

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

Bloc 10: Anàlisi Integrada Multi-escala del Metabolisme Energètic de Catalunya

Jesús Ramos Martín, Sílvia Cañellas Boltà i Mario Giampietro

Maig de 2007

Estudi encarregat pel Consell Assessor per al Desenvolupament Sostenible (CADS). Generalitat de Catalunya.

Equip de recerca: Jesús Ramos Martín (coordinador) i Sílvia Cañellas Boltà

Institut d'Estudis Catalans (IEC)

Anàlisi del Metabolisme Energètic de l'Economia Catalana (AMEEC)
Bloc 10: Anàlisi Integrada Multi-escala del Metabolisme Energètic de Catalunya

Maig 2007

Continguts

Resum Executiu	1
Introducció i estructura del bloc.....	1
Anàlisi MSIASM	1
Resultats de l'anàlisi MSIASM	2
Ús de MSIASM per a la generació d'hipòtesis	5
Resultats de l'anàlisi de les hipòtesis.....	6
Discussió.....	7
Conclusions	9
Comentaris finals	10
1. Introducció	11
2. Descripció de l'anàlisi MSIASM	13
2.1. Descripció i definició de les variables.....	13
2.2. Dades utilitzades a l'anàlisi	16
2.3. Horitzó temporal i escala d'anàlisi.....	18
3. Anàlisi del metabolisme energètic de l'economia catalana 1990 - 2005	21
3.1. Estructura econòmica de Catalunya	21
3.2. Anàlisi convencional de la intensitat energètica	24
3.3. Lectura econòmica de la societat catalana	29
3.4. Lligam entre lectura econòmica i biofísica	33
3.5. Anàlisi integrada.....	35
3.5.1 Nivell n: Catalunya.....	35
3.5.2 Nivell n-1: Producció i consum	36
3.5.3 Nivell n-2: Evolució dels sectors productius	38
4. Ús de MSIASM en l'avaluació d'hipòtesis	41
4.1. Introducció a les hipòtesis avaluades.....	41
4.1.1 Hipòtesi A	41
4.1.2 Hipòtesi B	44
4.1.3 Hipòtesi C.....	45
4.2. Resultats de la hipòtesi A.....	45
4.2.1 Estructura econòmica de les hipòtesis A i B	45
4.2.2 Lectura biofísica dels resultats de la hipòtesi A.....	49
4.2.3 Anàlisi Integrada dels resultats de la hipòtesi A.....	53
4.2.4 Conclusió de la hipòtesi A.....	55
4.3. Resultats de la hipòtesi B.....	56
4.4. Resultats de la hipòtesi C.....	57
4.5. Algunes dades conjuntes de les tres hipòtesis.....	59
5. Discussió dels resultats	63
5.1. Evolució de l'economia catalana entre 1990 i 2005	63
5.1.1 Distribució del temps entre les diverses activitats	63
5.1.2 Estructura econòmica	64
5.1.3 Lligam entre creixement econòmic i consum d'energia.....	65
5.1.4 Sobre l'evolució dels diferent sectors (nivell n-1)	67
5.1.5 Sobre l'evolució dels subsectors (nivell n-2)	69
5.2. Comentaris sobre MSIASM i l'avaluació d'hipòtesis d'evolució del metabolisme energètic.....	71

6. Conclusions	75
Referències	79
Llistat dels principals acrònims utilitzats.....	81
Índex de termes	82
Glossari	83
Nota sobre la metodologia MSIASM	84
Annex I: Equacions de congruència, relacions utilitzades i taules de dades	85
Annex II: Taules de dades.....	87
Annex III: Correlacions.....	99

Índex de Figures

Figura 1: Divisió en compartiments de l'economia catalana	14
Figura 2: Distribució del temps a Catalunya entre producció i no producció els anys 1990 i 2005	22
Figura 3: Fracció de les hores de treball dedicada als tres sectors econòmics	23
Figura 4: Intensitat energètica (EI) i consum total d'energia primària (TET).....	24
Figura 5: Intensitat energètica dels sectors econòmics	26
Figura 6: Intensitat energètica primària en MJ/€ a diferents països	26
Figura 7: Evolució de la població i del consum d'energia primària	27
Figura 8: Consum d'energia primària per capita, GJ/habitant.....	28
Figura 9: Consum d'energia primària per capita, GJ	29
Figura 10: Evolució del PIB i del PIB per capita, 1990-2005	30
Figura 11: PIB per càpita, €/hab	31
Figura 12: Valor Afegit Brut dels diferents sectors (%)	31
Figura 13: Evolució de la productivitat del treball (ELP) als sectors econòmics	33
Figura 14: Consum total d'energia primària i PIB	34
Figura 15: Taxa de metabolisme (consum d'energia per hora) dels sectors productius (EMR_{PW}) i domèstic (EMR_{HH}), en MJ/h	36
Figura 16: Evolució de les EMR_i	39
Figura 17: Divisió del temps entre sectors productius i no productius el 2015, hipòtesis A i B.....	46
Figura 18: Fracció de la població activa dedicada als tres sectors econòmics, hipòtesis A i B.....	46
Figura 19: Evolució del PIB i del PIB per capita a les hipòtesis A i B	47
Figura 20: Valor Afegit Brut dels diferents sectors (%), hipòtesis A i B	48
Figura 21: Evolució de la productivitat del treball (ELP_i) als sectors econòmics, hipòtesis A i B.....	49
Figura 22: Intensitat energètica i consum total d'energia primària a la hipòtesi A	50
Figura 23: Intensitat energètica dels sectors econòmics a la hipòtesi A.....	50
Figura 24: Evolució de la població i del consum d'energia primària a la hipòtesi A	51
Figura 25: Consum d'energia primària per capita, GJ, a la hipòtesi A.....	52
Figura 26: Consum total d'energia primària i PIB amb la hipòtesi A.....	52

Figura 27: Relació entre EMR i ELP amb la hipòtesi A.....	53
Figura 28: Creixement de EMR_{PW} i EMR_{HH} a la hipòtesi A.....	54
Figura 29: Evolució de les EMR_i , hipòtesi A	55
Figura 30: Intensitat energètica de Catalunya a les tres hipòtesis.....	59
Figura 31: Consum d'energia primària per capita, en GJ/habitant.....	60
Figura 32: Consum d'energia per hora treballada (EMR_i) a les tres hipòtesis ..	60
Figura 33: Eficiència energètica dels serveis (ELP_{SG}) a les tres hipòtesis	61
Figura 34: Relació entre EMR i ELP a Catalunya (1990-2005)	66

Índex de Taules

Taula 1: Variables utilitzades a MSIASM.....	14
Taula 2: Indicadors que s'utilitzen a MSIASM	15
Taula 3: Aportació dels sectors al valor afegit i fracció de la població activa (%)	32
Taula 4: Creixement interanual del consum d'energia segons l'escenari IER del PEC	42
Taula 5: Escenari econòmic de futur per Catalunya	43
Taula 6: Variables intensives per alguns països i previsió a Catalunya 2015 (hipòtesi B)	44
Taula 7: Eficiència econòmica del consum d'energia en euros per GJ	70

Resum Executiu

Introducció i estructura del bloc

Aquest bloc presenta l'anàlisi del metabolisme energètic de l'economia catalana per al període 1990 – 2005, utilitzant la metodologia coneguda com a MSIASM (*Anàlisi Integrat Multiescalar del Metabolisme Social*), que s'ha descrit extensament al Bloc 1 de l'estudi AMEEC.

L'estructura del bloc és la següent: En primer lloc es fa una descripció de la metodologia i de les dades utilitzades. A continuació es presenten els resultats de l'anàlisi energètic MSIASM pel període 1990-2005. Posteriorment, es presenten i avaluen tres hipòtesis de l'evolució de l'economia catalana fins al 2015. Els resultats obtinguts es discuteixen a la Secció 5, mentre que la sisena presenta unes conclusions i unes recomanacions dirigides a polítiques. A l'Annex s'han inclòs les taules amb els resultats complets.

Anàlisi MSIASM

Com s'explica al Bloc 1, a l'anàlisi MSIASM dividim l'economia catalana en dos grans sectors: el treball remunerat (PW), responsable de la generació de valor afegit; i les activitats no productives (HH), responsables 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). A la vegada, el sector del treball remunerat es pot dividir en tres subsectors: el sector productiu (PS), serveis i administració (SG), i agricultura (AG).

Nivell n	ECONOMIA CATALANA			
Nivell n-1	SECTOR DE TREBALL REMUNERAT (PW) Part de l'economia que genera valor afegit. Es divideix en subsectors:			SECTOR D'ACTIVITATS NO PRODUCTIVES (HH) 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)

Les variables que s'utilitzen són bàsicament tres:

- El consum d'energia primària, total i per a cada sector.
- El temps de què disposa la societat (activitats productives i no productives), que es calcula a partir de la població, la població activa i les hores de treball.
- El PIB, o el Valor Afegit Brut, corresponent a cada sector econòmic.

A partir d'aquestes variables (que es poden aplicar al conjunt de l'economia (nivell n), cada sector (nivell n-1), o subsector (nivell n-2)), es calculen els indicadors que serveixen per a l'anàlisi MSIASM:

Indicador	Definició	Fórmula	Què mesura?
EI_i	Intensitat energètica [MJ/€]	= TET/GDP	Indica l'energia consumida per unitat de PIB.
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.

Les dades que han servit de base per a l'anàlisi feta aquí són les que ja s'han presentat en altres blocs de l'estudi AMEEC:

- Dades d'energia: s'utilitzen els balanços energètics de Catalunya per al període 1990-2005 proporcionats per ICAEN (Bloc 2). Cal remarcar que les dels anys 2004 i 2005 són encara provisionals.
- Dades demogràfiques i laborals: s'utilitzen les estadístiques i projeccions elaborades al Bloc 6 a partir de fonts oficials (INE, IDESCAT, etc).
- Dades de PIB i generació de valor afegit (VAB): s'ha hagut de generar una sèrie homogènia del PIB català en base 2000, a partir de les *Cuentas Regionales* de l'INE.

La disponibilitat de dades adequades és un factor clau de MSIASM. Aquí no s'ha pogut anar més enllà en l'anàlisi perquè no s'ha pogut disposar de dades desagregades. Com que no hi ha dades de VAB vinculat al transport ni al sector de l'energia, només s'ha pogut dividir en sector primari, indústria, serveis i domèstic. Els consums d'energia del transport es reparteixen segons les proporcions que s'han vist al bloc 5: 75% s'assigna als serveis (transport de mercaderies més mobilitat obligada), i un 25% al domèstic. La població activa en el sector transport correspon als serveis.

Resultats de l'anàlisi MSIASM

L'anàlisi MSIASM permet obtenir una gran quantitat de resultats a diversos nivells. Veurem, en primer lloc, els principals resultats per cadascuna de les variables i els indicadors de MSIASM, que després es discutiran conjuntament.

En termes purament **econòmics**, Catalunya ha experimentat un fort creixement entre 1990 i 2005, amb una taxa interanual del 2,64%. El PIB per capita era de poc més de 21.000 €/hab l'any 2005, nivell similar a la mitjana de la UE-15.

La participació de cada sector a la generació de Valor Afegit Brut és força desigual. Els serveis aporten el 64% del PIB, la indústria significa un 34,4% (la construcció, el 8,4%), baixant 7 punts comparat amb el 1990. L'agricultura

aporta poc valor afegit (1,6%). Aquestes proporcions són força coincidents amb els % de temps d'activitat de cada sector.

Pel que fa a la **població**, Catalunya ha passat de 6 a 7 milions d'habitants, que si traduïm en hores d'activitat disponibles signifiquen 60.800 milions d'hores el 2005. Aquest temps es dedica en un 90% a activitats no remunerades, i només una fracció relativament petita a activitats productives (HA_{PW}): un 9,5% l'any 2005. Aquest valor, que fins i tot és menor en societats més industrialitzades (ja que l'ús de maquinària tendeix a reduir el temps de treball, amb un major consum d'energia com a contrapartida), ha augmentat considerablement en aquests 15 anys, a causa de la creixent incorporació de la dona al mercat de treball i a l'arribada recent de molts immigrants en edat de treballar.

Les **hores d'activitat** es divideixen de forma molt desigual en els tres subsectors productius, i a més podem dir que hi ha hagut un canvi en l'estructura de població activa. L'any 2005 el principal sector és el dels serveis (63,4%), amb una tendència de creixement al llarg del temps (va augmentar 10 punts percentuals respecte el 1990). La indústria representava el 34,2%, quan el 1990 era el 43,7%. L'agricultura continua decreixent i ocupava només el 2,4% de les hores d'activitat productiva l'any 2005.

En termes de **consum d'energia primària**, Catalunya ha augmentat el seu consum un 60% globalment en 15 anys, passant dels 699 PJ de 1990 als 1.120 PJ de 2005. Això significa un ritme de creixement interanual mitjà d'un 3% anual. A més, s'observa que la tendència és molt constant i gairebé ininterrompuda.

Tot i que la població també ha crescut, hi ha hagut un augment del consum d'energia primària per capita, que ha arribat a 160 GJ l'any 2005, mostrant una forta tendència a la convergència amb la mitjana europea (167 GJ l'any 2004). Aquest procés de convergència indica que tant l'estructura econòmica com el consum de les famílies estan tendint cap a valors mitjans europeus.

Ara bé, cal remarcar que l'augment del consum d'energia primària ha estat molt més important en termes relatius al sector domèstic que als tres sectors productius. El consum d'energia del sector domèstic (ET_{HH}) ha crescut a un ritme del 4% interanual, passant de 81 PJ el 1990 a 154 PJ el 2005; mentre que a les activitats productives (ET_{PW}), el ritme de creixement ha estat molt menor, del 2,8% interanual (passant de 618 PJ a 964 PJ).

