílies que s'hauran d'equipar amb tot allò necessari per a fer una vida autònoma, per la qual cosa el consum d'energia augmentarà. D'altra banda, **la taxa de metabolisme** (o el consum d'energia per hora no treballada), tot i que ha crescut per sobre del PIB, **es troba encara a nivells molt baixos si la comparem amb la resta d'economies del nostre entorn (2,80 MJ/h), per la qual cosa podem esperar que el consum continuarà creixent per tal d'augmentar el nivell de vida material de les famílies** associat a nous béns de consum i d'equipament com ara aparells d'aire condicionat, telèfons mòbils, ordinadors, però també viatges i activitats d'oci (incloent-hi un major ús del vehicle privat i de l'avió).

En el sector domèstic (amb un 25 % del consum del transport) més de la meitat del consum d'energia primària prové de productes derivats del petroli (gasoil per a calefacció), gairebé un 30 % de gas natural, i menys del 20 % d'electricitat. Qualsevol pujada d'EMR_{HH} tindrà, doncs, un impacte molt negatiu, i per unitat d'augment l'impacte és pitjor que si es produís a la indústria.

9.2.3. Comparació de la situació de Catalunya amb la resta de l'Estat, la Unió Europea i altres països

Catalunya ha mostrat en tot el període analitzat una forta convergència amb les economies del nostre entorn en la majoria de les variables analitzades. Així, en termes de l'evolució de la població total i de la població activa Catalunya sembla que segueix la mateixa tendència de les economies del nostre entorn vers una economia basada en els serveis, on els serveis a les persones guanyen terreny. Cal dir, però, que es mantenen taxes d'ocupació molt elevades al sector de la construcció, fet característic de l'Estat espanyol en els darrers anys, però no passa el mateix a la UE, si n'exceptuem Irlanda.

Quant a les variables biofísiques de l'activitat econòmica, **la intensitat energètica s'ha acostat al valor mitjà de la UE-15 (7,9 MJ/€ el 2004).** La diferència és que els països del nostre entorn han tendit a reduir la seva intensitat energètica, guanyant en eficiència en l'ús de l'energia (com passa a Alemanya, el Regne Unit i la mitjana UE-15). L'Estat espanyol, per contra, se situa a la cua de l'eficiència energètica amb una de les intensitats energètiques més altes (9,4 MJ/€), i només millora la situació dels Estats Units.

Aquest major consum d'energia també s'ha vist reflectit en el **consum per habitant**, tot i l'augment de la població en el període, que **ha passat als 160 GJ l'any 2005, en comparació als 167 GJ de la UE-15 l'any 2004.**

El mateix resultat el trobem quan fem una anàlisi dels fluxos de materials de Catalunya entre l'any 1990

i 2004, on es veu una forta materialització tant en termes absoluts com en termes relatius. El consum de materials ha augmentat en un 56 % i ha passat d'11,8 a 16,9 tones per habitant i any. Això ha fet que, tot i presentar valors lleugerament inferiors als de l'Estat espanyol, s'assoleixi una convergència amb els valors mitjans de la UE-15. Aquí hem de fer dues matisacions. La primera és que Catalunya es troba encara entre els països amb menor consum de materials per habitant de la UE-15. La segona és que aquesta notícia no és positiva, perquè el ritme de creixement a Catalunya en els darrers anys (sobretot a partir de l'any 2000 i a causa de la construcció) és més fort que a la resta de l'Estat, per la qual cosa és més que probable que ja el 2006 s'hagin consumit més materials per habitant a Catalunya que la mitjana europea.

En resum, la convergència amb la UE que ha viscut Catalunya els darrers anys en termes de PIB per habitant s'ha reflectit en un major ús de recursos (energia i materials) per habitant, tot indicant que estem emulant el succeït anteriorment a altres països de la UE més avançats. No estem, però, davant d'un canvi qualitatiu del model de desenvolupament que fóra el desitjable. Cal incidir, per tant, a canviar aquest model, ja que si no es fa, ens portarà sens dubte cap a un ús cada cop menys eficient dels recursos per generar ocupació i valor afegit. S'ha de dir, però, que encara som a temps de canviar aquesta situació si s'adopten les mesures necessàries per convertir Catalunya en una economia molt més eficient en l'ús dels recursos naturals.

9.2.4. Polítiques que poden tenir influència en aquest àmbit

En línies generals Catalunya no disposa d'una política de gestió energètica prou activa i, en concret, no s'estan utilitzant instruments fiscals i econòmics per a la gestió energètica, cosa que sí que han fet altres comunitats autònomes o altres països de l'entorn. Aquest fet negatiu té la lectura positiva que hi ha, per tant, molt marge d'actuació des de l'Administració per canviar el model energètic del país.

Una de les línies d'actuació hauria d'anar destinada a reforçar les mesures de promoció de les energies renovables, i també les mesures d'estalvi energètic i d'eficiència. En aquest sentit s'hauria de potenciar la política de subvencions als usuaris finals, i augmentar-ne les dotacions, tant per al foment de les energies renovables com sota l'esquema de l'estratègia d'estalvi i eficiència energètica del PEC. Parlem de l'usuari final perquè sovint es troba amb uns costos inicials molt elevats per introduir les mesures, que el fan abandonar. Al mateix temps, per evitar incongruències entre polítiques i efectes no desitjats, és molt important que s'estudiï quines subvencions i exempcions que aplica actualment el Govern de la Gene-

ralitat poden tenir efectes perversos en termes de consum d'energia, i reduir-les.

D'altra banda, es podria pressionar l'Estat espanyol perquè mantingui i reforci el sistema retributiu del règim especial de generació elèctrica, que afavoreix les energies renovables i les tecnologies eficients, ja que aquesta és una competència de l'Estat en la qual Catalunya no pot intervenir directament. La reforma del sistema retributiu en règim especial està causant molta polèmica, sobretot perquè significa una reducció en les condicions de retribució de l'energia eòlica, mentre que es millora en altres vectors energètics amb la finalitat de potenciar-los. Cal tenir en compte, però, que l'energia eòlica encara no s'ha desenvolupat a Catalunya com caldria, de manera que ens hem d'assegurar que no es dificulta encara més la implantació d'aquest tipus d'instal·lacions al nostre país. En aquest mateix sentit caldria analitzar les raons per les quals la implantació de l'eòlica està sent tan lenta i problemàtica a Catalunya.

Veiem a continuació una sèrie de mesures que es podrien dur a terme als diferents sectors d'activitat.

Transport

Des d'un punt de vista sectorial, hem vist que el transport és el gran responsable del consum d'energia primària a Catalunya i, en particular, dels combustibles fòssils. Les mesures introduïdes en aquest sector amb l'ànim de reduir la seva demanda tindran resultats més immediats que als altres sectors, i contribuiran a reduir la nostra dependència vers l'exterior, i vers un recurs que s'encarirà a curt termini. Cal replantejar-se la mobilitat i el transport de mercaderies en general a Catalunya, i en particular els plans d'infraestructures i l'èmfasi en les infraestructures que potencien l'ús de l'automòbil privat. Aquí, les mesures fiscals que es descriuen al capítol 7 són de molta utilitat, per exemple, per mitjà de la imposició sobre el tipus de vehicle i per combustible utilitzat. Una de les línies d'actuació en la política de mobilitat ha de ser el potenciament del transport tant de persones com de mercaderies per ferrocarril, pels seus avantatges derivats de les economies d'escala i d'una menor energia consumida per passatger. Això vol dir primar el ferrocarril convencional millorant la seva infraestructura i la seva freqüència, així com les interconnexions amb altres mitjans de transport. D'altra banda, el canvi a combustibles més eficients són també una mesura d'eficiència energètica a aplicar. En el transport públic per carretera (taxis i autobusos) es podria fer una transició cap a la utilització de gas natural, com fan alguns autobusos de

Barcelona, o els autobusos públics del comtat d'Orange a Califòrnia,⁴ o de gasos liquats del petroli (GLP) com es fa a moltes ciutats italianes⁵ o a Nova Delhi, o com pretén introduir Austràlia el 2011.⁶ Els GLP es caracteritzen per les seves menors emissions en comparació amb la benzina⁷ tot i que el seu consum és una mica més gran. El gas natural liquat (GNL) implica menors emissions encara que els GLP i té una eficiència superior.

Pel que fa al transport de mercaderies, cal canviar de manera molt profunda el model de transport, que es fonamenta en el transport per carretera, i potenciar el transport marítim i sobretot el transport per ferrocarril, de manera que el corredor mediterrani de transport de mercaderies, que ara es fa per les autopistes, es faci a mitjà termini per corredors ferroviaris. També són importants les connexions ferroviàries del port i l'aeroport cap a França i la resta de l'Estat espanyol. A més, s'haurien de corregir situacions discriminatòries vers el ferrocarril. Per exemple, el transport per carretera no té obligacions de reducció de les emissions de CO₂, mentre que la generació d'electricitat sí que hi està sotmesa. Atès que el ferrocarril funciona amb electricitat, el transport actual de mercaderies per ferrocarril està gravat per un major cost (ja que les elèctriques traslladen els costos als consumidors) que no pateix el transport per carretera. Es tracta d'una situació que cal canviar per donar, almenys, un tractament fiscal homogeni. Una altra mesura referent al transport de mercaderies és establir algun tipus de penalització sobre el transport que no té Catalunya com a origen ni destí, sinó que només passa pel nostre territori, i sobre la circulació de camions buits, per incentivar l'optimització de l'ús dels camions, entre altres mesures.

Construcció i model urbanístic

La construcció és un sector que necessita d'activitats que consumeixen grans quantitats d'energia, com la fabricació de ciment i productes ceràmics; és responsable també d'una part important del transport de mercaderies (els materials de construcció representen la meitat del transport de mercaderies, o un 25 % del transport total); i, a més a més, consumeixen gran part dels materials que Catalunya usa cada any per al seu metabolisme. D'altra banda, els dissenys i la qualitat en la construcció dels edificis en relació amb les "prestacions" energètiques (és a dir, les necessitats de calefacció, refrigeració, llum artificial, estalvi energètic, etc.), tindran un efecte important en els consums energètics futurs, sobretot en el sector domèstic i de serveis, de manera que cal establir les condicions perquè les edificacions siguin el més eficients possibles. Això vol dir l'aplicació de les actuals normati-

4. Aprofitant el biogàs que surt dels abocadors de residus municipals. <http://www.wmorangecounty.com/about/aboutWM.asp>.

5. Amb més d'1,2 milions de vehicles que funcionen amb GLP, segons una publicació del Departament d'Energia dels Estats Units, http://www.eere.energy.gov/cleancities/ccn/archive/6_2cover.html.

6. *The Sydney Morning Herald*, 10 Agost 2006. <http://www.smh.com.au/news/national/howard-pumps-for-conversion-to-lpg/2006/08/09/1154802960542.html>.

7. "Greener than Thou", *The Economist*, 11 d'agost de 2005.

ves sectorials (codi tècnic de l'edificació, decret d'ecoeficiència), la incorporació d'energies renovables a les edificacions (principalment solar i biomassa), però també anar més enllà i promoure el desenvolupament de l'arquitectura bioclimàtica a Catalunya.

D'altra banda, també cal introduir criteris energètics en la planificació territorial i urbanística. S'ha de tendir cap a la mescla d'usos que redueixin la necessitat de desplaçaments a la vida quotidiana dels ciutadans, tant per treballar, com per a oci i esbarjo. Part del model urbanístic a Catalunya s'ha basat els darrers anys en la construcció de noves urbanitzacions disperses que requereixen alhora més transport privat. En aquest sentit, cal treballar des de les administracions amb les eines de la planificació urbanística per tal de reduir els impactes territorials i sobre la necessitat de transport que està tenint el creixement de les ciutats i la urbanització dispersa, de manera que es potenciï la ciutat compacta i la barreja d'usos. Aquests aspectes són positius en termes energètics tant en la fase de construcció, en relació amb el manteniment urbà, i quant a necessitats de transport, entre altres.

Infraestructures

Les noves infraestructures previstes (com el desdoblament de l'eix transversal, autovia paral·lela a l'AP7, etc.) afavoreixen la mobilitat per carretera en vehicle privat i incentiven el transport de mercaderies per carretera. S'haurien d'analitzar els efectes de l'aposta del Govern per les noves connexions aèries (expansió del Prat i altres aeroports com el de Girona). També es podria intentar actuar sobre el tràfic de mercaderies que només travessa Catalunya. En tota aquesta aposta, la promoció i la millora del ferrocarril que hem comentat abans sembla més que raonable.

Sector domèstic

Els dos principals consums són el del transport privat i el de la llar. Pel que fa als consums en transport, s'hauria d'incentivar encara més l'ús del transport col·lectiu (que requereix, però, una oferta de transport públic que respongui a les necessitats de mobilitat dels ciutadans, i que sigui fiable i de bona qualitat), i l'extensió d'experiències com el *car-sharing*. Pel que fa als consums a la llar, l'augment del consum energètic es deu a la generalització de l'ús d'electrodomèstics de tot tipus, i a l'ús de l'aire condicionat a l'estiu. Les línies d'actuació s'haurien de continuar dirigint a la informació de la necessitat d'estalvi a la llar, i també a l'elaboració de propostes per substituir consums energètics sense pèrdua de confort a la llar. Seguint amb l'estratègia de compartir recursos com a mesura d'estalvi energètic, es podria promoure que els residents dels edificis compartissin equipaments com

ara les rentadores, com es fa als països del nord d'Europa. També s'haurien d'estendre les mesures aprovades pel nou codi tècnic d'edificació a tots els habitatges (en particular la generalització dels col·lectors solars per a l'aigua calenta sanitària). A més, han de continuar les campanyes de promoció de l'estalvi i l'eficiència energètica donant informació acurada als consumidors sobre els consums dels equipaments. S'hauria de tendir cap a l'eradicació i fins i tot la prohibició d'usos molt ineficients, com ara les calderes o els sistemes de calefacció elèctrics, o les bombetes incandescent, com acaba de fer Austràlia.⁸

En qualsevol cas cal una anàlisi més detallada d'aquest sector, ja que es preveu el creixement del seu consum en el futur, a causa de canvis demogràfics com ara la reducció de la mida de les famílies o la forta incorporació de població nouvinguda amb noves necessitats d'equipament.

Amb l'esperit de provocar una conscienciació i coresponsabilitat de la ciutadania en la resposta davant l'excessiu consum d'energia i les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle, s'hauria d'investigar la possible introducció de sistemes de quotes d'emissió comercialitzables a escala individual i de les organitzacions, fet que donaria incentius als usuaris finals de l'energia per a l'elecció de fonts d'energia netes, tot fomentant un canvi del model energètic.

Indústria

Tot i ser el sector que segurament introdueix més mesures d'estalvi i eficiència energètica per la pròpia competitivitat existent, la dinàmica recent ha fet que la generació de valor afegit per unitat d'energia hagi disminuït els darrers anys, i se situï per sota de la dels serveis, per la qual cosa cal potenciar els sectors de més alt valor afegit, que sovint coincideixen amb els que incorporen més tecnologia. Per tant, sembla necessari fomentar una certa reconversió industrial que impliqui l'abandonament d'activitats industrials més tradicionals.

En matèria fiscal, es podrien gravar les emissions de SO_x, NO_x i CO₂. Per a aquest darrer gas, es podria valorar aplicar el gravamen només sobre els grans emissors no sotmesos al règim de comerç de drets d'emissió, tal com fan a les comunitats autònomes d'Andalusia, Aragó i Múrcia. Quant als altres dos contaminants, i considerant els tipus existents en altres comunitats autònomes, els tipus proposats a Catalunya podrien ser de l'ordre de 120 i 80 €/t, respectivament. Aquesta mesura, tot i no reduir necessàriament el consum d'energia, donaria incentius al canvi en el mix energètic emprat de tal manera que es tendís cap a vectors menys contaminants.

8. "Bombillas nuevas contra el cambio climático", *El País*, 20 de febrer de 2007.

Sector de l'energia

S'hauria de promoure la introducció de criteris de planificació al mínim cost, que potenciïn les mesures de control de la demanda davant les d'oferta en la planificació energètica, i que hauria de ser obligatòria per a sol·licituds de noves concessions per a generació.

En matèria fiscal, i tot emulant el que ja estan fent altres comunitats autònomes, hi ha moltes possibilitats d'actuació per fomentar un canvi del mix energètic cap a fonts més eficients i, especialment, fonts renovables.

D'una banda, es podria gravar la generació elèctrica de les fonts amb major impacte. En concret, es podria adoptar un impost semblant al vigent a Extremadura sobre la generació en centrals tèrmiques amb un tipus impositiu de 0,0009 €/kWh, la qual cosa, considerant la generació elèctrica d'aquest tipus a Catalunya l'any 2003 donaria una recaptació anual potencial d'uns 5,5 milions d'euros.

Pel que fa a la generació elèctrica d'origen nuclear, suposant un tipus impositiu igual al que apliquen a Castella-La Manxa d'1,5 €/MWh, la generació d'aquest tipus a Catalunya l'any 2003 donaria una recaptació anual potencial d'uns 38 milions d'euros.

Finalment, i amb especial rellevància per tot el debat actual sobre la ubicació del dipòsit de residus d'alta radioactivitat, una altra opció seria adaptar les iniciatives de Castella-La Manxa i Andalusia respecte a gravar l'emmagatzematge de residus nuclears. Considerant un tipus impositiu anual de l'ordre de 2.000 € per cada metre cúbic emmagatzemat es podria obtenir una recaptació anual aproximada de 956 mil euros.

Administració pública

L'Administració pot jugar un paper decisiu en el canvi de model energètic que es requereix. Hi ha molts instruments que estan infrautilitzats a Catalunya, tant en l'aspecte institucional, com pel que fa a mesures econòmiques i fiscals.

En l'aspecte institucional, seria molt desitjable que l'actual ICAEN es convertís en una Agència de l'Energia amb competències ampliades que li permetessin gestionar les activitats de promoció de les energies renovables, i d'incentius a l'estalvi i l'eficiència energètica d'una manera més directa i autònoma. A més, s'hauria de considerar la creació d'una empresa pública (o mixta) de l'energia amb capacitat per generar i/o comercialitzar energia neta. Aquesta empresa podria ser pionera en el subministrament de serveis energètics en comptes de vendre unitats d'energia, amb la qual cosa els estímuls a la reducció dels consums romandrien a la mateixa empresa comercialitzadora.

Pel que fa a les mesures de caire econòmic, l'Administració podria introduir el concepte "50-50" per al foment de les mesures d'estalvi energètic a tots els equipaments públics (vegeu l'exemple de Sant Sadurní d'Anoia mencionat al capítol 7) i el reciclatge de les inversions fetes, de tal manera que els estalvis obtinguts es canalitzessin a nous projectes (com és el cas del municipi anglès de Woking que s'esmenta també al capítol 7). A més, s'haurien d'introduir de manera obligatòria protocols de compres verdes a l'Administració de la Generalitat, per exemple, amb el proveïment d'electricitat verda (de manera que es fomentaria que fos possible la comercialització d'electricitat generada amb fonts renovables), però també amb altres béns i serveis relacionats amb l'energia (com l'ús de biogàs al transport, ja sigui obtingut dels abocadors o de la metanització de la fracció orgànica dels residus), de tal manera que es potenciïn aquestes activitats que tenen mercats molt limitats en l'actualitat.

Quant a les possibilitats de política fiscal, distingim entre les facultats pròpies del Govern de la Generalitat i les dels municipis catalans.

Entre les primeres, i tal com hem descrit al capítol 7, Catalunya té la capacitat normativa per modular alguns tributs estatals considerant aspectes relacionats amb l'energia. Per exemple, les comunitats autònomes poden aplicar deduccions sobre la quota íntegra autonòmica de l'impost sobre la renda de les persones físiques (IRPF). Entre aquestes s'hi podrien preveure deduccions per a inversions efectuades en l'àmbit de les energies renovables. Això és el que fa, per exemple, la Comunitat Valenciana. A més, es podria pujar el tipus impositiu de l'impost especial sobre determinats mitjans de transport, que distingeix els vehicles segons el combustible i la cilindrada. D'altra banda, es podria pujar encara més el tram autonòmic de l'impost sobre les vendes minoristes de determinats hidrocarburs (bàsicament gasolina, gasoil, fueloil i querosè) que encara no es troba al màxim que permet la legislació. Aquest és el que es coneix com a *cèntim sanitari*, que hauria de ser, com la resta dels explicats aquí, un impost finalista que es dedicaria a finançar les mesures de promoció de les energies renovables i d'eficiència i estalvi energètics. Finalment, Catalunya podria crear un impost autonòmic sobre vehicles de tracció mecànica, que substituiria l'actual impost municipal.

Quant a les possibilitats de les administracions locals, es podrien imposar recàrrecs als immobles desocupats en l'impost sobre béns immobles (IBI), així com bonificacions als que introduïssin mesures d'estalvi energètic determinades o instal·lacions d'energies renovables. D'altra banda, també es podrien aplicar bonificacions a l'impost sobre activitats econòmiques per als contribuents que encara hi tributen, amb els mateixos condicionants que en el cas de l'IBI.

Així mateix, els municipis poden cobrar taxes per les tasques administratives d'autorització que exerceixen. En el cas de les taxes per autorització de noves activitats, els municipis podrien establir bonificacions per les quals preveïssin una utilització d'energies renovables o per les quals la seva activitat se circumscriu principalment en aquest àmbit. De manera similar, les taxes per a l'atorgament de llicències urbanístiques podrien preveure beneficis fiscals per obres de millora de l'eficiència energètica, d'aprofitament de les energies renovables o de rehabilitació d'immobles. Altres taxes relacionades amb la mobilitat (zones blaves, guals) també poden tenir incidència sobre l'ús del vehicle privat i, indirectament, per tant, sobre el consum energètic.

9.3. Identificació de punts clau

Al llarg de l'estudi, i d'aquestes conclusions, hem mencionat tota una sèrie d'aspectes que considerem d'especial importància per definir l'actual model energètic de Catalunya i que o bé impliquen limitacions o per contra són oportunitats que s'haurien d'aprofitar. Aquesta secció els enumera de manera més succinta, i presenta un apunt metodològic amb el qual volem acabar l'estudi.