Atès que, com hem vist, el consum energètic creix a un ritme superior al del PIB (un 3% respecte un 2,6%), la **intensitat energètica** de Catalunya ha augmentat al llarg del període, passant dels 7,2 als 7,6 MJ/€ el 2005, acostant-se al valor mitjà de la UE 15 (7,9 MJ/€ el 2004).

Els països de l'entorn tenen dades similars, però tendeixen a reduir la seva intensitat energètica, guanyant en eficiència en l'ús de l'energia (com passa a Alemanya, Regne Unit, i la mitjana UE-15). L'Estat espanyol, es situa a la cua

de l'eficiència energètica amb una de les intensitats energètiques més altes (9,4 MJ/€), només millorant la situació dels Estats Units.

Si ens fixem en els diferents **subsectors**, en dades de 2005 la indústria és el sector que necessita més energia (16 MJ per cada € de valor afegit produït), i l'agricultura no està gaire per sota (14 MJ/€). El sector que necessita menys energia per a generar una unitat de valor afegit són els serveis (3,4 MJ/€). En els tres casos, però, la tendència és cap a un augment de la intensitat, tot i que de manera molt moderada.

La **productivitat del treball** (ELP) indica quants euros es generen per hora de treball. La productivitat dels serveis es troba lleugerament per sobre de la de la indústria durant gairebé tot el període, però totes dues es situen entre els 20 i els 25 €/hora treballada, acostant-se a la baixa els darrers anys. L'ELP_{AG} és molt inferior, movent-se 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. Això és més greu perquè, com hem vist, hi ha hagut un augment de la intensitat energètica per sector (més consum d'energia per unitat de PIB).

Finalment, hem calculat la taxa de **metabolisme exosomàtic** mitjana de la societat (EMR_{SA}), és a dir, el consum d'energia per hora de la societat catalana en conjunt, que ha passat dels 13,1 MJ/h de 1990 als 18,4 MJ/h de l'any 2005. Si mirem el valor de EMR per a cadascun dels sectors, veurem que la major part del consum d'energia es produeix a les activitats productives. Ara bé, resulta interessant veure quina és l'evolució:

- En el sector domèstic, l'EMR_{HH} té un valor petit però està creixent molt ràpidament (ha passat de 1,64 MJ/h a 2,80 MJ/h, amb un creixement interanual del 3,4%, per sobre del consum total d'energia i del PIB). Aquest augment és important perquè el sector representa més del 90% del temps de la societat. Significa 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, ordinadors, però també viatges i activitats d'oci (incloent-hi un major ús del vehicle privat i de l'avió).

- 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. 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 a 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 a exercir la seva activitat. És a dir, hi ha hagut creixement però no s'ha vist un canvi qualitatiu.

Comparant els valors d'EMR pels subsectors productius s'observen grans diferències. La indústria té un consum d'energia per hora de treball de 333 MJ/h (que inclou la construcció i sector energètic), amb grans fluctuacions cícliques, pujant més en els moments en què creix més el PIB. L'agricultura té una taxa de metabolisme de 178 MJ/h, també amb grans fluctuacions. El sector dels serveis té un EMR_{SG} 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.

El darrer indicador que s'analitza és la **productivitat econòmica del consum d'energia** (ELP_i/EMR_i), que permet veure el grau d'eficiència en la conversió de l'energia dels diferents sectors. 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.

Ús de MSIASM per a la generació d'hipòtesis

La metodologia MSIASM pot ser utilitzada per a la generació i avaluació d'hipòtesis sobre l'evolució energètica de cara al futur. A continuació es mostren els resultats de les tres hipòtesis elaborades específicament per aquest estudi, que anomenem A, B i C.

Hipòtesi A: Es basa en l'escenari IER del Pla de l'Energia de Catalunya 2006-2015 (PEC). D'aquest es prenen les dades de la previsió dels increments del consum d'energia per a cada subsector de cara al 2010 i 2015, a partir de les quals es calculen les taxes interanuals. Aquests són supòsits optimistes, en el sentit que preveuen creixements molt petits. També s'agafa del PEC la previsió de l'evolució del PIB, que manté les mateixes tendències actuals (creixement de la construcció, manteniment dels serveis, disminució de la indústria i l'agricultura). Finalment, les dades de població que s'utilitzen són les que s'han elaborat al Bloc 6.

Hipòtesi B: Per elaborar-lo s'utilitzen els mateixos supòsits de valor afegit i de població ocupada que a la hipòtesi A. Els consums energètics futurs s'han calculat, però, a partir de l'evolució de les variables intensives de MSIASM, basats en les tendències actuals i els valors d'economies desenvolupades (convergència envers la mitjana europea en consum d'energia primària per capita, disminució de la intensitat energètica). Així es calcula el consum d'energia que se'n deriva i les diferents combinacions d'estructures productives compatibles.

Hipòtesi C: Es manté l'evolució de la població, i l'objectiu per al creixement del PIB. S'imposa que el consum total d'energia es mantingui estable en els valors de l'any 2005, i que s'augmenti l'energia consumida per les famílies (EMR_{HH}) fins a 5 MJ/h. Com que hi haurà menys energia per a producció, veurem quins

han de ser els canvis en la població activa per a fer compatibles aquests objectius.

Resultats de l'anàlisi de les hipòtesis

Les hipòtesis A i B preveuen les mateixes tendències d'estructura econòmica i població per l'any 2015, excepte pels indicadors energètics. Es preveu una reducció de la fracció de temps destinat a producció, però alhora s'imposa un creixement constant del PIB. Per tant, la reducció del temps de treball hauria d'implicar un increment de la productivitat del treball (ELP), que permeti suportar més població dependent.

Tant a l'A com al B continua la tendència a una terciarització de l'economia, tant en termes de població ocupada com de valor afegit. Es redueix bastant la població ocupada a la indústria, i també la contribució d'aquest sector en termes de PIB, tot i que de manera més moderada (tot i que el subsector de la construcció creix).

A la hipòtesi A s'imposa una reducció del creixement de la intensitat energètica dels sectors i per tant de l'energia consumida per hora de treball (EMR). Alhora, com hem dit hi hauria d'haver una major productivitat del treball (ELP), de manera que EMR i ELP haurien de seguir camins separats. Aquest resultat és molt discutible, i demanaria canvis estructurals molt forts cap a activitats generadores de molt valor afegit. La previsió de la hipòtesi només es pot complir si els sectors productius són capaços d'augmentar la seva eficiència energètica (EMR) dramàticament sense comprometre la productivitat del treball (ELP), i això no ha passat mai a Catalunya ni passa als països desenvolupats.

D'altra banda, la hipòtesi A implicaria un manteniment dels valors de consum d'energia en hores no dedicades a treballar (EMR_{HH}) entre 2006 i 2015, resultat que no sembla realista si tenim en compte que aquesta taxa té actualment valors molt per sota dels països de l'entorn. Si aquest és l'objectiu a perseguir s'hauran de fer esforços per a moderar el creixement del consum d'energia de les famílies.

La hipòtesi B utilitza valors més probables per a les EMR de cada sector, a partir de les quals es calculen els consums d'energia. El principal resultat és que el consum total d'energia l'any 2015 seria un 12% superior al trobat aplicant la hipòtesi A. Aquest increment de la demanda d'energia primària hauria de ser satisfet en gran part per gas natural (per a la generació d'electricitat) i per petroli (per al transport), amb la qual cosa la dependència energètica s'accentuaria.

La hipòtesi C explora una situació de canvi radical, ja que imposa una limitació del creixement del consum. L'augment de població fa que hi hagi menys energia que es pugui destinar a producció. Per tal de mantenir els nivells de creixement econòmic i la població ocupada, l'única possibilitat seria moure població activa (un 30%) dels sectors que consumeixen més energia (indústria i

agricultura), cap als serveis, que tenen una necessitat d'energia per hora molt inferior. Aquest canvi es reflectiria també en la generació de valor afegit, ja que els serveis augmentarien la seva contribució fins a un 74% del valor afegit. La productivitat econòmica de l'ús d'energia (€ per GJ) es mantindria més o menys constant a la indústria i l'agricultura, però hauria d'augmentar dramàticament als serveis (fins els 507 € per GJ el 2015). A més a més, les mesures d'eficiència i estalvi energètic que s'haurien de promoure serien de gran magnitud.

Discussió

Una primera conclusió que podem treure de l'anàlisi anterior és que hi ha una forta relació entre creixement econòmic i consum d'energia, que tenen una correlació pràcticament lineal entre 1990 i 2005.

Així, de l'anàlisi s'obté que Catalunya no es desmaterialitza pel que fa al consum energètic, ni en termes absoluts ni en termes relatius (per unitat de PIB). Tampoc es preveu que ho faci en el futur, si es manté l'estructura econòmica actual. Així doncs, si no es canvia el model de creixement i l'estructura de l'economia, un major creixement del PIB sempre implicarà un major consum d'energia, i per tant, més dependència externa i fragilitat de l'economia, a banda d'un major impacte ambiental.

D'altra banda, tot i que actualment està creixent la població activa, a curt termini es preveu que canviï la tendència i es produeixi un envelliment de la població. Això suposarà unes limitacions sobre els escenaris econòmics si el que es vol és continuar amb els augments del nivell d'ingressos per habitant. Un augment de la relació de dependència posarà pressió sobre la productivitat del treball, que haurà d'augmentar per a compensar aquest fet. Una altra solució podria ser el foment de la immigració en edat laboral per tal de rejuvenir la població activa.

Com hem vist abans, l'important augment del consum d'energia de Catalunya durant el període d'anàlisi, d'un 3% anual, no ha estat igual en els sectors productius i en el domèstic. Gran part de l'augment s'ha donat al compartiment d'hores no treballades, mentre que als sectors productius el consum ha augmentat menys. Així, de l'anàlisi dels resultats s'extreu 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. Això posa de manifest un altre cop la importància creixent del sector domèstic a la demanda energètica, de manera que no es poden oblidar les polítiques dirigides a aquest sector.

D'altra banda, un factor preocupant per les seves conseqüències sobre la productivitat és que l'indicador del consum d'energia per hora de treball (EMR_{PW}) en els sectors productius a Catalunya mostra un estancament en valors propers als 180 MJ/h des de l'any 1994. Seguint Cleveland i altres (1984) considerem que hi ha relació entre l'energia consumida per hora de

treball (EMR) i la productivitat del treball (ELP), de manera que quan augmenta EMR també ho fa ELP. Aquesta relació també s'observa per a Catalunya.

L'estancament actual es pot deure, d'una banda, a una moderació en el consum d'energia per a generar valor afegit, i, de l'altra, 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, és a dir, no s'utilitza l'energia que es consumeix per a millorar el nivell tecnològic de l'activitat.

Si l'estancament d' EMR_{PW} comporta una disminució de la productivitat del treball (ELP), la competitivitat de la producció catalana baixarà. Això podria explicar la pèrdua de competitivitat de Catalunya en els darrers anys, que s'interpreta com una manca d'inversions productives.

Si aquest resultat es manté, els augments de productivitat necessaris a causa de l'evolució de la població 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 faria augmentar la intensitat energètica. 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).

Si analitzem el nivell dels subsectors productius, ens adonem que l'impacte de les activitats productives sobre la demanda total depèn dels coeficients tècnics (EMR de cada subsector) i de la distribució dels sectors a l'economia. A més a més, ens interessa saber no només quina és la demanda total, sinó també quin és l'impacte sobre la dependència dels combustibles fòssils. Per això caldrà tenir en compte que els diferents sectors econòmics tenen un mix energètic molt diferent entre ells.

La indústria es caracteritza per un consum de gas molt important, seguit de l'electricitat i dels productes petrolers. En canvi, en el cas dels serveis (si incloem el 75% del transport) el principal vector energètic són els productes petrolífers, 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 és cert que el consum en els serveis està creixent més fortament que a la indústria. 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 al problema energètic, i sobretot s'ha de garantir que podem obtenir les dades necessàries per a considerar el sector del transport separatament, cosa que no hem pogut fer en aquest estudi,

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, 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 donés a la indústria.

Conclusions

La principal conclusió és que el model de creixement que ha mantingut Catalunya des de l'any 1990 és fortament depenent del consum d'energia, de manera que el PIB ha crescut de forma paral·lela a l'augment de la demanda d'energia primària. Això és preocupant ja que aquesta tendència sembla que es mantindrà en un futur immediat, almenys si es compleixen les previsions de la hipòtesi A, basada principalment en les dades l'escenari IER del Pla de l'Energia de Catalunya.

Aquest augment del consum d'energia s'ha utilitzat per un creixement quantitatiu del sistema econòmic català però no per un “desenvolupament” qualitatiu. No s'han vist grans canvis estructurals als sectors productius de l'economia cap a activitats menys intensives en recursos i més generadores de valor afegit, de manera que l'augment en el consum d'energia ha servit per absorbir la nova població entrant. Catalunya sembla estar especialitzant-se en activitats que generen poc valor afegit i poca formació (construcció i comerç). La manca d'innovació i d'inversió en tecnologia fan que la productivitat del treball se'n ressenti. D'aquesta manera s'entra en una espiral d'especialització en activitats poc generadores de valor afegit, on l'única manera de poder satisfer la demanda serà amb més immigració. Per sortir de l'espiral, 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.

Així, si es vol trencar amb aquesta forta relació entre creixement econòmic i consum d'energia, les mesures d'estalvi i eficiència energètica, tot i ser imprescindibles, no seran suficients. Per tant, cal un canvi estructural que porti l'economia catalana cap a activitats que siguin menys intensives en energia, com ara els serveis. 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.