9.3.1. Principals vulnerabilitats

- L'economia catalana és fortament dependent dels combustibles fòssils, que són importats. En el context internacional actual, que empitjorarà en el futur, de preus creixents i disponibilitat decreixent de recursos, cal esperar que la nostra economia pateixi més que altres del nostre entorn. De fet, com hem vist al capítol 3, el creixement en el consum d'energia s'explica en la seva major part per un augment de l'activitat econòmica. És, per tant, urgent incentivar un canvi estructural cap a sectors d'activitat econòmica menys intensius en energia com la generació i la gestió del coneixement o els serveis d'alt valor afegit, com els financers. És a dir, en un context en què el recurs s'encareix, no té sentit promocionar activitats que usin aquest recurs de manera intensa. S'ha de revertir el resultat que hem trobat al capítol 8, que ens diu que cada cop necessitem més energia i materials (annex D) per produir una unitat de valor afegit. Això permetria reduir l'impacte d'un xoc de preus de l'energia sobre l'economia, però en qualsevol cas sabem que si es donés aquest cas es produiria una pèrdua de renda relativa a les economies més dependents, com Catalunya.
- A Catalunya, com a la resta de l'Estat, la construcció té un pes molt important en el conjunt de l'economia. Com hem vist, a banda dels impactes ambientals associats a l'ús del sòl, la construcció necessita les activitats amb forts consums d'energia, com la fabricació de

ciment i el transport de materials. Per tot això, cal incidir sobre el sector, amb una planificació que afavoreixi les concentracions urbanes compactes, i que desincentivi l'obra nova i fomenti la rehabilitació, fet que farà reduir notablement el consum d'energia. A més a més, la manera com es dissenyen i es construeixen els edificis té molta influència sobre els consums energètics futurs dels edificis, i aquest és un tema on no s'està treballant gaire. És urgent que s'adoptin mesures d'eficiència energètica en la construcció, tant d'habitatges com d'equipaments, més enllà de la normativa actual sobre ecoeficiència.

- Un altre dels sectors que requereixen canvis és el sector del transport. L'actual model econòmic i les infraestructures de transport fixen consums d'energia amb vista al futur, ja que potencien el transport per carretera. Això lliga amb el model territorial mencionat abans, que es caracteritza per la urbanització dispersa, que genera més demanda de transport.
- L'economia ha vist com en els anys recents la productivitat del treball s'ha estancat, com també ho ha fet la quantitat d'energia controlada o consumida per hora de treball, en els diferents sectors. Això pot estar indicant millores d'eficiència, però probablement és el reflex de l'estancament de la inversió productiva. Fins a l'any 2006 l'activitat ha estat impulsada pel consum intern i per la construcció; caldria dedicar més recursos a inversió per a la reconversió industrial cap a activitats amb més valor afegit per unitat d'energia, com hem discutit al capítol 8.
- Un altre punt dèbil de la nostra economia és l'evolució de la població. Com hem vist al capítol 8 (i es pot veure també a l'annex A), el creixement recent de la població i, més concretament, de la població en edat activa, implica que en un futur immediat veurem com l'energia consumida pel sector domèstic pujarà encara més. Cap política energètica no tindrà èxit si no s'aconsegueix frenar i fins i tot revertir el creixement de la demanda d'energia i d'electricitat, en particular a les nostres societats. Per tant, les mesures de control de la demanda haurien de ser les primeres a ser implementades. Aquest fet és especialment preocupant si atenem a l'envelliment progressiu de la població (tot i la immigració) que farà augmentar la relació de dependència d'una població amb més esperança de vida, és a dir, en un moment en què el sector domèstic suposarà una fracció creixent del consum d'energia, en aquest cas no destinat a la producció econòmica. A més de comptar amb una població major i més envellida, l'estructura familiar està canviant i les llars creixen més ràpidament que la població (per la reducció del nombre d'integrants), fet que implica majors consums derivats d'una major quantitat d'equipament a les llars.
- El tancament futur de les centrals nuclears planteja uns reptes difícils de resoldre i als quals no s'està donant resposta. Les centrals nuclears han de tancar en les

- properes dècades, de manera que caldrà trobar alternatives per generar l'electricitat que ara aporten les centrals nuclears.
- La solució a curt i mitjà termini que s'està implementant a Catalunya, prevista al PEC i articulada pels operadors privats, és l'aposta pel gas natural. Aquí Catalunya té un coll d'ampolla en les infraestructures associades. Hem vist al capítol 4 que tant la xarxa de transport i distribució de gas, com les estacions regasificadores i els dipòsits d'emmagatzematge estan arribant als seus màxims d'ocupació, fet que fa preveure que si continua augmentant el consum de gas seran imprescindibles grans inversions en la millora d'aquestes infraestructures, que tindran un cost social i ambiental associats al cost econòmic. L'escenari del gas hauria de ser de transició cap a un sistema que depengui de manera clara de les fonts autòctones, que són les energies renovables.
 - Si segueixen les tendències de consum d'energia, continuaran augmentant molt les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle. Cal recordar que les previsions del Pla de l'energia indiquen que si es compleix l'escenari IER les emissions de CO₂ l'any 2015 estaran un 84 % per sobre dels nivells d'emissions de l'any 1990.
 - Un altre obstacle per al canvi de model està lligat a l'actual infraestructura de generació i distribució d'electricitat, que està fortament centralitzada. Aquest fet provoca grans impactes per les distàncies entre generació i consum, i per les pèrdues associades. En el futur, s'ha de tendir cap a la generació elèctrica distribuïda, on la generació/transformació se situï prop de la demanda.
 - Des d'un punt de vista institucional, hi ha limitacions associades a la distribució de competències entre els diferents nivells de l'Administració de l'Estat, per la qual cosa caldran majors graus de coordinació entre les administracions. Això és encara més evident i urgent en l'actual context de liberalització del sector energètic al si de la Unió Europea.
 - Finalment, una de les limitacions més importants és la manca d'informació necessària sobre la utilització de l'energia pels diferents sectors econòmics, i sobre la seva productivitat, és a dir, la generació de valor afegit que implica. Cal dedicar recursos (humans bàsicament) a poder disposar no tan sols d'uns bons balanços energètics molt desagregats i publicats periòdicament, sinó també de taules *input-output* econòmiques i d'utilització de recursos que permetin produir l'anàlisi que ens compari amb les economies del nostre entorn per identificar possibles colls d'ampolla i mesures per evitar-los. La utilització de metodologies integradores com MSIASM permet de veure els *trade-offs* o compromisos associats a les decisions en matèria energètica, econòmica i demogràfica, ja que permet veure les repercussions sobre la resta de variables d'una modificació en una d'elles.

9.3.2. Principals oportunitats per a Catalunya

La situació que s'ha descrit a AMEEC deixa clar que cal emprendre mesures actives per modificar les tendències de creixement de la demanda d'energia a tots els sectors d'activitat. A més a més, també cal canviar la composició del mix energètic català, amb la finalitat de reduir la dependència exterior, el consum de recursos energètics exhauribles i les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle. Alhora, cal introduir una *nova cultura de l'energia*, que la situï com un recurs clau, valuós i difícil d'obtenir, de manera que el seu ús sigui el més eficient possible en tots els contextos.

Davant d'aquestes necessitats, Catalunya disposa d'un seguit d'oportunitats que no pot deixar d'aprofitar.

En primer lloc, Catalunya hauria d'aprofitar la necessitat actual de repensar el model energètic (a causa del tancament de les centrals nuclears i a la lluita contra el canvi climàtic) per posicionar-se com una regió capdavantera en la recerca i l'aplicació de mesures d'eficiència energètica i d'energies renovables. En aquest sentit, els objectius de la Unió Europea referents al pes de les energies renovables al mix energètic han de servir com un esperó perquè Catalunya emprengui accions decidides al més aviat possible. Tot i que Catalunya no està obligada a complir els objectius europeus, que es defineixen per al conjunt de l'Estat espanyol, sí que els podria assumir com a propis, de manera que servissin per establir objectius ambiciosos a mitjà termini que guessin les polítiques i la planificació energètica, i que donessin un avantatge competitiu a les indústries catalanes del sector de l'energia, ja que aquest és un camp empresarial en clara expansió. Això vol dir aprofitar les experiències d'altres països que fa més temps que estan desenvolupant accions d'eficiència i d'estalvi energètics.

En termes pràctics això vol dir que s'ha d'aprofitar l'estructura de recerca existent, tant pública com privada, per fomentar les activitats industrials en àmbits com les energies renovables, que, tot i no tenir massa presència actualment a Catalunya, tenen un elevat potencial de creixement. Per exemple, avui dia ens trobem, com hem vist al capítol 2, en un context de manca de silici en grau solar que està encarint els panells fotovoltaics. Catalunya es podria posicionar al mercat mundial com a potència solar si tingués una planta de silici que pogués abastar els mercats domèstic i europeu. Això faria de desencadenant promouent l'aparició de més indústries lligades al sector. El mateix es podria dir en el cas de l'energia eòlica, on la seva poca implantació es tradueix també en un nombre insuficient d'empreses del sector, situació que és urgent corregir. O en el cas de l'energia termosolar, en la qual, per raó de la seva poca implantació fins ara, Catalunya es podria situar com a regió capdavantera no només en ter-

mes d'instal·lacions sinó també de recerca. Un altre exemple el trobem al sector domèstic amb la generalització dels col·lectors d'aigua calenta, que progressivament haurien de tendir cap a la substitució dels sistemes tradicionals de calefacció (primera despesa energètica de les famílies) cap a sistemes compatibles, com ara el terra radiant. El desenvolupament de les energies renovables ha de fer-se amb cura, amb una avaluació adequada dels impactes ambientals i socials associats (entre altres, tenint en compte el que s'ha mencionat al capítol 2 quant a les limitacions d'una promoció a gran escala dels bio-combustibles). Tot i que a curt termini aquest canvi pugui ser costós, millorarà la competitivitat de la nostra economia, alhora que reduirà la pressió ambiental de l'activitat econòmica. Això ha de permetre reduir tant la dependència vers els combustibles fòssils com vers l'exterior, millorant la posició en termes de seguretat energètica i reduint l'actual fragilitat en dependre de pocs països per al nostre proveïment. De fet, l'augment de la diversificació de fonts energètiques i de països d'origen de l'energia importada són el complement a les mesures d'eficiència per reduir la fragilitat del nostre proveïment energètic.

En segon lloc, dins d'aquesta possibilitat per replantejar-se el model energètic, Catalunya té l'oportunitat de dissenyar una transició cap a un model en el qual el que es comercialitzi siguin els serveis energètics i no pas les unitats d'energia, tot i que el marge de maniobra és reduït per l'atribució de competències i per la liberalització en l'àmbit de la Unió Europea. Aquest canvi donarà incentius a les mateixes empreses transformadores a introduir-hi encara més mesures d'estalvi i d'eficiència ja que en sortiran beneficiades.

Una altra de les oportunitats més clares que presenta la situació actual és l'aprofitament de les sinergies que hi ha amb les mesures per lluitar contra el canvi climàtic, ja que una part molt important de les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle correspon al consum d'energia. És evident que entre les mesures de mitigació del canvi climàtic la reducció i l'eficiència en el consum d'energia i l'ús de fonts renovables que no emetin gasos amb efecte d'hivernacle ha de tenir una posició clau. A més a més, entre les mesures d'adaptació també es poden trobar sinergies que signifiquin una millora en termes energètics, com ara la gestió sostenible dels boscos, que es pot valoritzar si es preveu un aprofitament energètic de la biomassa forestal que se n'extregui. D'altra banda, cal aprofitar també que el canvi climàtic té una presència mediàtica actualment molt important, i que pot ser una manera d'arribar a la gent i poder comunicar la necessitat de fer un ús correcte dels recursos energètics.

Aquestes sinergies no es limiten a la lluita contra el canvi climàtic, sinó que hi ha l'oportunitat de pensar de

manera transversal, integrant la política territorial, industrial, la mobilitat i les infraestructures, així com la promoció econòmica, i la política ambiental. De fet, parlar de política energètica de manera aïllada no té molt sentit per resoldre els reptes en l'àmbit de l'energia que té Catalunya. I, a més, algunes mesures reeixen de forma positiva per diferents polítiques i això s'hauria d'aprofitar. Un cas clar, però n'hi ha molts altres, és com una planificació urbana assenyada pot reduir la necessitat de transport, reduint la demanda d'energia, la necessitat d'importar-la i les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle.