Les prioritats d'actuació haurien de ser:

- *El transport:* reduir el consum energètic del sector del transport, i les necessitats de transport de mercaderies i de mobilitat obligada i no obligada. Cal promoure el canvi a modalitats més eficients energèticament de satisfer les necessitats de transport (com ferrocarril per mercaderies, i transport públic per viatgers).
- *La construcció:* És un sector molt important ja que és un dels que té un major creixement a l'economia catalana actualment. A més, és la

responsable de la meitat del transport de mercaderies, i de gran part del consum de materials, a banda de forts impactes ambientals directes i indirectes. Caldria que tingués un pes menor en l'economia i limitar l'expansió urbanística i d'infraestructures, que consumeixen i alhora "fixen" consums d'energia de cara al futur.

- *El sector domèstic:* Aquest és un sector clau ja que la població continua creixent, i sobretot creix el consum per hora no treballada; a més, els vectors que més creixen són els combustibles fòssils (pel transport i per l'extensió de la calefacció a gas). 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.
- *La indústria:* Tot i ser el sector que segurament introdueix més mesures d'estalvi i eficiència energètica per la pròpia competitivitat existent, és preocupant que la generació de valor afegit per unitat d'energia s'ha reduït i estigui per sota de la dels serveis. Cal potenciar els sectors de més alt valor afegit, que sovint coincideixen amb els que incorporen més tecnologia. Per tant, hi podria haver un augment del consum d'energia per hora treballada que es podria compensar per l'abandonament d'activitats industrials més tradicionals.

Finalment, Catalunya es podria plantejar una limitació del seu consum d'energia, objectiu que hauria de ser assumit a nivell social. Això afavoriria la introducció de mesures de canvi tecnològic a tots els nivells i la racionalització dels consums a totes les activitats.

Comentaris finals

Per acabar cal comentar que hi ha una manca estructural de dades que significa una forta limitació per a l'anàlisi. És important que es publiquin de forma anual els balanços energètics de Catalunya amb un nivell de desagregació que distingeixi sectors i subsectors econòmics, així com millorar la qualitat de les dades demogràfiques i econòmiques.

L'anàlisi mostra que MSIASM té una estructura molt flexible que li permet adaptar-se tant a la informació existent com als objectius concrets de la recerca. La metodologia permet fer una avaluació dels resultats d'aplicar diferents hipòtesis, on és fàcil veure l'impacte del canvi d'una d'aquestes variables sobre la resta, i facilitar explorar els *trade-offs* de les decisions. A més a més, la generació d'escenaris permet involucrar els destinataris finals de l'avaluació, els polítics, en la definició de l'anàlisi.

1. Introducció

Com ja es va argumentar al Bloc 1, 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 dissipat que són disposats a l'ambient. L'activitat econòmica, per tant, es pot descriure en termes biofísics en funció de la quantitat i tipus d'energia i materials que utilitza. Quan s'analitza el cas particular del vector energètic, es parla de **metabolisme energètic**, que és el que analitzem en aquest Bloc. El metabolisme material, centrat en el tipus i quantitats de materials que s'utilitzen en un sistema econòmic, s'analitza al Bloc 11.

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 a 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 socio-econòmics (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 bloc 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. També es presenten tres hipòtesis diferents (una primera hipòtesi, basada en l'escenari IER d'ICAEN; una altra basada en l'evolució recent de certs coeficients per a l'economia catalana i una tercera amb un objectiu de contenció del consum d'energia), amb la intenció no de fer una avaluació pròpiament dita sinó més aviat de veure quin tipus d'informació ens pot donar aquest enfocament.

L'estructura de la resta del bloc és la següent: la Secció 2 ofereix una descripció de l'anàlisi que es presenta més endavant, introduint quines seran les variables utilitzades (que es troben àmpliament descrites al Bloc 1), i els

horitzons temporals i espacials d'anàlisi. El següent capítol presenta les dades històriques del metabolisme energètic català per al període 1990 - 2005. La Secció 4 presenta les tres hipòtesis que ens serveixen d'exemple de les potencialitats de l'enfocament MSIASM. Els resultats obtinguts es discuteixen a la Secció 5, mentre que la Secció 6 presenta unes conclusions i unes recomanacions dirigides a polítiques. Finalment els Annexos presenten les taules amb totes les variables analitzades, així com les equacions de congruència utilitzades.

2. Descripció de l'anàlisi MSIASM

L'anàlisi que presentarem a les seccions 3 i 4 d'aquest bloc està basada en la metodologia MSIASM (*Anàlisi Integrat Multiescalar del Metabolisme Social*), que ja s'ha descrit extensament al Bloc 1 d'aquest estudi AMEEC. A continuació es presenta de forma senzilla quines són les variables que s'utilitzen i les dades que han servit de base per a l'anàlisi. Això ens permetrà entendre quin tipus d'informació trobarem més endavant. Al final del bloc es troba reproduïda la nota metodològica que ja es va presentar al Bloc 1, que resumeix les principals variables utilitzades.

2.1. Descripció i definició de les variables

Com s'explica al Bloc 1, a l'anàlisi integrada MSIASM que s'aplica a AMEEC dividim l'economia catalana en dos grans sectors: el sector de treball remunerat (PW, paid work sector)¹, responsable de la generació de valor afegit, o PIB; i el sector de les activitats no productives (HH, households²), 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)³, serveis i administració (SG, services and government), i agricultura (AG). L'esquema que es presenta a continuació mostra aquesta divisió per subsectors de l'economia catalana. La divisió en tres nivells respon a una estructura jeràrquica, en el sentit que cada nivell superior és igual a la suma del nivell inferior. Com veurem més endavant, en la terminologia que s'utilitza el conjunt de l'economia catalana equival al *nivell n*, que es compon de dos sectors (*nivell n-1*). Cadascun d'aquests es pot compondre d'altres subsectors, que s'anomena *nivell n-2*.

¹ La nomenclatura del model es troba en llengua anglesa. Per tal de garantir més endavant la comparació amb altres estudis internacionals hem decidit mantenir-la en anglès, i és per això que entre parèntesi s'explica el seu significat (vegeu Giampietro, 2003).

² A la metodologia MSIASM original (Giampietro 2003) es parla de sector de les llars (households en anglès). Tot i així, tenint en compte que s'inclou tot el temps que no es dedica a generació de valor afegit, preferim anomenar-lo "sector de les activitats no productives", ja que inclou el temps dels nens, dels jubilats, desocupats, i el temps no actiu dels ocupats. Mantenim, però, el subíndex HH.

³ En aquesta divisió arbitrària s'anomena sector productiu, PS, al conjunt que formen el sector de l'energia, la mineria, i la indústria. Això no vol dir, evidentment, que l'agricultura o els serveis no siguin productius. Es tracta més aviat d'una interpretació en termes d'hipercicle, com s'ha explicat al Bloc 1, i de mantenir la nomenclatura original.

Figura 1: Divisió en compartiments de l'economia catalana

Nivell n	ECONOMIA CATALANA			
Nivell n-1	SECTOR DE TREBALL REMUNERAT (PW) Part de l'economia que genera valor afegit. Es divideix en subsectors:			SECTOR DE LES ACTIVITATS NO PRODUCTIVES (HH) 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)

L'Annex 1 que es pot trobar al final d'aquest bloc 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 indueix 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 1). 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).

Taula 1: Variables utilitzades a MSIASM

Acrònim	Nom de la variable	Descripció	Com es calcula?
TET ⁴	Flux total d'energia	Total d'energia primària usada per una economia en un any [J].	Fonts estadístiques.
THA	Temps total d'activitat	Total de temps de què disposa una societat en un any per a les diverses activitats [h].	Multiplicant el total de població per 8.760 hores.
GDP	Producte interior brut	Valor afegit generat per una economia en un any. En [€] (ó \$).	Fonts estadístiques.

A partir d'aquestes variables, que s'obtenen de fonts estadístiques, es calculen els indicadors que serveixen per a l'anàlisi MSIASM. Aquests són la intensitat energètica, la taxa de metabolisme exosomàtic, la productivitat del treball i l'eficiència energètica de la producció. La Taula 2 resumeix el seu significat.

⁴ Quan s'aplica per a un sector o subsector i , s'anomenen, respectivament: ET_i , HA_i i GDP_i .

Taula 2: Indicadors que s'utilitzen a MSIASM

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 en un any per una societat per 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.

A continuació s'explica més detalladament el significat de cadascun d'aquests indicadors, extret del Bloc 1:

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 per les hores de les quals disposa la societat en un any. És a dir, el temps total dedicat a les diverses activitats (THA, total human activity). Aquesta última variable no és més que la multiplicació de la població total del territori pel nombre d'hores d'un any, 8.760, ja que ens interessa la dotació total de temps de la societat. Aquesta relació, la EMR_{AS} , dóna com a resultat la taxa d'ús d'energia de la societat, usualment expressada en mega Joules (MJ) per hora. La interpretació d'aquesta taxa és que es tracta d'una variable que reflecteix el ritme al qual la societat dissipa energia per al seu manteniment i desenvolupament per unitat de temps.

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

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

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

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

I pel treball remunerat:

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

On ET_{PW} és el consum d'energia dels sectors que generen valor afegit, i HA_{PW} és el temps que es dedica al treball remunerat. Aquest valor és el resultat de variables demogràfiques, com ara el total i l'estructura de la població, però també socials com són l'edat mínima legal per treballar, l'edat de jubilació, i la jornada de treball mitjana. La taxa de metabolisme del sector de treball remunerat (EMR_{PW}) pot utilitzar-se com a variable *proxy*⁵ per a la inversió en capitalització (maquinària i eines) del sector de treball remunerat (PW). El mateix passa a la resta de subsectors, on es pot calcular la taxa mitjana del metabolisme del sector productiu (la taxa EMR_{PS}), el sector de serveis i govern (EMR_{SG}), i a l'agricultura (EMR_{AG}).

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

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

2.2. Dades utilitzades a l'anàlisi

Les dades utilitzades a l'anàlisi són les que ja s'han presentat en altres blocs de l'estudi AMEEC, de les quals cal fer les següents consideracions.

En primer lloc, pel que respecta a les dades d'*energia*, s'han utilitzat les dades de consum d'energia primària que es van presentar al Bloc 2, és a dir, els balanços energètics de Catalunya per al període 1990-2005 proporcionats per ICAEN. Val a dir que aquestes dades són de caràcter provisional per als anys 2004 i 2005, per la qual cosa no podem extreure conclusions definitives del seu anàlisi, i és més que probable que els resultats canviïn per aquests dos anys un cop disposem de les dades definitives. En particular cal remarcar que s'observa un estancament del consum d'energia primària el 2004 i el 2005, que no segueix la tendència observada fins aquell moment, i que no pensem que sigui creïble.

⁵ Una variable proxy substitueix una variable d'interès que no podem mesurar.

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

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 aquells 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 al Bloc 6 de l'estudi AMEEC. 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, on apareixen les hores treballades a la setmana per sector econòmic i per franja d'edat. Fent una mitjana ponderada de les diferents franges d'edat s'ha calculat que la mitjana d'hores de treball setmanals al sector primari és de 40,4; a la indústria (incloent-hi construcció) és de 38,1 hores; i als serveis és de 36,6 hores. Aplicant aquests valors a la població ocupada per sectors s'ha obtingut el número d'hores assignades a cada activitat per l'economia catalana. Aquest sistema és molt poc elaborat, però és l'únic que podem emprar amb les dades existents. De cara 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, tot i que nominalment alguns l'estiguin reduint. En qualsevol cas, s'ha de dir que les dades obtingudes per a Catalunya són molt similars a les que ofereix l'Organització Mundial del Treball per al conjunt de l'Estat espanyol⁶.

Pel que fa a l'estimació de la generació de *valor afegit*, s'han utilitzat les dades que publica l'Instituto 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 tal de poder comptar amb dades oficials d'aquest indicador econòmic, segurament el més utilitzat en multitud d'àmbits, i és un problema que 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.

2.3. 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. En l'anàlisi dels resultats de les hipòtesis de futur s'ha optat per arribar fins l'any 2015, coincidint amb l'horitzó temporal plantejat pel Pla de l'Energia de Catalunya 2006-2015.

Com es va argumentar al Bloc 1, 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 conforme 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

⁶ Veure, per exemple, <http://laborsta.ilo.org/>

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 tant a nivell econòmic, com demogràfic o quant a consum d'energia. A més, el treball en aquest nivell és el que permet la comparació amb altres realitats nacionals i/o polítiques, i és el que permet fer servir aquesta informació per a la presa de decisions a nivell del govern.

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

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

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

manera que molts dels consums energètics fixes d'una llar ara s'han de doblar (cotxe privat, equipament de la llar, i construcció d'habitatges), fet que afecta negativament al nostre metabolisme⁷.

Tot i que no ho podem fer en el cas del sector domèstic, sí que podem desagregar el compartiment que es dedica a generar valor afegit, el treball remunerat (PW). Idealment s'hauria de descompondre l'activitat productiva entre tots aquells sectors econòmics que es consideressin crucials, per exemple arribant a descripcions de fins a 15 o 20 sectors econòmics. Aquest tipus d'anàlisi tampoc es pot fer en aquest estudi. Com ja hem explicat, el fet que les dades de consum d'energia de les que disposem per al període d'anàlisi i que han estat facilitades per ICAEN només distingeixin entre sector primari, indústria, serveis, transport i domèstic, és un factor limitant que no podem resoldre. Per exemple, una activitat tant 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 Bloc 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 pel transport i el sector de l'energia per a les dades de valor afegit, que en aquest cas IDESCAT no ofereix⁸, 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 tal de permetre anàlisis més completes en el futur, que ajudin encara més l'acció de govern.

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

⁷ S'ha de dir que aquest tema d'investigació figura entre els objectius de l'equip de recerca per a un futur immediat.

⁸ Com ja s'ha dit, no hi ha cap sèrie històrica pel període 1990-2005 del PIB en preus constants per sectors econòmics.

3. Anàlisi del metabolisme energètic de l'economia catalana 1990 - 2005

En aquesta secció es presenten, per al període 1990-2005, les dades de consum d'energia, total i per sectors, i de generació de valor afegit, de l'economia catalana, així com l'anàlisi integrada amb la metodologia MSIASM. L'objectiu d'aquesta secció és caracteritzar l'economia catalana, veure quines són les regularitats que hi trobem, i aprendre de la trajectòria passada de desenvolupament que ha seguit Catalunya en termes d'energia per treure'n conclusions de cara a avaluar tendències i decisions futures. Un cop presentats aquests resultats i l'anàlisi de les hipòtesis que es farà a la propera secció, la Secció 5 farà una interpretació i discussió conjunta dels resultats obtinguts en aquesta i a la propera secció.

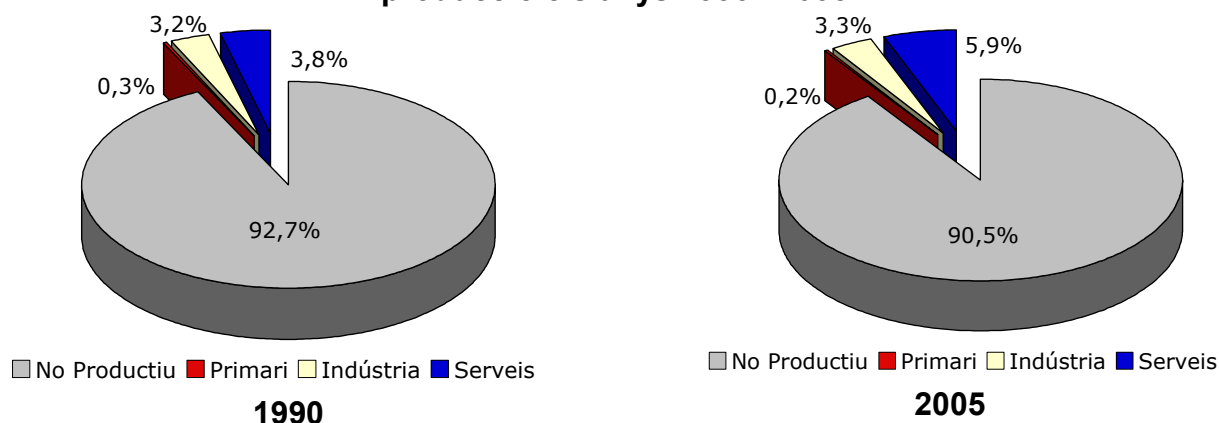
3.1. Estructura econòmica de Catalunya

Com hem comentat abans, una de les característiques de l'anàlisi MSIASM que es presenta en aquest bloc 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 2 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 2). El temps d'activitat responsable de generar el valor afegit (que anomenem HA_{PW}), s'ha representat a la Figura 2 ja dividit entre els tres subsectors de què es compona (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 2 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, estudiants), així com la població ocupada en les seves hores de no treball, o d'oci.

Figura 2: Distribució del temps a Catalunya entre producció i no producció els anys 1990 i 2005



Nota: “no productiu” correspon a HA_{HH} , mentre que la suma de “primari”, “indústria” i “serveis” constitueix HA_{PW} .

Font: Elaboració pròpia a partir de l'INE

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%). Amb 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, incloses les purament consumidores (com l'educació, la salut, etc).

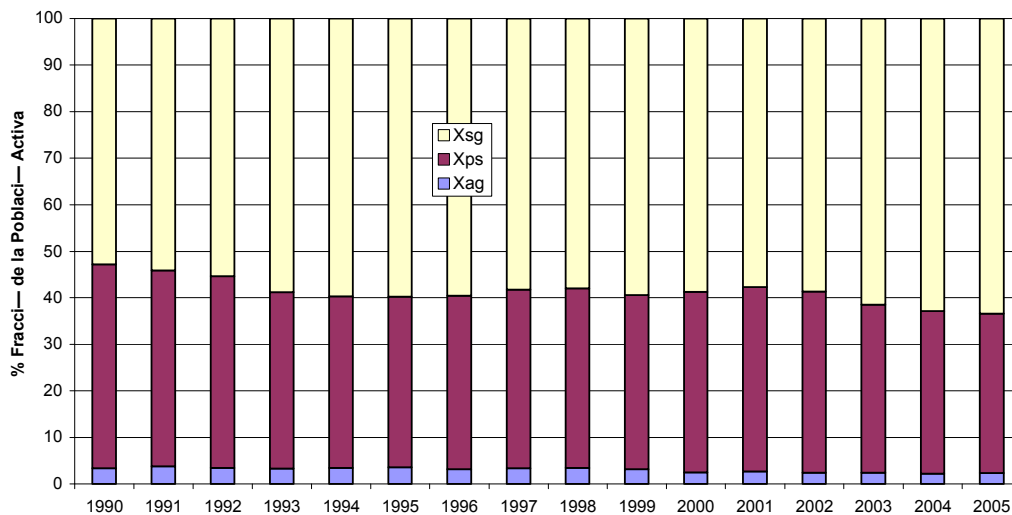
Aquests valors poden canviar degut a moltes variables, algunes de les quals són demogràfiques, com l'estructura de la població, que condicionen la taxa de dependència, mentre que d'altres són més aviat socials i morals, com el fet que l'edat mínima per a treballar es situï als 16 anys, o la jubilació als 65. Un canvi en aquestes variables modificaria la composició de la Figura 2, ja que faria augmentar o disminuir les hores dedicades a 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, com vèiem al Bloc 6, 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 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 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 temps dedicat a produir i 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 3, on hem representat la fracció que representa cada sector (en hores efectives de treball i no en nombre de treballadors) respecte el total d'hores treballades per la població ocupada, i la seva evolució al llarg del període.

Figura 3: 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 desenvolupat⁹ 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, passant del 43,7% el 1990 al 34,2% el 2005, mostrant 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

⁹ 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.

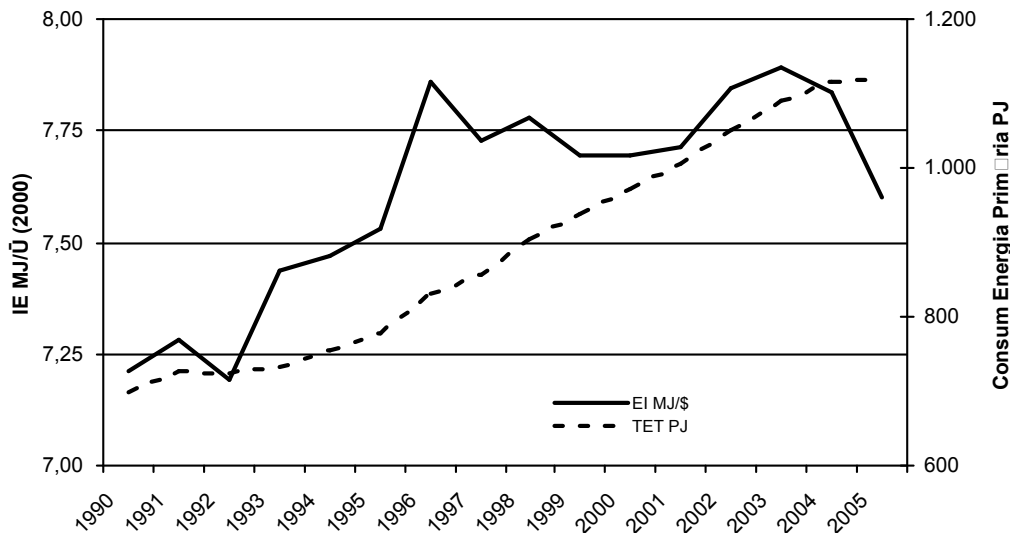
economia, població i energia a Catalunya. A continuació veurem l'anàlisi més convencional del vector energètic en relació a l'economia, i més endavant es presentarà l'anàlisi propi de MSIASM.

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) necessari per a 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.

La Figura 4 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 4: Intensitat energètica (EI) i consum total d'energia primària (TET)



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

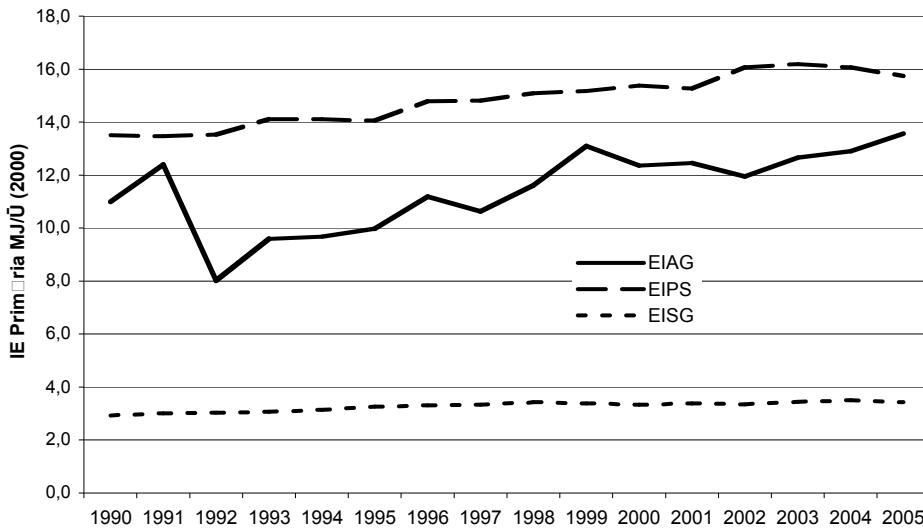
El primer que observem és que la intensitat energètica (EI) a Catalunya creix al llarg del període, tot i algunes fluctuacions. Aquesta passa de 7,21 MJ/€ l'any 1990 als 7,60 MJ/€ l'any 2005, un canvi petit que ens deixa en la mitjana de la UE-15. Hi va haver, però, un màxim el 2003, quan la intensitat 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 6. En segon lloc, a la Figura 4 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 certa reestructuració econòmica cap a sectors menys intensius, i les conseqüents 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 4. 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, que 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.

Cal dir, però, que la intensitat de l'economia, fins ara entesa de forma global, és molt diferent per als diversos sectors econòmics. A la Figura 5 veiem l'evolució per als 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, a pesar de ser un sector molt petit en termes de valor afegit. Es veu clarament com els serveis són el sector que necessita menys energia per a 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 pesada 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, reflectint l'important paper que juguen el transport i els combustibles fòssils a l'agricultura moderna mecanitzada. En els 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 nivell de Catalunya.

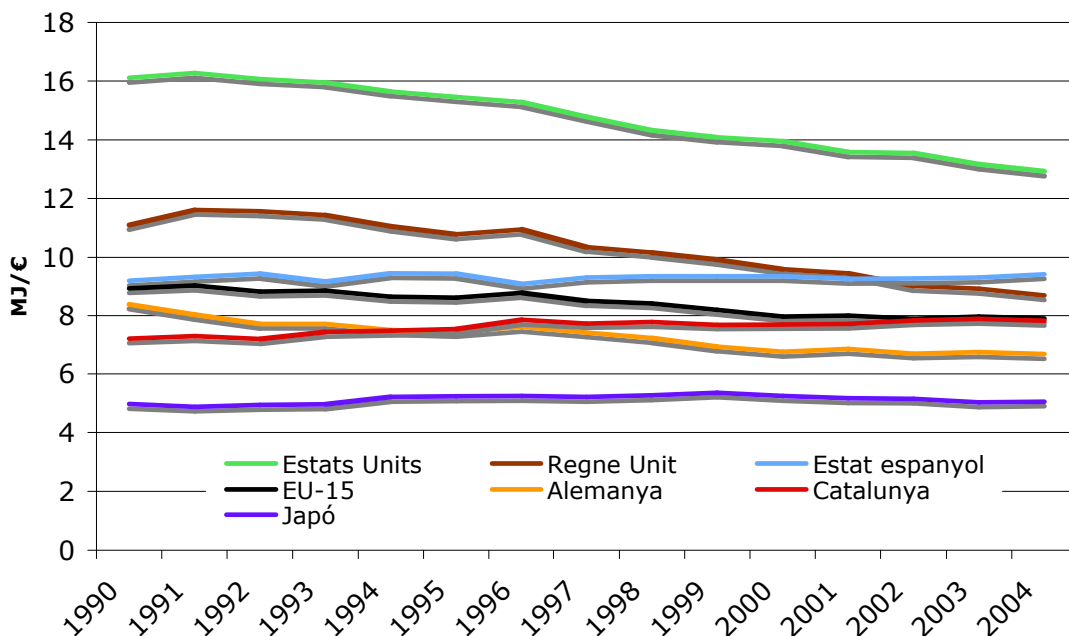
Figura 5: Intensitat energètica dels sectors econòmics



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

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 6.