9.3.3. Apunt metodològic

Com s'ha dit al llarg dels capítols anteriors, una condició per poder aprofundir en l'anàlisi del metabolisme energètic de Catalunya és disposar de les dades energètiques i econòmiques actualitzades i amb un nivell de desagregació adequat. Cal dir, però, que en els diferents aspectes estudiats hem trobat dificultats per la manca de dades disponibles per a tot el període d'estudi, la baixa qualitat d'algunes, o un nivell de desagregació insuficient, tant en l'àmbit energètic, com en l'econòmic o en el demogràfic. Així, el fet que les dades no es trobin desagregades en més sectors d'activitat (per exemple, la construcció separada de la indústria), o de subsectors industrials, per poder filar més prim en l'anàlisi energètica industrial, ha significat una limitació molt important a l'estudi. Cal destacar també que el sector transport, tot i ser un dels sectors clau per entendre el metabolisme energètic de Catalunya, no s'ha pogut analitzar per separat en el capítol 8 ja que no hi ha informació desagregada sobre el valor afegit que aquest sector representa en el conjunt de l'economia.

Per tant, una conclusió important és que hi ha una manca estructural de dades sobre aspectes claus de la situació energètica, econòmica i ambiental de Catalunya. Una millor informació de base serviria per millorar les diagnòstics i la capacitat d'anàlisi i significaria unes condicions de partida més bones per a la recerca i la planificació energètica a Catalunya.

En aquest sentit, doncs, és important que es publiquin anualment els balanços energètics de Catalunya amb un nivell de desagregació adequat, és a dir, tenint en compte els principals sectors i subsectors econòmics. En especial cal conèixer bé els consums de la construcció, però també de subsectors rellevants com ara la indústria química, la paperera, la del ciment; i activitats com les de les administracions públiques. A més, és crucial disposar de dades fiables demogràfiques, en especial pel que fa a la població nouvinguda, amb les estructures d'edat ben clares i que permetin que les projeccions de població total, i sobretot de població activa als diferents sectors,

siguin més acurades. Finalment, cal que hi hagi sèries històriques de valor afegit i PIB en termes reals i corrents, desagregades també no tan sols en els sectors tradicionals sinó també en diferents activitats i que estiguin enllaçades de tal manera que es puguin fer comparacions temporals.

Referències

COMISSIÓ EUROPEA (2004). *European Union Energy & Transport in Figures 2004*. Luxemburg: Directorate-General Energy and Transport.

COMISSIÓ NACIONAL DE L'ENERGIA (2006). *Informe sobre las ventas de energía del régimen especial en España. Año 2005*.

GENERALITAT DE CATALUNYA, (2006). *Pla de l'Energia de Catalunya 2006-2015. Pla Estratègic*. Barcelona: Departament de Treball i Indústria. (1a edició, juny de 2006).

GIAMPIETRO M. (2003). *Multi-Scale Integrated Analysis of Agro-ecosystems*. CRC Press, Boca Raton, 472 pp.

HALL, C., THARAKAN, P., HALLOCK, J., CLEVELAND, C., JEFFERSON, M. (2003). "Hydrocarbons and the evolution of human culture", *Nature*, Vol. 426 (20): 318-322.

ICAEN (2006). *Balanços d'Energia Primària 1990-2005*. Barcelona: Institut Català de l'Energia. (Mimeo).

MINISTERIO DE INDUSTRIA, TURISMO Y COMERCIO – IDAE (2005). *Plan de Energías Renovables en España 2005-2010*. Madrid: Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, Instituto para la Diversificación y Ahorro Energético (IDAE).

MINISTERIO DE INDUSTRIA, TURISMO Y COMERCIO (2006). *La Energía en España 2005*. Madrid.

RAMOS MARTÍN, J. (1999). *Análisis de Costo-efectividad de la reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero en el Área Metropolitana de Barcelona*. Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona. (Tesis de Màster, Doctorat de Ciències Ambientals).

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

TAINTER, J.A.; ALLEN, T.F.H.; LITTLE, A.; HOEKSTRA, T.W. (2003). "Resource transitions and energy gain: Contexts of organization", *Conservation Ecology*, 7(3): 4.

Glossari

Anàlisi de Fluxos Materials (AFM)

Metodologia d'anàlisi estandarditzada per quantificar la circulació de fluxos de materials a través d'una economia, en unitat físiques.

Balanç Físic Comercial (BFC)

Importacions netes en unitats màssiques. Es poden calcular com la diferència entre les importacions i exportacions en unitats màssiques.

Benchmarking

Comparació entre diferents elements utilitzant la seva posició relativa per a un conjunt de variables i considerant determinats valors de referència (anomenats *benchmark* en anglès).

Biocombustible

Combustible obtingut de biomassa vegetal. Hi ha principalment dos tipus de biocombustible: bioetanol (que substitueix o pot ser barrejat amb benzina), i biodièsel (que substitueix o pot ser mesclat amb gasoil).

Biodièsel

Biocombustible que s'obté de llavors oleaginoses (sobretot colza, girasol i soia). Es fabrica fent reaccionar l'oli vegetal amb un alcohol en un procés anomenat trans-esterificació. Es pot utilitzar barrejat amb gasoil en petits percentatges en qualsevol motor dièsel, o directament en motors construïts específicament.

Bioetanol

Biocombustible que s'obté a través d'un procés de fermentació i destil·lació de plantes sucreres (canya de sucre, remolatxa) o amb un alt contingut en midó (cereals, blat de moro). També s'està treballant en una tecnologia per obtenir bioetanol a partir de la fusta (biocombustibles de segona generació). Pot ser barrejat amb benzina.

Biomassa

A la indústria de l'energia es refereix al material biològic viu o recentment viu que pot ser usat com a combustible per a la producció industrial o d'altres formes d'energia com ara calor o electricitat. Recentment s'inclouen els biocombustibles (com el biodièsel o el bioetanol), que són fruit de cultius específics per a la producció d'aquests substituïts del gasoil i de la benzina. A vegades s'inclouen els residus biodegradables. Normalment es mesura en quantitat de matèria seca.

Calefacció de barri o urbana

Producció de calor (vapor o aigua calenta) de forma centralitzada, generalment en una central de cogeneració, que es distribueix a través d'una xarxa per al subministrament dels serveis energètics d'aigua calenta sanitària i de calefacció a usuaris domèstics i activitats econòmiques (industrials, serveis, etc.) situades en una determinada àrea geogràfica propera a la central de producció. També podem parlar de *climatització urbana* si addicionalment se subministra fred. És traducció del terme anglès *District Heating*.

Capacitat ociosa

Diferència entre la producció potencial màxima de petroli i la quantitat que realment s'ha extret.

Zenit del petroli (o cim del petroli)

El zenit del petroli fa referència al fet que s'està arribant al màxim de la corba d'extracció mundial de petroli. Això no vol dir un esgotament de tot el petroli de manera immediata, però sí que el món veurà un augment progressiu de "l'escassetat" d'aquest recurs, ja que el volum extret anirà disminuint mentre que la demanda mundial continua augmentant. Hubbert, geofísic nordamericà, va ser el primer a parlar de *peak oil*, i va predir que el cim de la producció de petroli als EUA es produiria a finals dels anys 1960 o començament dels 1970 (Hubbert 1956). Més informació: *Associació per a l'estudi del cim del petroli* (www.peakoil.net).

Consum d'energia primària

Agregació de la producció local amb el saldo d'importació/exportació d'energia, tenint en compte les variacions d'estocs i els búnquers.

Consum final d'energia

Quantitat d'energia consumida pels usuaris (ciutadans, activitats econòmiques, indústries no energètiques, serveis i administracions públiques). No inclou l'energia dispersada en processos de transformació i distribució energètica, ni tampoc el consum per a transformació no energètica.

Corba ambiental de Kuznet

Teoria que prediu una relació d'U inversa entre el creixement econòmic i el consum de recursos o els impactes ambientals. En les primeres etapes de desenvolupament d'una economia, el creixement econòmic anirà associat a un augment del consum de recursos naturals, fins a assolir un determinat estadi de desenvolupament, en el qual es

produirà un punt d'inflexió. A partir d'aquest punt, el creixement econòmic haurà revertit en millores econòmiques i tecnològiques que permetin desvincular el creixement econòmic del consum de recursos naturals.

Corbes d'aprenentatge

Corbes que mostren el desenvolupament històric dels costos d'inversió en tecnologies energètiques sobre el total acumulat de capacitat instal·lada.

Corine-aire

Inventari d'emissions realitzats pels estats membres de l'Unió Europea per a la *Coordination of information on the environment* (CORINE). A l'Estat espanyol el porta a terme el Ministeri de Medi Ambient.

Cracker

Instal·lació que permet convertir molècules orgàniques complexes en altres de més lleugeres, trencant els enllaços de carboni.

Desmaterialització (forta i dèbil)

Disminució de l'entrada o consum de materials d'una economia amb el temps. S'anomena desmaterialització forta si es produeix una disminució en valor absolut, és a dir, de les tones totals. La desmaterialització dèbil (o relativa) té lloc quan hi ha una disminució del consum *per capita* o bé per unitat de PIB.

Efecte activitat

Canvis en les demandes d'energia primària entre dos períodes deguts als canvis en els nivells de consum final d'energia.

Efecte substitució

Canvis en les demandes d'energia primària entre dos períodes deguts als canvis en la composició del consum final d'energia.

Efecte transformació

Canvis en les demandes d'energia primària entre dos períodes deguts als canvis en la matriu de transformació energètica.

Efecte total

Canvis en les demandes d'energia primària entre dos períodes deguts al resultat conjunt dels tres efectes anteriors.

Eficiència (d'una conversió energètica)

Relació o raó entre la quantitat d'energia obtinguda i la quantitat introduïda en un convertidor d'energia (caldera, motor, cèl·lula fotovoltaica, etc)

Eficiència energètica de la producció

És una variable intensiva que mesura l'eficiència econòmica amb què utilitzem l'energia, és a dir, mesura quant valor afegit generem amb una unitat d'energia.

Elasticitat-preu

Mesura de la sensibilitat de la quantitat oferta o demandada a les variacions de preu.

Elasticitat-renda de la demanda de petroli

Mesura la sensibilitat de la quantitat de petroli demandada a les variacions de la renda disponible.

Energia final

Energia consumida pels diferents sectors de l'economia. El consum d'energia final és la suma del consum d'energia final del sector primari, la indústria, el transport, el sector residencial, el comerç, etc. Inclou, per tant, l'electricitat, el gas natural de consum, el combustible per al transport, el combustible per a les activitats industrials, etc. Sovint es mesura en tones equivalents de petroli.

Energia primària

Energia continguda en els productes energètics de fonts naturals, que es transforma mitjançant un seguit de processos en una forma utilitzable. Agregació de la producció local amb el saldo d'importació/exportació d'energia, tenint en compte les variacions d'estocs i els búnquers, i per a tots els vectors energètics. Es tracta del total d'energia que una societat necessita per al seu metabolisme, és a dir, per poder funcionar i créixer.

Energia solar termoelèctrica

Energia elèctrica generada a partir de l'energia solar (radiació directa) mitjançant processos d'alta temperatura. Existeixen diversos tipus d'instal·lacions i tecnologies, entre les quals trobem les torres centrals i les cilindro-parabòliques. Per a aplicacions de petita potència es disposa de la tecnologia del disc parabòlic.

EROI

Sigles en anglès de *Energy return on energy investment* (retorn en energia per la inversió en energia). Ens indica quanta energia útil obtenim de l'extracció o transformació d'una font primària energètica per unitat d'energia que s'utilitza. Va ser desenvolupat per Cleveland *et. al.* en un article l'any 1984, on mostraven que l'EROI dels descobriments de petroli dels anys 1930 als Estats Units era de 100, és a dir, s'obtenien 100 unitats d'energia per cada unitat d'energia invertida en recuperar petroli. Actualment aquesta xifra és de només 11 (Cleveland, 2005).

Externalitat

Una externalitat o cost extern es produeix quan l'acció d'un agent implica una afectació positiva o negativa al benestar d'un altre agent que no participa directament de l'acció. Una externalitat ambiental és un dany que es produeix sobre el medi per una determinada activitat o el consum d'un producte, el valor del qual no s'ha tingut en compte en el preu d'aquesta activitat o bé.

Factor d'emissió

Emissió per unitat d'energia. (En el capítol 6 s'utilitza CO₂ per tep).

Flux total d'energia

Total d'energia primària usada per una economia en un any, mesurat en Joules. En la seva versió agregada es correspon amb el que generalment es coneix com Disponibilitat Total d'Energia Primària (o Total Primary Energy Supply, TPES en les sigles en anglès) que és la suma de la producció local, les importacions menys les exportacions i els canvis als estocs d'energia. El TET es pot aplicar també no al conjunt d'una economia sinó només a un sector econòmic. En aquest cas es parla d'energia consumida, amb les sigles ET pel nom en anglès (*energy throughput*). Es defineix com a energia consumida per les activitats del sector *i*. Es mesura també en Joules. Una de les variables de MSIASM. Les seves sigles són TET pel seu nom en anglès (Total Energy Throughput).

Generació distribuïda

Hi ha diverses accepcions d'aquest concepte. Aquí es considera la generació d'energia elèctrica, o l'aprofitament de fonts d'energia primària, de manera descentralitzada en el territori. Les fonts d'energia renovable són les que poden portar a la pràctica d'una manera més clara aquest concepte, ja que es troben distribuïdes per tot el territori (solar) o part del territori (vent, biomassa, geotèrmia, etc.). En un sentit més ampli, també es considera generació distribuïda la generació d'electricitat a partir de centrals de cogeneració que aprofitin gas natural. En aquest cas però, la font d'energia primària es trobaria en jaciments centralitzats. Un dels avantatges de la generació distribuïda és la disminució de les pèrdues energètiques en concepte de transport.

Hipercicle

Part d'un sistema format pels processos que són responsables de proveir el sistema amb el recurs limitat que estiguem analitzant. En el nostre cas correspon a un sector econòmic, responsable de proveir de l'energia neta necessària per al seu funcionament. És a dir, agafa energia primària del medi i la converteix en energia disponible per al sistema, per exemple en la forma de diferents vectors energètics.

Impost ambiental

Impost que en la seva concepció pretén incentivar el canvi de comportaments ambientals entre els que s'hi veuen subjectes, amb independència de la destinació de la recaptació que assoleixi.

Índex de carbonització

Índex que expressa la relació entre les emissions i l'energia consumida relativa a eixes emissions, ambdues en unitats físiques.

Intensitat d'emissió

Relació entre el volum d'emissió i el PIB o un altra variable relacionada amb les emissions. Per exemple: la intensitat d'emissió del sector serveis depèn de la relació entre les emissions generades per aquest sector i el valor afegit produït en els serveis.

Intensitat energètica

Relació entre l'energia primària consumida en unitats físiques i el PIB, a preus constants

Matriu de transformació energètica

Ens referim a la matriu que ens permet estimar quanta energia primària –i la seva composició– és necessària per disposar de cada unitat de consum final d'energia.

Metabolisme social

Per analogia amb el metabolisme dels éssers vius, procés que es produeix en el si d'una societat en què els sectors econòmics utilitzen materials i energia que es transformen per a la producció de béns i serveis. Té com a repercussió la generació de residus materials i calor dissipada que són disposats a l'ambient.

Metabolisme energètic

Concepte equivalent al de metabolisme social, però restringit a l'anàlisi del cas particular del vector energètic.

Petroli pesat

Tot tipus de petroli cru que no flueix de manera fàcil. Es caracteritza per la seva elevada viscositat que fa que l'extracció sigui més costosa (en termes monetaris i d'energia) i que per tant s'exploti després del petroli lleuger. Veneçuela, al riu Orinoco, és el país amb més reserves d'aquest tipus.

Potència instal·lada

Potència per a força motriu, és a dir, capacitat de tots els motors i màquines que transformen qualsevol forma d'energia en energia mecànica utilitzada en el procés industrial.

Preus reals

Preu d'un bé o servei un cop descomptat l'efecte de la inflació.

Producció d'electricitat

Producció d'energia elèctrica mesurada en borns de generador. Es parla de producció bruta si inclou els consums auxiliars, i neta, si s'exclouen.

Producció d'energia primària

Producció local de les diverses formes d'energia.

Producte Interior Brut (PIB)

Indicador macroeconòmic que quantifica, en unitat monetàries, el valor econòmic dels béns i serveis produïts

per una economia en un període determinat. Es defineix com el valor afegit generat per una economia en un any, mesurat en euros (o dòlars). També es pot parlar del PIB d'un sector determinat. En anglès s'anomena *Gross Domestic Product* (GDP), forma com s'utilitza a MSIASM.

Productivitat del treball

Valor afegit generat per una hora de treball, mesurat en €/hora.

Quotes d'Emissió Comercialitzables (QEC)

Instrument de mercat que promou una reducció de la demanda energètica fonamentada en fonts d'energia primària no renovable, principalment gas i petroli, mitjançant l'assignació de drets d'emissió entre ciutadans i organitzacions en el marc d'un màxim volum d'emissions permès que va reduint-se al llarg del temps.

Reforma fiscal ecològica o verda

Introducció de criteris ambientals en el sistema tributari. Tanmateix, sota aquest nom s'acostuma a considerar en concret l'increment dels impostos ambientals en paral·lel a una reducció d'altres càrregues tributàries, i en particular les cotitzacions laborals, que graven –i per tant desincentiven– el factor treball. S'atribueix a la reforma fiscal ecològica la possibilitat d'aconseguir un doble dividend, és a dir, beneficis en el terreny ambiental i laboral.

Règim especial

Instal·lacions de generació d'energia elèctrica que subministren l'electricitat a la xarxa, caracteritzades per la seva elevada eficiència (cogeneració) o perquè aprofiten fonts d'energia renovable (eòlica, etc.). Aquest tipus d'instal·lacions és regulat per la legislació del sector elèctric, la qual estableix un sistema de primes per a l'energia produïda (kWh subministrat a la xarxa).

Reserves provables

Volums que es pensa que existeixen en acumulacions ja descobertes i que s'espera que siguin comercials, però amb menys probabilitat que les reserves provades.

Reserves provades

Estimació del que queda per produir dels jaciments coneguts i dels que es té una raonable certesa de que es podran extreure profitosament.

Saldo d'importació/exportació d'energia

Diferència entre el consum brut d'energia de fonts primàries o equivalents més la variació d'estocs i búnquers, i la producció local d'energia primària.

Sorres enquitranades

Sorres pesades que es troben en la seva major part a la província d'Alberta (Canadà), i també a Veneçuela. En

anglès se les coneix com *Tar Sands* (sorres enquitranades), però també *Oil Sands* (sorres de petroli), o *Bituminous Sands* (sorres bituminoses). Es tracta d'un semi-sòlid que no es pot considerar ni quitrà ni petroli, i que s'ha d'extreure i processar per obtenir-ne petroli cru sintètic o directament els derivats del petroli. Es tracta d'un recurs molt costós en termes d'energia i de diners, que en l'actualitat se sol explotar ja que es troba a prop de jaciments de gas inutilitzats.

Taules input-output

És una manera de comptabilitzar les relacions entre sectors econòmics i els usos dels béns i serveis destinats a la demanda final dels diferents sectors. Des de fa dècades s'utilitza habitualment com a part dels sistemes de Comptabilitat Nacional per reflectir fluxos monetaris. De mode creixent aquestes taules s'estan ampliant per reflectir fluxos físics i, per tant, com a eina per analitzar les relacions entre economia i medi ambient.

Taxa

Tribut que una administració pública cobra com a contraprestació per serveis que presta sense competència de la iniciativa privada. La recaptació no pot excedir en conjunt el cost del servei prestat. També ho són aquells tributs que es cobren per la utilització privativa o especial del domini públic.

Taxa de metabolisme exosomàtic (EMR)

Consum d'energia primària originat per una hora d'activitat humana. Segons quina sigui l'activitat (oci, o treball a la construcció, etc) aquesta variable intensiva serà diferent.

Tona equivalent de petroli (tep)

Unitat d'energia equivalent a 10⁷ quilocalories. S'utilitza normalment en els balanços energètics per expressar els continguts energètics reals de les diferents fonts d'energia en relació amb una unitat estàndard de petroli brut.

Trade-off (intercanvi o compromís)

Deixar d'obtenir una cosa per a poder obtenir una altra. Un balanç de factors, el total dels quals no es pot aconseguir al mateix moment. Si obtens uns en perdràs d'altres. Per exemple, a menys desocupació, més inflació.

TPES (Total Primary Energy Supply)

O bé disponibilitat Total d'Energia Primària. Es calcula com la producció local més les importacions, restant les exportacions, els búnquers marins internacionals, i sumant o restant el canvi als estocs.

Valor Afegit Brut (VAB)

Indicador macroeconòmic que quantifica en unitats monetàries el valor econòmic que afegeix cada etapa del procés productiu a un bé o servei (a diferència del PIB, no inclou els impostos indirectes).