Figura 6: Intensitat energètica primària en MJ/€ a diferents països



Font: Elaboració pròpia a partir de AIE (2006) i INE

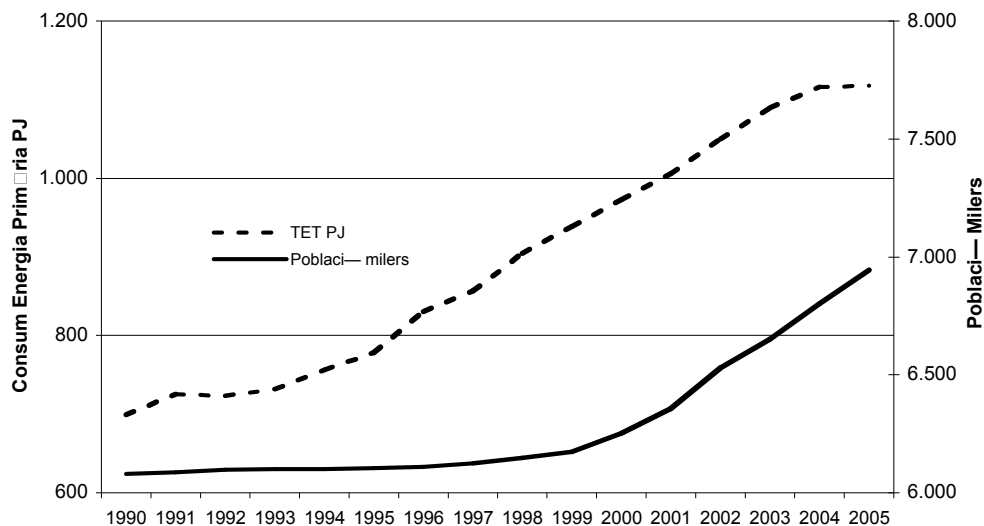
Estats Units presenta valors molt més alts que la resta de països, mostrant un ús molt menys eficient de l'energia per a generar valor afegit. Un aspecte molt remarcable és que, a diferència del que passa a Catalunya i al conjunt de

l'Estat espanyol, tots els altres països representats (incloent la UE-15¹⁰) 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 a generar valor afegit de les considerades en l'anàlisi després de Japó, es veu superada per Alemanya a mitjans dels 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, es situa a la cua de l'eficiència energètica amb una de les intensitats energètiques més altes, només millorant 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 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 a provar de revertir aquesta tendència.

Si comparem la relació entre consum d'energia i evolució de la població (Figura 7) observem que durant un període de temps important, gairebé fins 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.

Figura 7: Evolució de la població i del consum d'energia primària

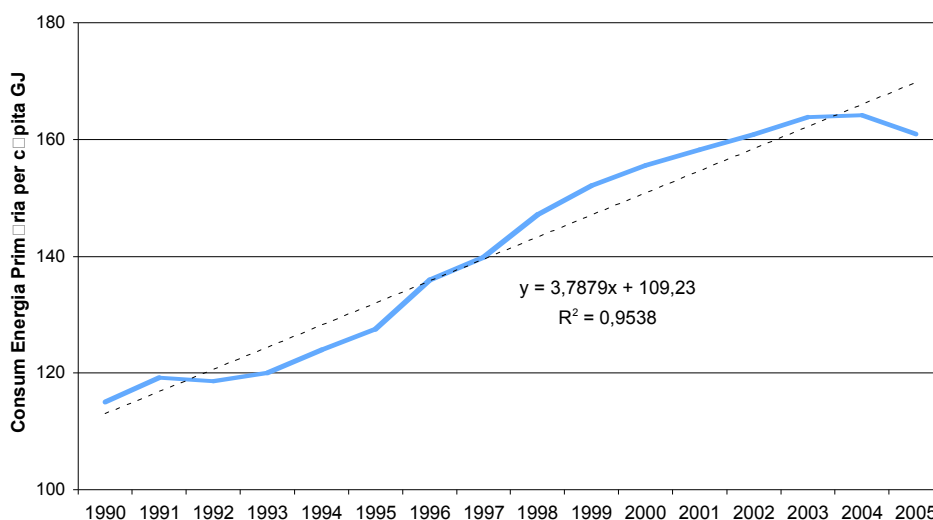


Font: Elaboració pròpia a partir d'ICAEN (2006) i INE

¹⁰ Els països que formen la UE-15 són: Alemanya, Àustria, Bèlgica, Dinamarca, Espanya, Finlàndia, França, Grècia, Irlanda, Itàlia, Luxemburg, Regne Unit, Països Baixos, Portugal i Suècia. Són els països que formaven la Unió Europea abans de l'ampliació de l'1 de maig de 2004.

La combinació de les dues variables proporciona el consum d'energia primària per capita en GJ/habitant, que representem a la Figura 8. Aquesta variable mostra una tendència de creixement aproximadament lineal¹¹.

Figura 8: Consum d'energia primària per capita, GJ/habitant



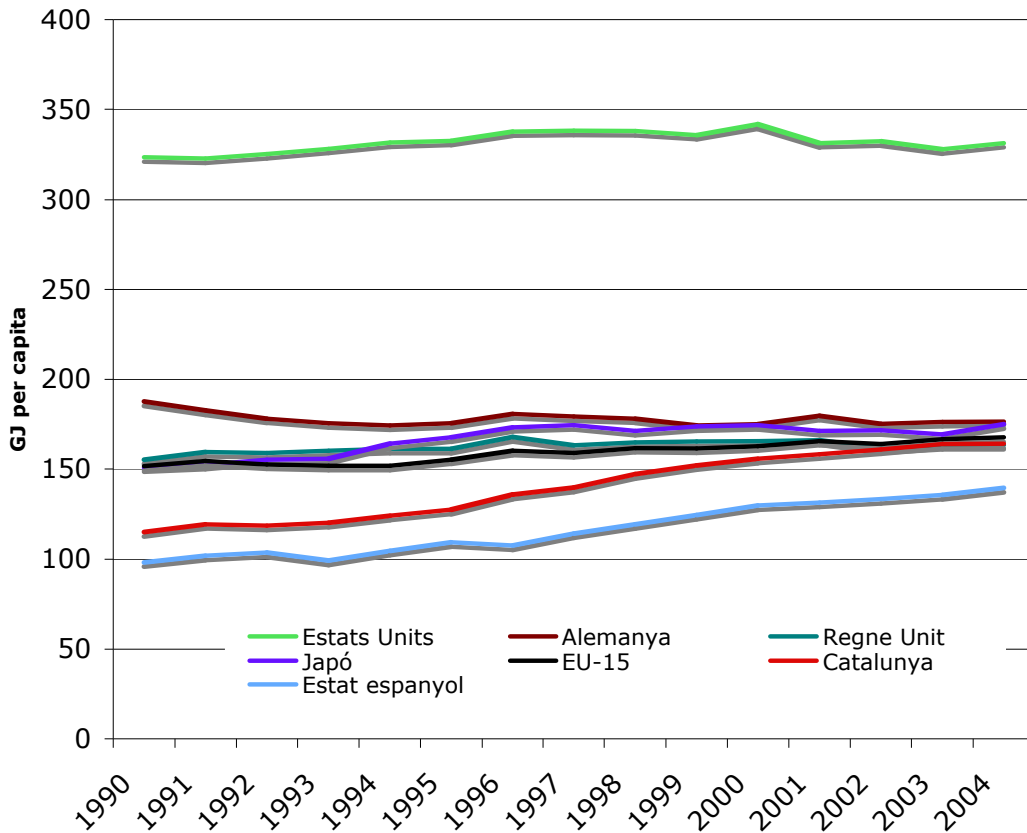
Font: Elaboració pròpia a partir d'ICAEN (2006) i INE

La Figura 9 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 8) 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 amb la resta de països considerats, amb 115 GJ per capita (GJ/pc) el 1990 (veure Figura 8). 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.

Altres dades a 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 degut al 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.

¹¹ 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.

Figura 9: Consum d'energia primària per capita, GJ



Font: Elaboració pròpia a partir de AIE (2006) i INE

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.

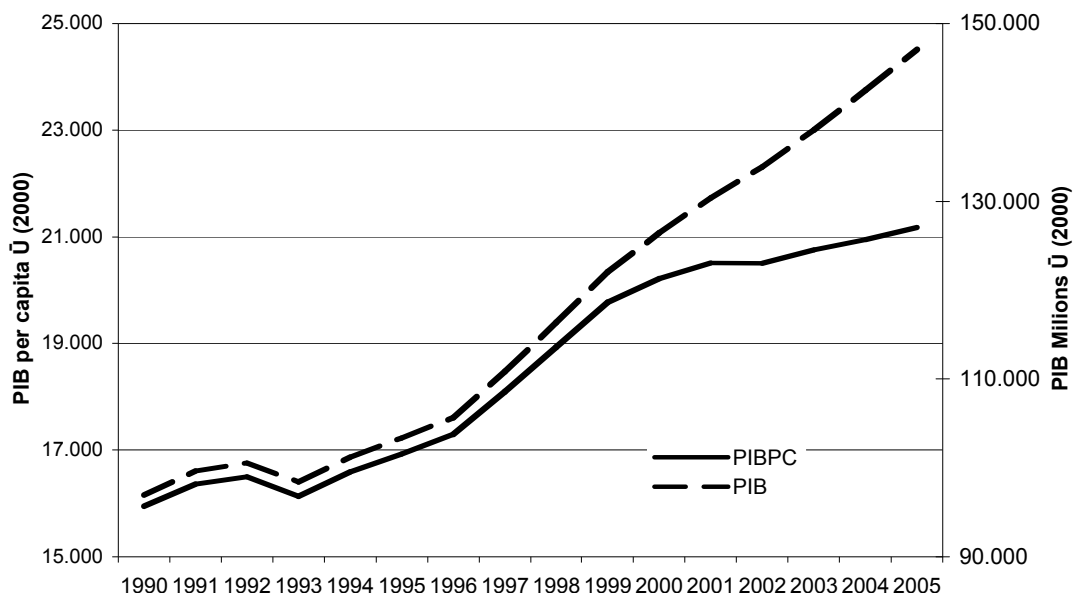
3.3. Lectura econòmica de la societat catalana

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 càpita. 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, per tal 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, passant de 97.000 milions d’euros (en preus constants de l’any 2000) l’any 1990 a més de 147.000 milions d’euros, que 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 10.

Figura 10: Evolució del PIB i del PIB per capita, 1990-2005

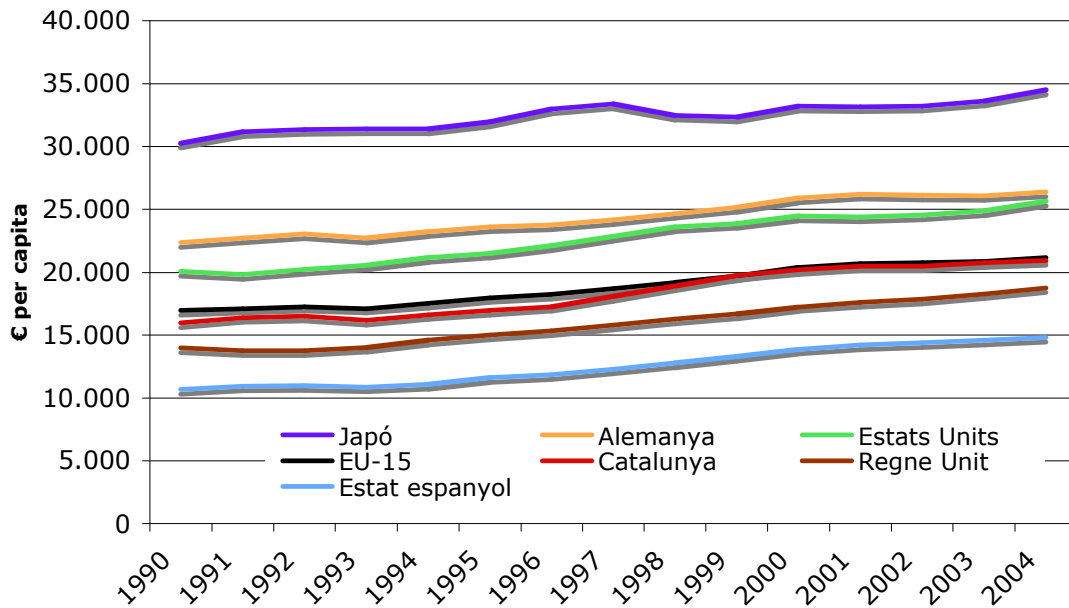


Font: Elaboració pròpia a partir de l'INE

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 7, a partir de l'any 1999 la població de Catalunya comença a augmentar per una nova onada de nouvinguts, 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 11, Catalunya té un nivell d'ingrés per capita per sobre de l'Estat espanyol, 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 a fer les comparacions. No obstant, 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.

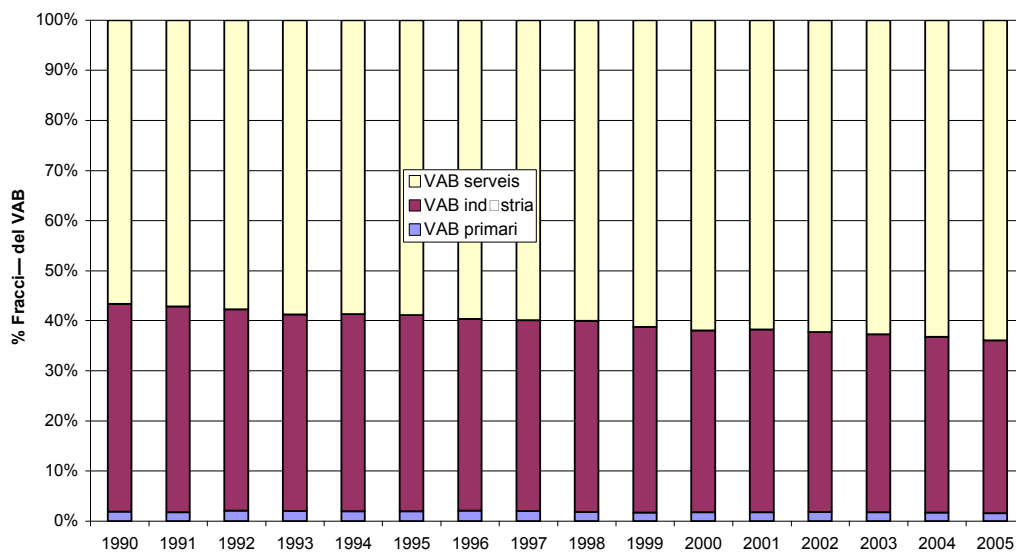
Figura 11: PIB per càpita, €/hab



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 12), 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.