Acrònims

ACS	Aigua Calenta Sanitària	IVA	Impost sobre el Valor Afegit
AFM	Anàlisi de Fluxos Materials	IVMDH	Impost de vendes minoristes de determinats hidrocarburs
AIE	Agència Internacional de l'Energia	IVTM	Impost sobre Vehicles de Tracció Mecànica
AMEEC	Anàlisi del Metabolisme Energètic de l'Economia Catalana	MAT	Línia de Molt Alta Tensió
ANFAC	Asociación Nacional de Fabricantes de Automóviles y Camiones	Mb/d	Milions de barrils (de petroli) diaris
ASIF	Associació de la Indústria Fotovoltaica	MITiC	Ministeri d'Indústria, Turisme i Comerç
ASIT	Associació Solar de la Indústria Tèrmica	MMA	Ministeri de Medi Ambient
ASPO	Associació per a l'estudi del zenit del petroli (<i>peak oil</i>)	MSIASM	Anàlisi Integrada Multiescalar del Metabolisme Social
BCE	Banc Central Europeu	NOx	Òxids de Nitrogen
BP	British Petroleum	OCDE	Organització per a la Cooperació i el Desenvolupament Econòmic
BREF	Best Available Technique REference	OMEL	Operadora del Mercado Ibérico de Energía – Polo Español S.A.
CADS	Consell Assessor pel Desenvolupament Sostenible	OPEP	Organització de Països Exportadors de Petroli
CE	Comissió Europea	PAC	Política Agrícola Comunitària
CENER	Centro Nacional de Energías Renovables	Pc	<i>Per capita</i> o per habitant
CIEMAT	Centre d'Investigacions Energètiques Medioambientals i Tecnològiques	PEC	Pla de l'Energia de Catalunya 2006-2015
CMNUCC	Conveni Marc de Nacions Unides sobre el Canvi Climàtic	PEIT	Plan Español de Infraestructuras del Transporte
CNE	Comissió Nacional de l'Energia	PER	Pla de les Energies Renovables a Espanya, 2005-2010
CO₂	Diòxid de carboni	PIB	Producte Interior Brut
CO₂eq	Diòxid de carboni equivalent	PITC	Pla d'Infraestructures del Transport de Catalunya
CORES	Corporación de Reservas Estratégicas de Recursos Petrolíferos	PMC	Planificació al Mínim Cost
DGT	Direcció General de Trànsit	PSI	Preu sense impostos
EDAR	Estació Depuradora d'Aigües Residuals	PVP	Preu de venda al públic
EIA	Energy Information Administration, Departament d'Energia dels EUA	QEC	Quotes d'Emissió Comercialitzables
ENUSA	Empresa Nacional del Uranio, S.A.	R + D	Recerca i Desenvolupament
EPA	Enquesta de Població Activa	REE	Red Eléctrica de España
EROI	Retorn en energia per la inversió en energia	RFE	Reforma fiscal ecològica
ESCO	Empresa de Serveis Energètics	RSU	Residus Sòlids Urbans
EUA	Estats Units d'Amèrica	SEPI	Sociedad Estatal de Participaciones Industriales
EUROSTAT	Oficina Estadística de la Unió Europea	SOx	Òxids de Sofre
FMI	Fons Monetari Internacional	TPES	Total Primary Energy Supply (Equivalent al consum total d'energia primària)
GLP	Gasos Liguats del Petroli	UE	Unió Europea
GNC	Gas Natural Comprimit	UE-15	Unió Europea formada per 15 països: Alemanya, Àustria, Bèlgica, Espanya, Dinamarca, Finlàndia, França, Grècia, Holanda, Irlanda, Itàlia, Luxemburg, Portugal, Regne Unit i Suècia.
GNL	Gas Natural Liguat	UE-25	Unió Europea dels 25 països. Els anteriors més: Estònia, Eslovàquia, Eslovènia, Hongria, Letònia, Lituània, Malta, Polònia, República Txeca i Xipre
GTL	<i>Gas to Liquids</i>	URR	<i>Ultimate Recoverable Resource</i>
IAE	Impost sobre les Activitats Econòmiques	USGS	<i>United States Geological Survey</i> Institut Geològic dels Estats Units
IAEA	Agència Internacional de l'Energia Atòmica	VAB	Valor Afegit Brut
IBI	Impost sobre Béns Immobles	WAN	World Nuclear Association
ICAEN	Institut Català de l'Energia	WEC	World Energy Council
IDAE	Institut per a la Diversificació i l'Estalvi de l'Energia del Ministeri d'Indústria, Turisme i Comerç	WEO	World Energy Outlook
IDESCAT	Institut d'Estadística de Catalunya	WTI	West Texas Intermediate
IE	Intensitat Energètica		
IER	Escenari Intensiu en Eficiència i Energies Renovables (del Pla de l'Energia de Catalunya)		
INE	Institut Nacional d'Estadística		
IPC	Index de Preus al Consum		
IPCC	Grup Intergovernamental sobre el Canvi Climàtic		
IRPF	Impost sobre la Renda de les Persones Físiques		

Acrònims de l'anàlisi MSIASM

AG	Agricultura (A MSIASM inclou tot el sector primari)
ELP	Productivitat Econòmica del Treball
EMR	Taxa de Metabolisme Exosomàtic
EMR_{HH}	Taxa de Metabolisme Exosomàtic del Sector Domèstic
EMR_i	<i>Exosomatic Metabolic Rate</i> , o taxa de metabolisme exosomàtic del sector <i>i</i>
EMR_{PW}	Taxa de Metabolisme Exosomàtic dels sectors productius
EMR_{SG}	Taxa de Metabolisme Exosomàtic dels Serveis i l'Administració
HA_i	<i>Human Activity</i> , o activitat humana, del sector <i>i</i>
HA_{PW}	Activitat Humana dedicada a generació de valor afegit
HH	<i>HouseHold sector</i> , o sector de les famílies
PS	<i>Productive Sector</i> , o Sector de la Indústria, que en aquest estudi inclou, a part de les manufactures, el sector de l'energia i la construcció
SG	<i>Services and Government</i> , o Administració i Serveis
TET	<i>Total Energy Throughput</i> , o consum total d'energia
THA	<i>Total Human Activity</i> , o activitat total disponible
PW	<i>Paid Work sector</i> , o sector productiu, generador de valor afegit

Principals unitats utilitzades

Mbd	milions de barrils diaris
MJ	mega joule (10 ⁶ joules)
GJ	Giga Joule (10 ⁹ Joules)
TJ	Tera Joule (10 ¹² Joules)
PJ	Peta Joule (10 ¹⁵ Joules)
tep	Tona equivalent de petroli (41.868 MJ)
ktep	Milers de tones equivalents de petroli
kWh	Quilovat hora (3,6 MJ)
MW	Megawat (10 ⁶ vats), unitat de potència
MWh	Megavat hora (3.600 MJ)

Índex de figures

Figura 1.	Zenit del petroli als EUA segons <i>Hubbert</i>	10
Figura 2.	Consum d'energia primària a Catalunya entre 1990 i 2005 (milers de tep)	21
Figura 3.	Consum d'energia primària a Catalunya els anys 1990 i 2005, i previsió per al 2015 (escenari IER del PEC).....	22
Figura 4.	Producció d'energia primària a Catalunya entre 1990 i 2005 (en milers de tep).....	22
Figura 5.	Producció d'energia primària a Catalunya el 1990 i 2005, i previsió per al 2015 (escenari IER del PEC).....	23
Figura 6.	Saldo d'intercanvis internacionals d'energia primària entre 1990 i 2005 (milers de tep)	23
Figura 7.	Saldo d'intercanvis internacionals d'energia primària a Catalunya el 1990 i 2005, i previsió per al 2015 (escenari IER del PEC).....	23
Figura 8.	Evolució de la dependència de l'exterior, dels combustibles fòssils i de l'energia nuclear 1990-2005	24
Figura 9.	Consum d'energia primària del sector de l'energia per components 1990-2005.....	25
Figura 10.	Evolució de l'eficiència del sector de l'energia. Energia primària usada pel sector de l'energia com a fracció del total	25
Figura 11.	Consum d'energia primària per sectors entre 1990 i 2005 (milers de tep).....	25
Figura 12.	Consum d'energia primària per sectors 1990 i 2005, i previsió per al 2015 (escenari IER).....	26
Figura 13.	Consum energia final a la indústria en el període 1990-2005 (milers de tep).....	26
Figura 14.	Consum energia final en el transport 1990-2005 (milers de tep).....	26
Figura 15.	Consum energia final sector domèstic en el període 1990-2005 (milers de tep).....	27
Figura 16.	Consum energia final del sector serveis en el període 1990-2005 (milers de tep)	27
Figura 17.	Consum energia final del sector primari entre 1990 i 2005 (milers de tep).....	28
Figura 18.	Consum d'energia final per vectors energètics, entre 1990 i 2005 (milers de tep).....	28
Figura 19.	Evolució del consum d'energia renovable per font d'energia.....	30
Figura 20.	Evolució de les energies renovables “emergents”	30
Figura 21.	Contribució de cada font renovable respecte el total d'energia primària renovable l'any 2005 i previsió per al 2015 a Catalunya	33
Figura 22.	Costos mitjans de generació d'electricitat segons la font.....	36
Figura 23.	Origen de les importacions de gas natural a l'Estat el 2005.....	38
Figura 24.	Evolució de l'eficiència de les cel·les fotovoltaïques	43
Figura 25.	Evolució del cost del kWh fotovoltaic.....	44
Figura 26.	Empreses del sector eòlic a l'Estat espanyol (finals de 2005)	46
Figura 27.	La trans-esterificació	48
Figura 28.	Canvi en les principals emissions del biodièsel B20	56
Figura 29.	Factors d'emissió dels principals contaminants associats al transport dels principals combustibles en el mercat	56
Figura 30.	Evolució dels consums finals d'energia total i per sectors. Catalunya, 1990-2005, base 1990=100.....	67

Figura 31.	Evolució dels consums finals d'energia total i per sectors i del PIB "real". Catalunya, 1990-2005, base 1990=100	68
Figura 32.	Distribució de l'energia bruta produïda i de la potència instal·lada segons el tipus de central de generació a Catalunya l'any 2003.....	82
Figura 33.	Dies de funcionament de les diferents centrals tèrmiques (CT) durant l'any 2003 a Catalunya, suposant l'operació a potència nominal.....	82
Figura 34.	Principals increments de la potència que cal instal·lar tenint en compte l'aportació de cada tipologia de tecnologia a la producció d'energia total.....	87
Figura 35.	Potència instal·lada i energia produïda per les centrals hidroelèctriques en règim especial en el període 1998-2005 a Catalunya.....	91
Figura 36.	Mapa de les zones de compatibilitat amb l'energia eòlica a partir de criteris ambientals.....	92
Figura 37.	Potència instal·lada en centrals de cogeneració a Catalunya.....	93
Figura 38.	Distribució de les centrals de cogeneració a Catalunya segons la potència.....	93
Figura 39.	Desenvolupament de les tecnologies d'aprofitament de les energies renovables	95
Figura 40.	Distribució dels costos d'inversió, operació i combustible de les centrals de cycle combinat (gas natural) i centrals nuclears	96
Figura 41.	Xarxa de transport d'energia elèctrica a Catalunya on es poden observar els dos eixos.....	97
Figura 42.	Mapa municipal on es mostra la generació d'energia elèctrica (mapa esquerra) i el consum d'energia (mapa dret).....	98
Figura 43.	Evolució del grau d'autoabastiment de la producció energètica a l'Estat espanyol (1980-2004)	106
Figura 44.	Evolució de la producció pròpia d'energia primària a l'Estat espanyol en el període 1980-2004	106
Figura 45.	Distribució del consum de petroli a Catalunya en termes d'energia primària segons els usos (1990-2005) (en ktep).....	107
Figura 46.	Producció de petroli als jaciments de l'Estat espanyol (1999-2005)	107
Figura 47.	Producció de petroli als jaciments de l'Estat espanyol (2004).....	107
Figura 48.	Importacions de petroli a l'Estat espanyol per regions geogràfiques (1999-2005).....	108
Figura 49.	Importacions de petroli per país d'origen (2005).....	108
Figura 50.	Consum de productes petrolers per a usos no energètics i al sector energètic a Catalunya	109
Figura 51.	Distribució geogràfica de la producció química de l'Estat espanyol	110
Figura 52.	Capacitat productiva de la indústria química a Tarragona respecte el total de l'Estat.....	111
Figura 53.	Consum de derivats del petroli al sector industrial a Catalunya 1990-2005.....	112
Figura 54.	Consum final d'energia al transport per combustibles (2005)	113
Figura 55.	Consum energètic a Catalunya al sector transport, per combustibles (1990-2005) en milers de tep	114
Figura 56.	Evolució del nombre de viatgers a RENFE, FGC i autobusos regulars a Catalunya (1990-2003)	117
Figura 57.	Corba original de Hubbert per a la producció de petroli als EUA.....	120
Figura 58.	Revisió i evolució de reserves provades de l'OPEP (en milers de milions de barrils)	121
Figura 59.	Diferents estimacions per a l'URR (recurs últim recuperable) de petroli a nivell mundial.....	121
Figura 60.	Relació entre descobriments i consum de petroli.....	122
Figura 61.	Escenaris de producció anual de petroli segons l'EIA en milers de milions de barrils anuals.....	123
Figura 62.	Producció de petroli fins al 2030, per fonts.....	123

Figura 63. Evolució de les emissions de CO ₂ a Catalunya i distància respecte el compromís espanyol d'emissions de gasos amb efecte d'hivernacle (100=nivell de 1990)	131
Figura 64. Evolució de les emissions i dels diferents factors en números índex (100=nivell 1990)	132
Figura 65. Intensitat d'emissions del PIB i els seus factors explicatius (100=nivell 1990)	134
Figura 66. Relació entre la intensitat energètica del PIB (tep/106 €) i el PIB <i>per capita</i> (€/hab)	135
Figura 67. Relació entre l'ús d'energia primària <i>per capita</i> (tep/hab) i el PIB <i>per capita</i> (€/hab)	135
Figura 68. Relació entre les emissions de CO ₂ <i>per capita</i> (tones/hab) i el PIB <i>per capita</i> (€/hab)	136
Figura 69. El concepte 50-50 aplicat a l'energia en una escola	150
Figura 70. Compres públiques energèticament sostenibles	152
Figura 71. Planificació del volum d'emissions permès	169
Figura 72. Compra i lliurament d'unitats a través d'un creador de mercat	171
Figura 73. Lliurament d'unitats directament al proveïdor d'energia	172
Figura 74. Esquema operatiu de les QEC	173
Figura 75. Distribució del temps a Catalunya entre producció i no producció els anys 1990 i 2005	188
Figura 76. Fracció de les hores de treball dedicada als tres sectors econòmics	189
Figura 77. Intensitat energètica (EI) i consum total d'energia primària (TET) (1990-2005)	190
Figura 78. Intensitat energètica dels sectors econòmics (MJ/€)	190
Figura 79. Intensitat energètica primària en MJ/€ a diferents països	191
Figura 80. Evolució de la població i del consum d'energia primària	191
Figura 81. Consum d'energia primària <i>per capita</i> , GJ/habitant	191
Figura 82. Consum d'energia primària <i>per capita</i> (GJ/hab.)	192
Figura 83. Evolució del PIB i del PIB <i>per capita</i> , 1990-2005	192
Figura 84. PIB <i>per capita</i> , (en €/hab)	193
Figura 85. Valor Afegit Brut dels diferents sectors (en percentatge)	193
Figura 86. Evolució de la productivitat del treball (ELP) als sectors econòmics	193
Figura 87. Consum total d'energia primària i PIB	194
Figura 88. Taxa de metabolisme (consum d'energia per hora) dels sectors productius (EMRPW) i domèstic (EMRHH), en MJ/h	195
Figura 89. Evolució de les EMRi	197
Figura 90. Relació entre EMR i ELP a Catalunya (1990-2005)	199
Figura 91. Creixement d'EMRPW i EMRHH	200
Figura 92. Creixement anual d'EMRPW i EMRHH	200
Figura 93. Creixement del consum d'energia primària, energia final, PIB i població a Catalunya, entre 1990 i 2005 (nivell 1990=100)	206
Figura 94. Increment del consum d'energia primària entre 1990 i 2005, i contribució de cada vector	207
Figura 95. Consums de productes petrolers per sectors, any 2005	208
Figura 96. Distribució de la generació d'electricitat a Catalunya segons la font per a l'any 2003	210
Figura 97. Consum d'energia primària per sectors, 1990 i 2005	218

Índex de taules

Taula 1.	Índex de vulnerabilitat del petroli	15
Taula 2.	Consum d'energia primària renovable els anys 1990, 1995, 2000 i 2005 (milers de tep i percentatge sobre el total d'energia renovable)	29
Taula 3.	Contribució actual i prevista de les energies renovables en termes d'energia primària a Catalunya (milers de tep i percentatge)	31
Taula 4.	Resum d'objectius de contribució de les energies renovables	32
Taula 5.	Consum energia primària per font (tep) a Catalunya	32
Taula 6.	Resum dels costos de generació per fonts renovables (c€/kWh)	34
Taula 7.	Costos de la generació d'electricitat amb biomassa i biogàs	34
Taula 8.	Reserves d'urani amb un cost d'extracció inferior a 80 \$/kg	41
Taula 9.	Mescles més usades de biodièsel	48
Taula 10.	L'ús d'energia en el sector del transport (milers de tep)	48
Taula 11.	Requeriment de llavors oleaginoses i de terra per assolir els objectius del PEC	50
Taula 12.	Usos del sòl a Catalunya, 2004 (hectàrees), i superfície necessària per al cultiu d'oleaginoses per a biodièsel (total demanda prevista el 2015)	50
Taula 13.	Alternatives considerades en l'anàlisi	51
Taula 14.	Producció agrícola a Catalunya, 2003	51
Taula 15.	Canvis en l'ús de la terra	52
Taula 16.	Variació en la importació de cereals i farratge	52
Taula 17.	Comerç exterior de productes alimentaris a Catalunya, 2003 (t)	53
Taula 18.	Augment en el consum d'aigua (milions de metres cúbics)	53
Taula 19.	Ús de fertilitzants (kg/ha per any)	54
Taula 20.	L'augment del potencial d'eutrofització (tones de PO43- eq)	54
Taula 21.	Emissions de CO ₂ relacionades amb els objectius de l'escenari IER (592.000), en tones	55
Taula 22.	Cultius industrials, hectàrees	57
Taula 23.	Matriu d'impactes de les alternatives estudiades	59
Taula 24.	Consums finals d'energia per sectors. Valors absoluts, pes relatiu i variació. Catalunya, 1990-2005	67
Taula 25.	Consums finals d'energia segons tipus d'energia. Valors absoluts i proporció respecte el total. Catalunya, 1990-2005	68
Taula 26.	Entrades i sortides d'energia a Catalunya, 2005 (en ktep)	71
Taula 27.	Matriu de relacions energètiques directes	72
Taula 28.	Matriu de necessitats d'energia primària lligades als diferents tipus de consums finals d'energia, Catalunya, 2005	73
Taula 29.	Requeriments totals d'energia primària de les diferents activitats a Catalunya, 2005	74
Taula 30.	Matriu de necessitats d'energia primària lligades als diferents tipus de consums finals d'energia, Catalunya, 1990-1992.	74

Taula 31. Matriu de necessitats d'energia primària lligades als diferents tipus de consums finals d'energia, Catalunya, 2003-2005	75
Taula 32. Efectes per sectors. Canvis en valors absoluts (kteps). Mitjana de 2003-05 respecte a mitjana de 1990-92. Catalunya.....	76
Taula 33. Efectes per fonts energètiques. Canvis en valors absoluts (kteps). Mitjana de 2003-05 respecte a la mitjana de 1990-92. Catalunya.....	77
Taula 34. Centrals de generació d'energia elèctrica i potència instal·lada l'any 2003 a Catalunya.....	81
Taula 35. Energia bruta produïda per les centrals de generació d'energia elèctrica l'any 2003 a Catalunya.....	81
Taula 36. Energia bruta produïda segons els combustibles	82
Taula 37. Consum d'energia primària en (ktep) per a la generació d'energia elèctrica segons la font energètica el 2003.....	83
Taula 38. Distribució de l'energia elèctrica bruta produïda per tipus de font energètica per a Catalunya el 2004 i Espanya el 2003.....	83
Taula 39. Tipus de centrals de generació d'energia elèctrica i potència instal·lada a Catalunya segons el Pla de l'energia 2006-2015 l'any 2015	84
Taula 40. Increment de la potència instal·lada i distribució en la producció d'energia bruta per cada tipus de central elèctrica segons els dos escenaris del Pla de l'energia (Base i IER) per al període 2003 a 2015..	85
Taula 41. Increment i distribució de l'energia elèctrica bruta produïda per cada tipus de font d'energia segons els dos escenaris (Base i IER) per al període 2003 a 2015 previst en el Pla de l'energia de Catalunya.....	86
Taula 42. Previsió de la distribució de l'energia elèctrica bruta produïda per font energètica per a Catalunya el 2015 i a Espanya el 2010	86
Taula 43. Emissions de CO ₂ de la producció d'energia elèctrica seguint la metodologia de l' <i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i> (IPCC).....	87
Taula 44. Distribució de la potència i energia bruta generada per les centrals de generació d'energia elèctrica segons el règim de producció.....	87
Taula 45. Característiques de les centrals nuclears que operen a Catalunya.....	88
Taula 46. Situació de l'emmagatzematge temporal dels residus a les piscines de les centrals nuclears de Catalunya, el 31 de desembre de 2004.....	88
Taula 47. Característiques de les centrals de fuel i gas en operació a Catalunya.....	89
Taula 48. Centrals tèrmiques que actualment no són operatives	89
Taula 49. Característiques de les centrals de cicle combinat en operació.....	89
Taula 50. Centrals de cicle combinat previstes a Catalunya a partir de la informació facilitada pels promotors.....	90
Taula 51. Central tèrmica de carbó a Catalunya	90
Taula 52. Principals centrals hidroelèctriques.....	90
Taula 53. Parcs eòlics en operació a finals de 2003	91
Taula 54. Nous parcs eòlics en operació a finals de setembre de 2006 (des de 2004).....	92
Taula 55. Llocs de treball creats per les diverses tecnologies de generació d'energia elèctrica	94
Taula 56. Pèrdues en el transport i la distribució d'electricitat expressada en valors absoluts (kTep) i relatius (percentatge del total d'energia bruta produïda).....	97
Taula 57. Planta de regasificació a Catalunya.....	99

Taula 58. Presència de la xarxa de gas natural canalitzat per al subministrament a clients segons els municipis i la població l'any 2004.....	99
Taula 59. Previsió de subministrament de gas natural canalitzat a Catalunya segons els municipis i la població l'any 2015.....	100
Taula 60. Consums propis del sector d'exploració i producció petroliera (milers de tep), segons l'escenari IER..	109
Taula 61. Consums propis del sector de refinat i semi-manufactures petrolieres (milers de tep), segons l'escenari IER.....	109
Taula 62. Sectors i producció de la indústria química a Catalunya.....	111
Taula 63. Assignacions d'emissions per activitats PNA 2005-2007 i 2008-2012 (en milions de tones de CO ₂ eq).....	112
Taula 64. Descomposició de les emissions de CO ₂ a Catalunya entre 1990 i 2004.....	133
Taula 65. Emissions de CO ₂ per grups de processos, 2004.....	137
Taula 66. Emissions de CO ₂ (kt) mitjanes en el període 1990 – 92.....	138
Taula 67. Emissions de CO ₂ (kt) mitjanes en el període 2003 – 05.....	138
Taula 68. Estimació de les emissions de CO ₂ per fonts d'energia primària.....	139
Taula 69. Estimació de les emissions sectorials de CO ₂	139
Taula 70. Efectes explicatius de la contribució de les fonts d'energia primària a la variació de les emissions	140
Taula 71. Efectes explicatius de la contribució sectorial a la variació de les emissions	141
Taula 72. Contribució a l'augment de les necessitats d'energia primària i de les emissions de CO ₂ per efectes ... explicatius (%).....	142
Taula 73. Descomposició de la variació d'emissions en efectes.....	144
Taula 74. Llindars i tipus impositius de l'impost sobre emissions de Castella-La Manxa	155
Taula 75. Llindars i tipus impositiu de l'impost sobre emissions d'Andalusia.....	155
Taula 76. Reduccions sobre l'impost d'emissions d'Aragó.....	156
Taula 77. Llindars i tipus impositiu de l'impost sobre emissions de Múrcia.....	156
Taula 78. Residus nuclears emmagatzemats a les centrals a Catalunya a finals de 2005	159
Taula 79. Resum d'actuacions en l'àmbit de la fiscalitat de l'energia	163
Taula 80. Propostes per assignar drets d'emissió <i>per càpita</i>	167
Taula 81. Actors en el mercat de quotes d'emissió comercialitzables	168
Taula 82. Relació entre combustibles i formes de producció d'energia i les unitats d'emissió generades en el cas del Regne Unit.....	170
Taula 83. Les QEC i el mercat europeu de comerç d'emissions	174
Taula 84. Transició des del mercat europeu d'emissions a un mercat QEC	175
Taula 85. Possibilitats d'actuació de la Generalitat en fiscalitat sobre l'energia.....	178
Taula 86. Divisió en compartiments de l'economia catalana	184
Taula 87. Variables utilitzades a MSIASM	184
Taula 88. Indicadors que s'utilitzen a MSIASM	185
Taula 89. Aportació dels sectors al valor afegit i fracció de la població activa (percentatge)	193
Taula 90. Eficiència econòmica del consum d'energia en euros per GJ	201
Taula 91. Consums finals d'energia per sectors. Valors absoluts, pes relatiu i variació. Catalunya, 1990-2005.....	218

Publicacions del Consell Assessor per al Desenvolupament Sostenible de Catalunya (CADS)¹

Amb l'objectiu de difondre el coneixement i la sensibilització sobre el desenvolupament sostenible, el CADS disposa d'un pla editorial que consta de diverses col·leccions:

Monografies del CADS

Informes periòdics i altres documents de rellevància, elaborats pel CADS.