Figura 12: Valor Afegit Brut dels diferents sectors (%)



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 3.

Taula 3: Aportació dels sectors al valor afegit i fracció de la població activa (%)

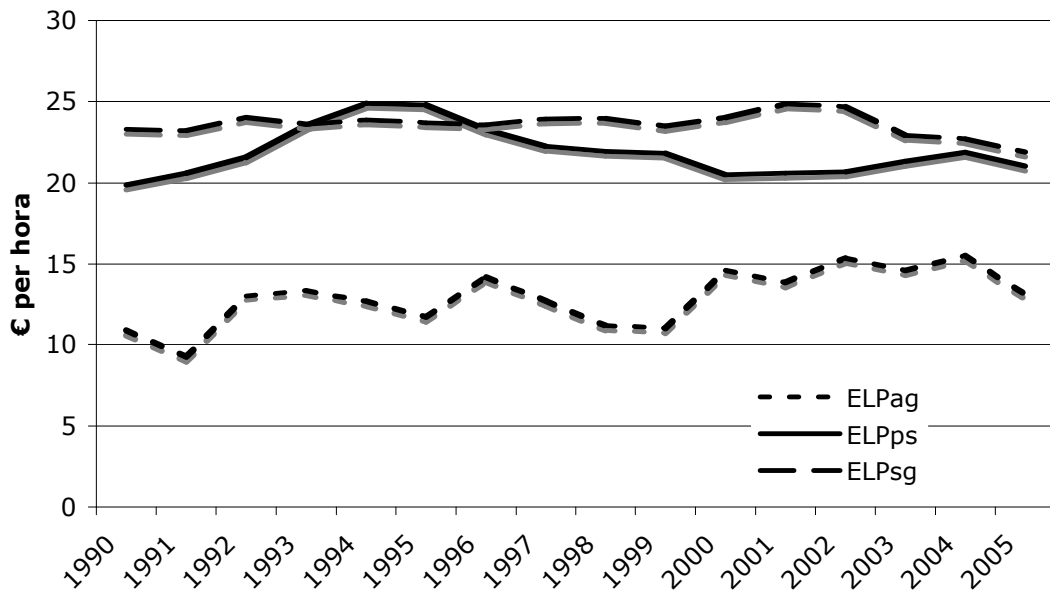
	Sector primari (AG)		Sector industrial (PS)		Administració i serveis (SG)	
	Població activa (%)	Valor afegit (%)	Població activa (%)	Valor afegit (%)	Població activa (%)	Valor afegit (%)
1990	3,38	1,86	43,71	41,51	52,92	56,63
1995	3,61	1,94	36,56	39,17	59,83	58,90
2000	2,51	1,77	38,75	36,29	58,74	61,94
2005	2,39	1,59	34,17	34,45	63,43	63,96

Font: Elaboració pròpia a partir de l'INE

Igual que hem representat la intensitat energètica per a cada sector, a la Figura 13 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, fluctuant entre els 20 i 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.

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 4, que mostrava l'evolució de la intensitat energètica per sectors, tots els sectors han augmentat el consum d'energia necessari per a 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.

Figura 13: Evolució de la productivitat del treball (ELP) als sectors econòmics



Font: Elaboració pròpia a partir de l'INE

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. En 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 nous nadius, 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. Degut a 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.

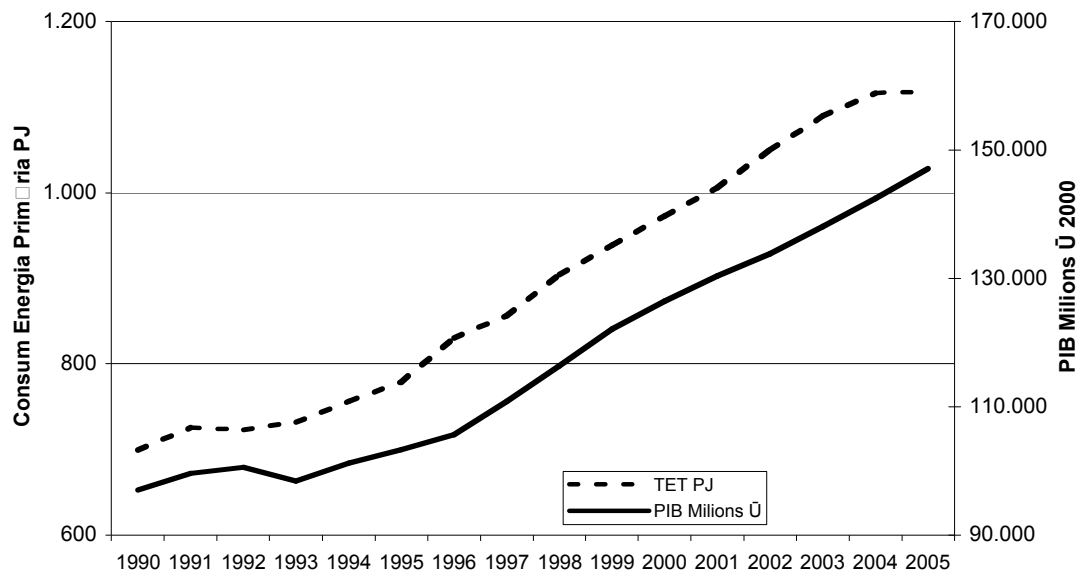
3.4. Lligam entre lectura econòmica i biofísica

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 al Bloc 11) 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 d'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 semi-elaborats, o perquè han introduït veritables millores en eficiència energètica. En qualsevol cas, aquesta no és la situació de Catalunya.

A la Figura 14 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 va de la mà del 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 14 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.

Figura 14: 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 0,98¹²; la representació gràfica es pot veure la representació a l'Annex 3).

¹² 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 es molt forta. Ara bé, no podem dir res sobre la direcció de la causalitat.

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 2 es presenten les taules amb els valors de les variables per a tot el període analitzat.

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 del 1,8%.

En termes de població, Catalunya ha passat de poc més de 6 milions el 1990 a gairebé 7 milions el 2005, que traduït en hores disponibles al conjunt de la 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 en 15 anys, passant 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 de 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/hab l'any 2005. Per tal de facilitar la comparació podem dir que aquesta dada era, l'any 2004, de 139 GJ/hab a l'Estat espanyol, de 167 GJ/hab la mitjana de la UE, però de 331 GJ/hab 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 qualitats que ens permetin ser optimistes de cara a la futura evolució de l'economia, o per contra, si no s'han donat grans canvis.

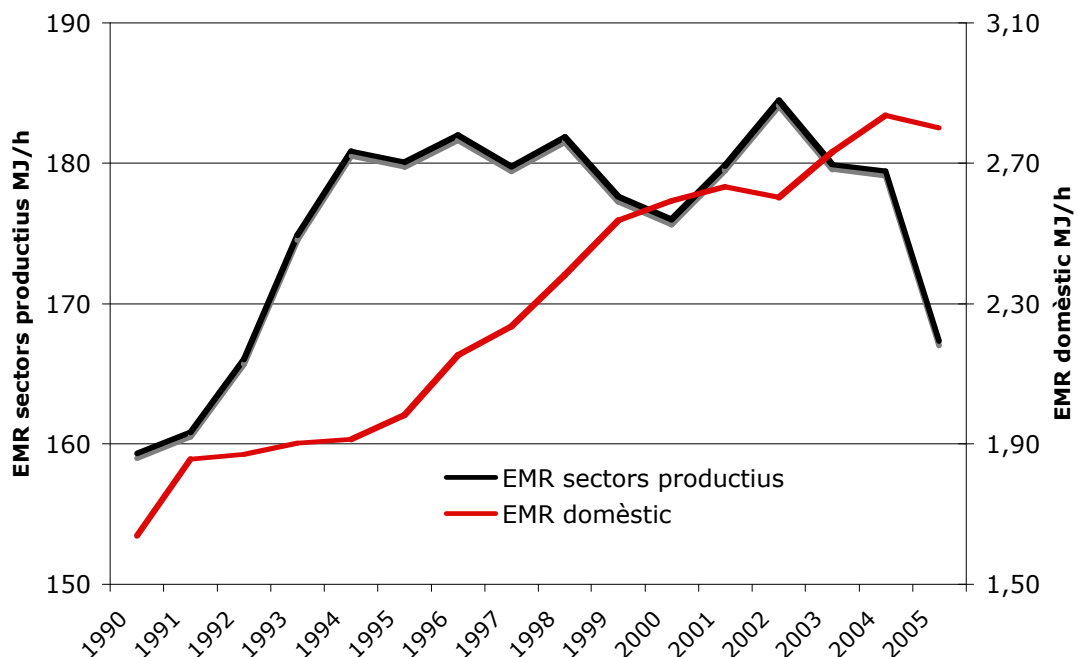
3.5.2 Nivell n-1: Producció i consum

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 les dues activitats.

A diferència del que s'ha esdevingut a d'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 15. 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 el conjunt de l'Estat.

Figura 15: 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

Aquest creixement tan petit per a Catalunya vol dir que, tot i l'increment al consum d'energia 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. 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 a 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%. Com hem vist al Bloc 6, 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 de cara 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 per al període analitzat. De fet, a diferència del que ha passat a d'altres economies desenvolupades, a Catalunya ha augmentat la fracció de temps que l'economia destina a activitats productives, com veiem a la Figura 2, 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 ve condicionat pel comportament del sector domèstic (HH). En efecte, EMR_{HH} ha passat de 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 a d'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 ordinadors¹³, entre d'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

¹³ 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 número de llars.

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 hem vist al Bloc 6 s'està produint un envelliment de la població activa que ni tan sols la forta immigració 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, serà necessari incorporar més població migrant.

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 mancaria 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.

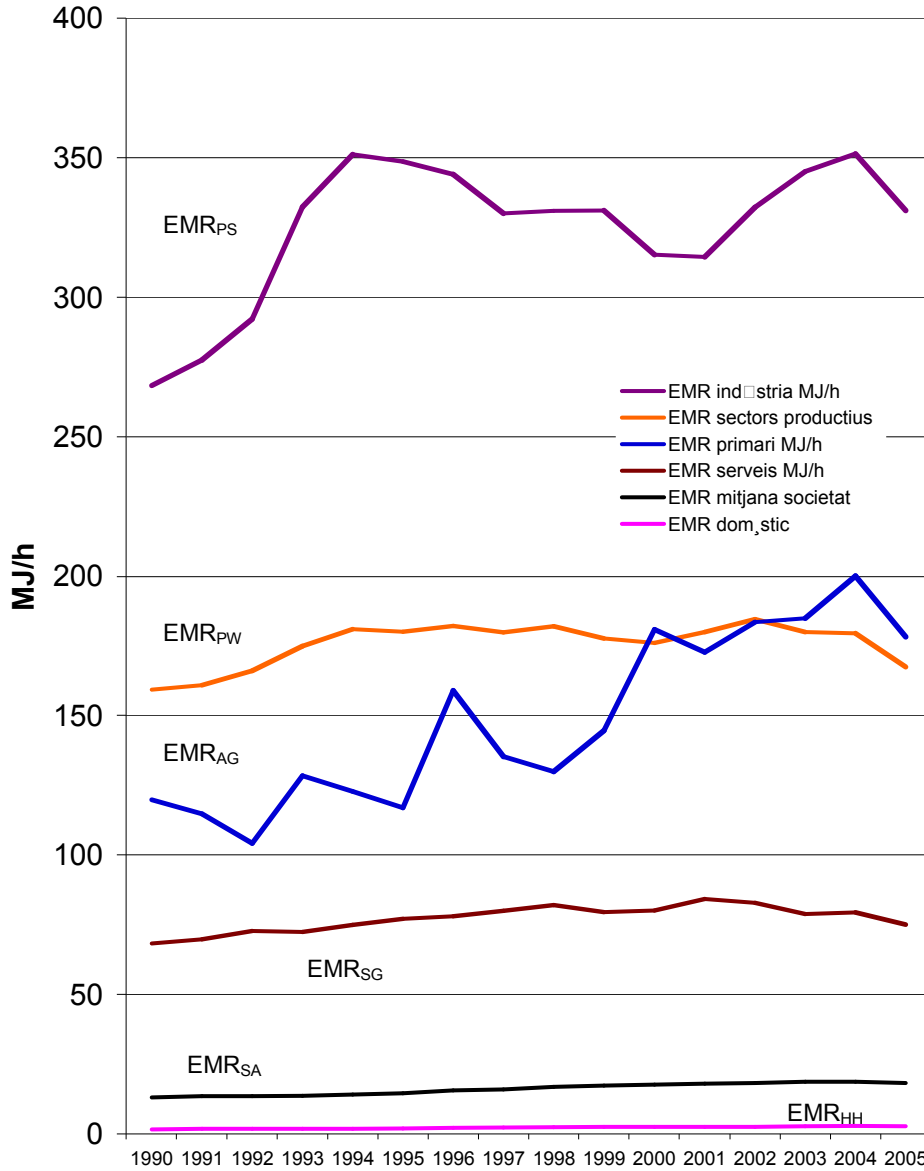
Com hem vist a les Seccions 3.1 i 3.5.2, HA_{PW} o la força de treball mesurada en hores ha augmentat considerablement en el període analitzat, a un 2,5% interanual, per sobre de la població total que ho ha fet a un magre 0,7% interanual. Això reflecteix la incorporació de la dona al mercat de treball i l'arribada de nous immigrants, que en la major part vénen en edat de treballar.