Aportacions a l'Agenda 21 de Catalunya. El compromís de Catalunya per a un futur sostenible. Fase d'informació (febrer-juny 2001).

Informe sobre l'evolució de l'estat del medi ambient a Catalunya. 1 (aire, aigües continentals i residus).

Informe sobre l'evolució de l'estat del medi ambient a Catalunya. 2 (Litoral, Biodiversitat, Sòl i territori).

Papers de Sostenibilitat

Documents de referència sobre desenvolupament sostenible.

Núm. 1. *Governança sostenible. Aspectes institucionals i de procediment de la sostenibilitat a la Unió Europea. Fòrum Consultiu Europeu sobre Medi Ambient i Desenvolupament Sostenible.*

Núm. 2. *Governance for Sustainable Development. Barcelona Workshop, April 18-19, 2002.*

Núm. 3. *Estratègia de la Unió Europea per a un Desenvolupament Sostenible.*

Núm. 4. *D'una Terra a un món. Recapitulació de la Comissió Mundial sobre el Medi Ambient i el Desenvolupament.*

Núm. 5. *Strategies for Sustainable Development. Roles & Responsibilities along the Global-local Axis. Barcelona Workshop. June 12-13, 2003. (text en anglès)*

Núm. 6. *Principis directors per al desenvolupament territorial sostenible del continent europeu. Consell d'Europa.*

Núm. 7. *Institutions for Sustainable Development. Institucions per al Desenvolupament Sostenible. Barcelona Workshop. June 14-14, 2004.*

Núm. 8. CONSELL D'EUROPA. *Conveni Europeu del Paisatge.*

Núm. 9. *Documents de la Conferència sobre el Conveni Europeu del Paisatge en ocasió de la seva entrada en vigor. Estrasburg, 17 de juny de 2004.*

Núm. 10. *Orientacions bàsiques per a la sostenibilitat del turisme europeu. Comunicació de la Comissió al Consell, al Parlament Europeu, al Comitè Econòmic i Social i al Comitè de les Regions.*

Núm. 11. *Directiva marc de l'aigua de la Unió Europea.*

Núm. 12. TORRES i GRAU, Pere. *Governança per al desenvolupament sostenible: de la teoria a la pràctica.*

Núm. 13. CAPDEVILA, Laia; GÓMEZ, Aglaia i GÓMEZ, Dani (coords.) *Canvi climàtic i crisi energètica: solucions comunes. Documents de les jornades organitzades per OCEAS.*

Documents de recerca

Síntesi d'alguns dels estudis encarregats pel CADS.

Núm. 1. QUERALT i BASSA, Arnau; CAZORLA i CLARISÓ, Xavier. *Els Consells nacionals sobre medi ambient i desenvolupament sostenible. Aspectes introductoris.*

Núm. 2. *La governança per al desenvolupament sostenible a Catalunya. Conceptes, requeriments institucionals i elements d'anàlisi.*

Núm. 3. CAZORLA i CLARISÓ, Xavier; TÀBARA, Joan David. *Innovació metodològica i institucional en la planificació participativa de l'aigua. Avaluació integrada i aprenentatge social per a la sostenibilitat.*

Núm. 4. *Interrelació entre variables demogràfiques i variables ambientals. Demografia, poblament, mobilitat i modes de vida: Variables d'interès per al medi ambient i el desenvolupament sostenible.*

¹ Llista de les publicacions del CADS actualitzada l'1 de gener de 2009.

Núm. 5. *Governance for Sustainable Development in Catalonia. Concepts, institutional requirements and analytic elements. La gobernanza para el desarrollo sostenible. Conceptos, requerimientos institucionales y elementos de análisis.*

Núm. 6. PRATS i CATALÀ, Joan. *Estratègies per al desenvolupament sostenible. Lliçons de l'experiència internacional. Estrategias para el desarrollo sostenible. Lecciones de la experiencia internacional. Strategies for Sustainable Development. Lessons from the International Experience.*

Núm. 7. MAYOR FARGUELL, Xavier; QUINTANA LOZANO, Vanesa; BELMONTE ZAMORA, Ricard. *Aproximació a la petjada ecològica de Catalunya. Aproximación a la huella ecológica de Catalunya. An Approximation to the Ecological Footprint of Catalonia.*

Núm. 8. CAMPILLO i BESSES, Xavier; FONT i FERRER, Xavier. *Avaluació de la sostenibilitat del turisme a l'Alt Pirineu i Aran.*

Núm. 9. LERGA FELIP, Maura. *Resolució de conflictes socials de component ambiental. Elements introductoris.*

Núm. 10. PRATS, Joan i TORRES, Pere (dir.); BATLLEVELL, Marta (coord.). *Avaluació de l'Impacte Regulatori: Pràctica internacional i aplicabilitat a Catalunya. Evaluación del Impacto Regulatorio: Práctica internacional y aplicabilidad en Cataluña. Regulatory Impact Assessment: International preactices and applicability in Catalonia.*

Núm. 11. FORÉS, Elisenda; SEUBAS, Judit i TORNÉ, Olga. *Catalunya estalvia aigua.*

Núm. 12. FERRAN i MÈLICH, Antoni. *Una iniciativa innovadora en l'ordenació del territori: El Pla Director Supramunicipal de Sostenibilitat de la Mancomunitat de Municipis de l'Alt Penedès*

Núm. 13. MAYOR i FARGUELL, Xavier. *Connectivitat ecològica: elements teòrics, determinació i aplicació. Importància de la connectivitat ecològica com a instrument de preservació de l'entorn d'ordenació del territori a Catalunya.*

Núm. 14. TÀBARA, J. David. *Percepció pública i política del canvi climàtic a Catalunya.*

Documents internacionals

Textos rellevants en matèria de medi ambient i desenvolupament sostenible d'àmbit internacional. L'any 2001,

el CADS va reprendre l'edició d'aquesta col·lecció, iniciada pel Departament de Medi Ambient de la Generalitat, en la qual s'havien publicat 7 volums.

Núm. 8. *Els reptes de l'aplicació de la Directiva sobre avaluació ambiental estratègica. Les regions europees davant de la Directiva 2001/42/CE del Parlament Europeu i del Consell, relativa a l'avaluació dels efectes de determinats plans i programes sobre el medi ambient.*

Núm. 9. CONSELL D'EUROPA. *Conveni Europeu del Paisatge.*

Núm. 10. *Els acords de Johannesburg. Declaració de Johannesburg sobre Desenvolupament Sostenible. Pla d'aplicació de les decisions de la Cimera Mundial sobre Desenvolupament Sostenible. Declaració de Gauteng.*

Núm. 11. *Declaració de la Conferència de les Nacions Unides sobre el Medi Ambient Humà. Estocolm, juny de 1972.*

Núm. 12. *Medi Ambient 2010: el futur és a les nostres mans. Programa d'acció per al medi ambient a Europa a començaments del segle XXI.*

Núm. 13. *Canvi climàtic 2001. III Informe del Grup Intergovernamental d'Experts sobre el Canvi Climàtic (IPCC).*

Núm. 14. *Un món sostenible és possible. Fòrum global dels pobles. Declaració de la societat civil. Johannesburg, 24 d'agost – 3 de setembre de 2002.*

Núm. 15. *Conveni sobre l'accés a la informació, la participació del públic en la presa de decisions i l'accés a la justícia en matèria de medi ambient (Conveni d'Àrhus). Directiva 2003/4/CE i Directiva 2003/35/CE del Parlament Europeu i del Consell.*

Núm. 16. *Aspectes econòmics del canvi climàtic. Resum executiu*

Núm. 17. *IV informe d'avaluació de l'IPCC. Base científica, impactes, adaptació i mitigació.*

Informes del CADS

Núm 1 (TI). *Informe sobre el Canvi Climàtic a Catalunya. (Text íntegre).*

Núm. 1 (RE). *Informe sobre el Canvi Climàtic a Catalunya. Resum executiu. (Textos en català, castellà i anglès).*

Núm. 1 (CD). *Informe sobre el Canvi Climàtic a Catalunya*. CD ROM amb el text íntegre i el resum executiu.

Núm. 2. *La Directiva Marc de l'Aigua a Catalunya. Conceptes, reptes i expectatives en la gestió dels recursos hídrics. La Directiva Marco del Agua en Catalunya. The Water Framework Directive in Catalonia*. (Llibre en català. CD ROM amb els textos català, castellà i anglès).

Núm. 3. *Una estratègia de desenvolupament sostenible per a l'Euroregió Pirineus-Mediterrània: orientacions bàsiques*. (Textos en català, castellà, francès i anglès).

Núm. 4. *Turisme sostenible: experiències europees aplicables a Catalunya*. (Textos en català, castellà, francès i anglès).

Núm. 5. *Informe per a la millora de la gestió dels purins porcins a Catalunya. 2008* (Textos en català i castellà).

Núm. 6. *RISKCAT. Els riscos naturals a Catalunya. Informe executiu. Los riesgos naturales en Cataluña. Natural Risks in Catalonia*. (Textos en català, castellà i anglès. El CD annex conté set informes d'expertesa temàtica i un informe sobre el marc jurídic).

Memòria del CADS

Memòria institucional del Consell Assessor per al Desenvolupament Sostenible de Catalunya

Memòria 2001-2003

Memòria 2004-2005

Memòria 2006-2007

Coedicions

Informe Planeta Viu (coeditat amb Unescocat i Angle Edicions).

Altres publicacions

X un bon clima. Manual per a fer minvar el canvi climàtic i sobre com adaptar-s'hi.

X un bon clima. Calculadora de carboni. Una guia d'acció contra el canvi climàtic.

Si teniu interès en alguna d'aquestes publicacions,
podeu consultar-ne el text al nostre web

<http://www.gencat.cat/cads>

o bé podeu posar-vos en contacte amb nosaltres

**Consell Assessor per al
Desenvolupament Sostenible de Catalunya (CADS)**

Avinguda Sarrià 30, 1r 3a
08029 Barcelona

Tel. (+34) 93 363 38 67

Fax. (+34) 93 410 09 39

a/e: cads.vicepresidencia@gencat.cat.