Ara bé, com vèiem a la Figura 3 i a la Taula 3, 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 tal de 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 16. El valor

del EMR_{PW} depèn, ahora, 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.

Figura 16: Evolució de les EMR_i



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

El primer que cal destacar és que hi ha diferències enormes en 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, del temps no dedicat a treball remunerat). Aquest diferent comportament dels sectors econòmics reflecteix el grau de capitalització que fa servir cada sector per a 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 al 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 a 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 (veure Figura 16). 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 es situa en valors pràcticament iguals als dels serveis. Així, per exemple, l'any 2001¹⁴ 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 front als 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 16 veiem com sembla ser 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 al major pes del transport a Catalunya, com s'ha explicat al Bloc 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'energia¹⁵.

Altres punts a destacar són l'evolució amb dalt i baixos 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, posant de relleu la seva importància degut a l'enorme pes en termes d'unitats de temps.

¹⁴ Darreres dades disponibles per a l'estat espanyol. A l'Annex 2 es troben totes les taules amb les sèries de dades corresponents per a Catalunya.

¹⁵ De fet el rendiment d'un motor de combustió d'un vehicle és molt més baix que el d'una caldera industrial, per al mateix combustible.

4. Ús de MSIASM en l'avaluació d'hipòtesis

La metodologia que hem emprat a la secció 3 per a descriure l'evolució del metabolisme energètic de Catalunya durant els darrers 15 anys, MSIASM, pot ser també una bona eina per a la generació i avaluació d'hipòtesis sobre l'evolució energètica de cara al futur. Tot i això, cal dir que, a banda de poder disposar de la informació desagregada en nivells als quals no hem pogut arribar en aquest estudi, és preferible que les hipòtesis es construeixin conjuntament amb els usuaris finals de les avaluacions (en aquest cas el Govern de la Generalitat), ja que d'aquesta manera es poden afinar millor els supòsits segons les previsions i línies estratègies a seguir.

En aquesta secció mostrem el tipus de dades que podem obtenir amb tres hipòtesis elaborades específicament per aquest estudi. El més adient, de cara a una futura aplicació d'aquesta metodologia, seria treballar conjuntament per a poder definir clarament quins són els objectius del Govern en diferents aspectes (creixement econòmic, estructura productiva, ocupació) i poder veure quines són les conseqüències d'aquests diferents objectius, a vegades contradictoris, sobre el consum d'energia de cada sector o activitat econòmica i, per tant, del conjunt de Catalunya.

4.1. Introducció a les hipòtesis avaluades

Per tal de poder mostrar les possibilitats d'usar MSIASM no només per a caracteritzar l'economia sinó també com a eina de suport a la presa de decisions en matèria econòmica i/o de política energètica, analitzem tres hipòtesis diferents, que anomenarem A, B i C. Descriuim a continuació quins són els principals supòsits que conformen cadascuna de les hipòtesis.

4.1.1 Hipòtesi A

La *hipòtesi A* es basa en l'escenari IER del Pla de l'Energia de Catalunya 2006-2015 (Generalitat de Catalunya, 2006). La seva elaboració es basa en la definició del comportament futur (previsions o objectius) de les variables extensives relatives tant al consum d'energia o l'evolució de la població, com a la generació de valor afegit.

Pel que fa a les dades de consum d'*energia*, s'utilitzen, com hem dit, les previsions que fa el PEC segons l'escenari IER, tenint en compte que es presenten els valors previstos per a 2010 i per a 2015. El PEC conté els valors de totes les variables en aquests dos anys, incloent-hi no només l'energia primària, sinó també l'energia final i els diferents vectors que la componen. Amb les dades per aquestes dues dates fem una interpolació i podem obtenir els consums per a tot el període seguint les taxes de creixement interanual assumides al PEC i que es presenten a la Taula 4.

Taula 4: Creixement interanual del consum d'energia segons l'escenari IER del PEC

	Creixement interanual 2005-2010	Creixement interanual 2010-2015
Consum d'energia primària	2,60 %	0,40 %
Sector de l'energia	3,25 %	0,67 %
Usos no energètics	3,62 %	0,02 %
Consum final d'energia	2,06 %	0,35 %
Consum a la indústria	1,81 %	0,48 %
Consum al transport	1,76 %	-0,62 %
Consum a l'agricultura	-0,56 %	0,41 %
Consum als serveis	3,02 %	1,72 %
Consum al sector domèstic	3,33 %	1,23 %

Un cop hem construït les sèries fins a 2015 podem calcular totes les variables necessàries per MSIASM, com ara les taxes de metabolisme exosomàtic que mesuren el consum d'energia per hora d'activitat. S'ha de dir que els supòsits sobre l'evolució de la intensitat energètica són molt optimistes sobretot per al període 2010-2015, que requerirà canvis estructurals significatius de l'economia catalana i del comportament individual, com denota, per exemple, que el creixement previst en el consum d'energia del sector domèstic sigui només d'un 1,23 % anual.

En quant a les dades de *població*, al Bloc 6 s'han descrit els supòsits que s'han emprat per tal d'arribar a l'estimació de la població total de Catalunya l'any 2015. A més, s'ha construït una sèrie amb la població activa (tenint en compte la població major de 16 anys i l'evolució probable de les taxes d'activitats per grups d'edat). A partir d'aquí, s'ha suposat que la taxa de desocupació es manté en un 8% en tot el període (un supòsit conservador), que ens ha permès obtenir la població ocupada. Com que per a l'aplicació de MSIASM necessitem saber l'ocupació per a cada sector, pel període 2005-2010 s'ha estimat la variació d'aquesta tenint en compte l'evolució dels darrers cinc anys. A partir de 2010 s'assumeix que la fracció de la població activa de cada sector respecte el total roman constant. Un cop tenim la població ocupada per sector, hem aplicat el número d'hores de treball mitjà per a cada activitat de l'any 2001 (l'últim disponible) i hem obtingut així el número d'hores dedicats a cada tipus d'activitat.

Com es pot veure, es tracta de supòsits molt simplistes que d'alguna manera mantenen l'estructura econòmica de Catalunya invariable, però hom podria modificar aquests supòsits en funció dels propis objectius de política econòmica o en funció de noves estimacions sobre l'evolució de la població. Per exemple, es podria donar el cas que el Govern fixés com a objectiu que l'agricultura representés un cert percentatge de la població activa. Si aquest fos el cas es podria incloure en el model i veure com aquesta decisió afectaria la resta de variables. S'ha de tenir en compte, a més, que per al càlcul del número d'hores treballades només comptem amb la informació del Cens de 2001, però es podria incloure, per exemple, els efectes de la introducció de la setmana de treball de 35 hores a *la francesa* tant pel que fa a la productivitat del treball com al consum d'energia.

Quant a l'evolució del PIB, com ja s'ha dit utilitzem el mateix escenari de futur que utilitza el PEC als dos escenaris (resumit a la Taula 5). Aquest és l'escenari mitjà elaborat conjuntament per IDESCAT i pel Departament d'Economia i Finances, compatible amb el Programa d'estabilitat d'Espanya 2003-2007, perspectives econòmiques incloses en el document “*European Energy and Transport. Trends to 2030*” de la Unió Europea, entre d'altres. Aquest escenari preveu unes taxes de creixement per a cada branca d'activitat (oferta) i components de la demanda.

Taula 5: Escenari econòmic de futur per Catalunya

Escenari base/IER	Taxa mitjana anual de creixement real 2005-2015
PIB a preus de mercat	2,8%
Components de l'oferta	
Valor afegit brut	2,7%
Primari	1,2%
Indústria	2,2%
Construcció	4,1%
Serveis	2,8%
Impostos nets sobre els productes	3,6%
Components de la demanda	
Demanda interna	3,2%
Despesa en consum de les llars	2,7%
Despesa en consum de les adm. Públiques	3,8%
Formació bruta de capital	3,8%
Exportació de béns i serveis	8,3%
Importació de béns i serveis	8,0%

Font: Pla de l'Energia de Catalunya (2006: 130-131), originàriament IDESCAT i Departament d'Economia i Finances

Com es pot observar a la Taula 5 l'escenari és d'un moderat optimisme, amb taxes de creixement econòmic molt altes pel període 2005-2015. Es posa de manifest també que l'escenari més probable a curt termini és aquell en el qual la construcció continuarà tirant de l'economia, els serveis mantindran la seva proporció i tant la indústria com el sector primari disminuiran la seva importància relativa. Evidentment hom podria jugar amb altres escenaris segons quins fossin els objectius de política econòmica, però aquí només volem veure què ens indicarà MSIASM amb aquests supòsits.

El resultat de treballar conjuntament amb les dades de població, de consum d'energia i de generació de valor afegit serà l'obtenció de valors per als diferents coeficients, o variables intensives, que hem calculat a la Secció 3 per a la sèrie històrica, com les EMR (energia consumida per hora d'activitat), i les ELP (o productivitat del treball).

4.1.2 Hipòtesi B

L'elaboració de la *hipòtesi B* s'ha fet de una manera diferent. En aquest cas mantenim els supòsits referents a la generació de valor afegit i a l'evolució de la població ocupada per sectors, però en comptes de calcular les variables intensives de MSIASM en base als supòsits d'evolució de la intensitat energètica, fem servir supòsits sobre la seva evolució, basats en el que hem trobat a la sèrie històrica i a valors semblants d'economies desenvolupades. Amb això calculem el consum d'energia que se'n derivaria i les diferents combinacions d'estructures productives compatibles. Com veiem, podem fer servir aquesta eina en el sentit que vulguem, depenent de quines siguin les nostres prioritats o necessitats d'informació a l'hora de prendre decisions.

En lloc de fixar objectius per a l'evolució de la intensitat energètica dels diferents sectors i per tant, fixar els objectius de creixement del consum d'energia de cada sector, com es fa a la hipòtesi A (Taula 4), aquí es preveu l'evolució dels principals indicadors MSIASM, tenint en compte les tendències observades. Si hem vist anteriorment que Catalunya estava immersa en un procés de convergència amb la mitjana europea i economies com la del Japó, l'evolució futura d'algunes variables podria ser similar. Així, per exemple, podem esperar que el consum d'energia primària continuï pujant fins arribar a valors propers als 190 GJ per habitant, i que la intensitat energètica encara es redueixi una mica més i arribi a valors propers als 7,5 MJ/€.

Taula 6: Variables intensives per alguns països i previsió a Catalunya 2015 (hipòtesi B)

	EMR _{PW} (MJ/h)	EMR _{HH} (MJ/h)	GJ per habitant
Estats Units (1999)	278	10,9	347
OCDE (1999)	196	6	195
Japó (1999)	135	4,1	170
Catalunya (1999)	177	2,54	152
Catalunya (2015)	179	2,95	167

Font: Ramos-Martin i altres (a impremta)

També es podria fer la hipòtesi que com que el consum d'energia per hora del sector no productiu (EMR_{HH}) és molt baix a Catalunya respecte altres economies (veure Taula 6), aquest valor podria pujar fins els 5 MJ/h. Es podria esperar també que el sector industrial augmentés encara més la seva capitalització, fet que podria implicar que l'any 2015 el sector arribés fins els 400 MJ/h que seria un valor per sota encara dels obtinguts amb la hipòtesi A. Els serveis, però podrien créixer una mica més en quant a consum d'energia per situar-se a 90 MJ/h (en resposta a una major presència del transport i a nous equipaments). Per contra, es podria fer la hipòtesi que l'agricultura baixaria la seva altíssima taxa de metabolisme i es situaria a 100 MJ/h, tot i que encara per sobre dels valors de l'Estat espanyol (Ramos, 2003). En resum, aquesta hipòtesi implica un manteniment de l'estructura productiva del país i també de l'estructura demogràfica, però una evolució diferent de la capitalització dels diferents sectors. Mes endavant veurem quines són les conseqüències en termes de demanda d'energia.

Per tant, la principal diferència amb la hipòtesi A és que aquí s'ha decidit quins seran els valors d'EMR_i dels diferents subsectors l'any 2015, en funció de la situació actual de Catalunya i dels països de l'entorn. A partir d'aquests s'han deduït tots els altres indicadors energètics: els EMR_i anuals entre 2005 i 2015, els consums energètics de cada sector, etc.

4.1.3 Hipòtesi C

La *hipòtesi C* és una variant de l'anterior. Es manté l'evolució de la població, i l'objectiu de creixement del PIB, però no la composició del PIB, que passa a ser una variable dependent. La idea principal és veure quines són les repercussions de mantenir el consum total d'energia als mateixos valors de l'any 2005, i alhora augmentar l'energia consumida per les famílies (EMR_{HH}) fins a 5 MJ/h per tal d'equiparar-se amb d'altres economies desenvolupades. Així mateix, mantenim la reducció del metabolisme de l'agricultura també a 100 MJ/h, com a la hipòtesi B. Quant a la indústria, també mantenim la tendència de la hipòtesi B, és a dir, un creixement de la seva EMR (consum d'energia per hora) per provar de no afectar la productivitat del treball, però inferior que a la de la hipòtesi A. Al mateix temps, i com que hi haurà menys energia per a producció, veurem quins han de ser els canvis en la població activa (que haurà de passar de l'agricultura i la indústria cap als serveis) per a fer compatibles aquests objectius. Indirectament obtindrem el consum d'energia per hora de treball als serveis en les condicions de la hipòtesi, que en tot cas no volem que baixi per sota dels nivells de l'Estat espanyol.

4.2. Resultats de la hipòtesi A

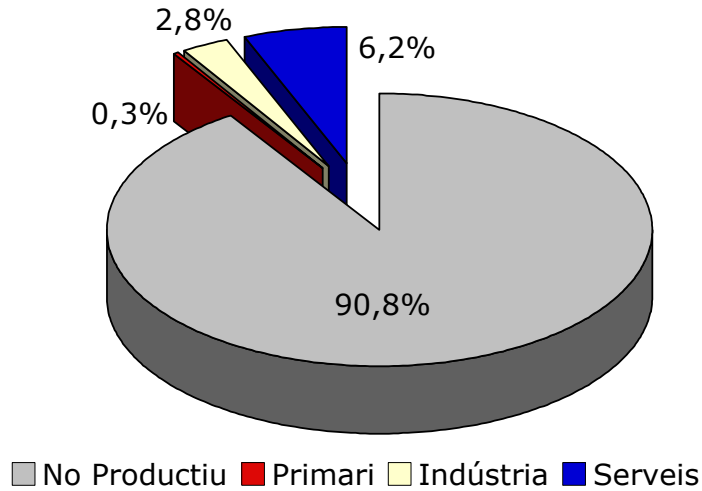
4.2.1 Estructura econòmica de les hipòtesis A i B

Les hipòtesis A i B preveuen les mateixes tendències d'estructura econòmica per l'any 2015, tant pel que fa al pes de cada sector en termes de valor afegit, com l'estructura de població ocupada per sectors. Si recordem l'inici de la secció 3, a la Figura 2, que mostrava la distribució del temps dedicat a cadascun dels sectors econòmics i a les activitats no remunerades l'any 1990 i 2005, veiem com les tendències demogràfiques i laborals, com ara la incorporació de la dona al mercat de treball i l'arribada d'immigrants descrites al Bloc 6, feien que la fracció de temps destinat a producció hagués augmentat entre 1990 i 2005. La Figura 17 mostra els resultats per a les hipòtesis A i B, que indiquen que aquesta tendència es pot revertir i trobar-nos el 2015 amb una fracció inferior de temps dedicat a producció (9,2%, quan el 2005 era de 9,5%) (vegeu la Taula A-3 de l'Annex 2).

Tenint en compte que al mateix temps s'espera que creixi el PIB d'una manera constant, l'augment del PIB només es podrà produir alhora que una reducció del percentatge de temps d'activitat productiva si assumim que es produirà també un increment de la productivitat del treball, que permeti suportar més població dependent (degut a l'envelliment de la població i de la població activa en particular, com es mostrarà al Bloc 6). De fet, s'espera que el màxim percentatge d'activitat destinada a producció s'hagi assolit el 2006, i a

partir d'aquí veiem com la fracció de temps no actiu creix de manera suau però constant.

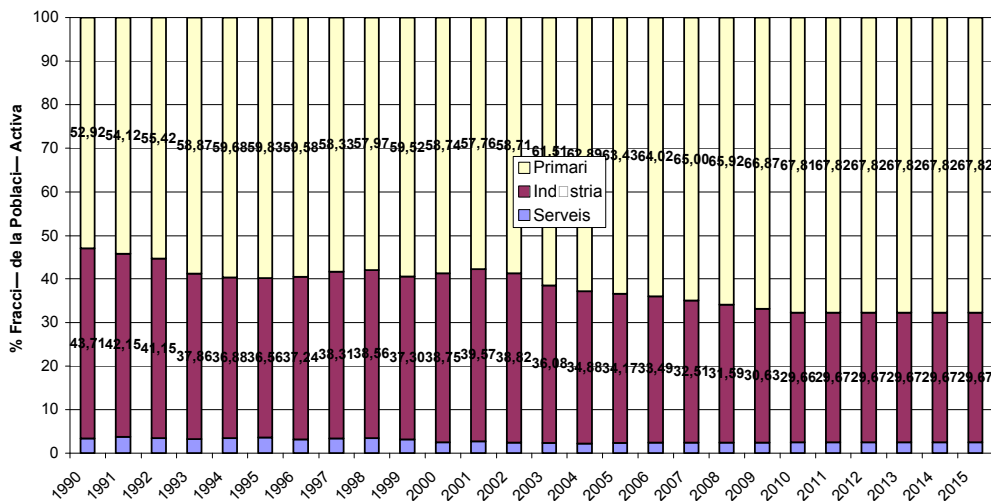
Figura 17: Divisió del temps entre sectors productius i no productius el 2015, hipòtesis A i B



Font: Elaboració pròpia a partir de l'INE

La Figura 18 mostra l'evolució esperada de la població activa en els tres sectors analitzats en les hipòtesis A i B. El sector primari decreix al llarg del temps però es mostra molt estable des de l'any 2000. Per contra, s'espera que els serveis continuïn el seu creixement absolut i relatiu, i que la població ocupada a la indústria decreixi en el temps.

Figura 18: Fracció de la població activa dedicada als tres sectors econòmics, hipòtesis A i B



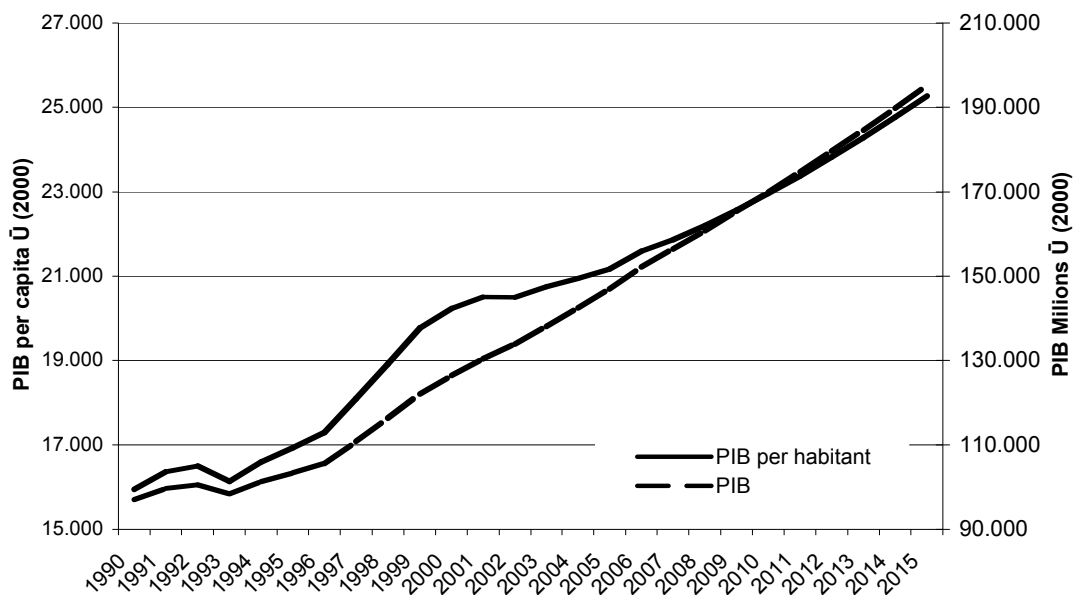
Font: Elaboració pròpia a partir de l'INE

Davant de l'evolució que mostra la Figura 18 s'han de fer principalment dos comentaris. El primer és que al nostre escenari de població hem assumit que les taxes d'activitat romanien constants a partir de 2010, com s'ha explicat

abans. El segon és que la caiguda del pes de la indústria és més important del que sembla si tenim en compte que el sector industrial inclou la construcció (ja que no hem pogut obtenir dades desagregades del seu consum d'energia) i que aquesta activitat s'espera que creixi al llarg del temps per sobre de la mitjana de l'economia com s'evidencia a la Taula 5. Això vol dir que la reducció del pes de les manufactures a l'economia catalana és molt important, i l'economia mostra una dependència forta del sector de la construcció (que com veurem al Bloc 11 es trasllada també al consum de materials), i que es caracteritza no només per la seva estacionalitat i per tenir un caràcter pro-cíclic, sinó també per un impacte ambiental difús i que va més enllà de la pròpia activitat constructiva. En qualsevol cas la lectura que cal fer d'aquest resultat és que en les previsions obtingudes de les hipòtesis A i B es redueix la fracció de la població (o del temps d'activitat) dedicat a producció, i continua la tendència cap a una terciarització de l'economia.

L'evolució esperada de la producció i de la població faran que el PIB per habitant, representat a la Figura 19, torni a agafar el mateix ritme de creixement que el PIB total. Això és degut bàsicament a l'alentiment del creixement de la població a partir de 2008, del que ja es parlava al Bloc 6, però també al supòsit, que es pot qualificar de massa optimista, d'un creixement continuat del 2,8% anual del PIB.

Figura 19: Evolució del PIB i del PIB per capita a les hipòtesis A i B (1990-2015)

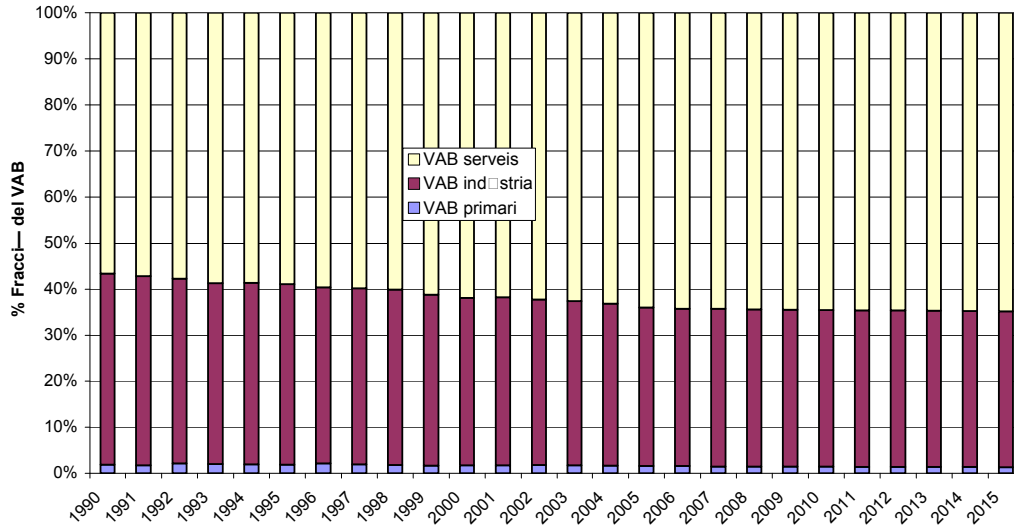


Font: Elaboració pròpia a partir de l'INE

És interessant observar que la caiguda de la població activa a la indústria que mostrava la Figura 18 no es veu tan clarament reflectida en termes del valor afegit generat per aquest sector, que decreix d'una manera més moderada (Figura 20). Això ja indica quin és el comportament esperat de la productivitat del treball, amb un augment notable que permet que es produeixi aquesta

evolució del valor afegit industrial. En qualsevol cas, el procés de terciarització no es reflecteix només en termes d'ocupació sinó també en termes de valor afegit generat.

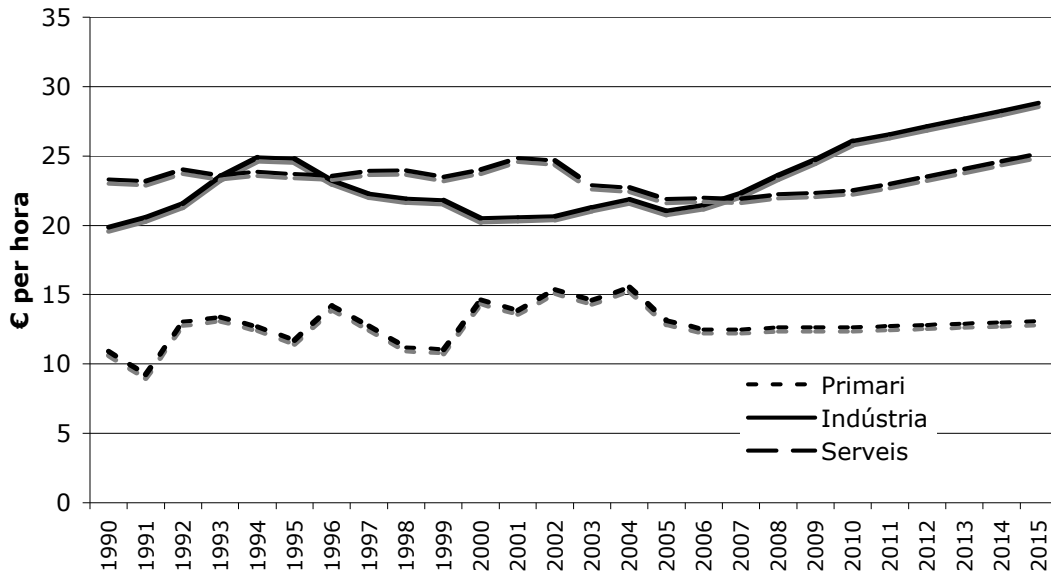
Figura 20: Valor Afegit Brut dels diferents sectors (%), hipòtesis A i B



Font: Elaboració pròpia a partir de l'INE

De fet, l'escenari IER que hem presentat abans només es pot produir si hi ha una evolució de la productivitat del treball com la que representem a la Figura 21. És destacable que l'escenari està imposant un creixement continuat de la productivitat tant a la indústria com als serveis que no ha ocorregut en el passat. En efecte, tal i com hem avançat abans, és crucial que la productivitat augmenti de manera forta i continuada per tal de cobrir la caiguda de les activitats productives que veïem a la Figura 18, i per a mantenir els nivells de contribució al PIB de la indústria, tot i la caiguda de l'ocupació al sector que hem vist abans. Ara bé, a la secció 3 hem mostrat que hi havia una relació entre el consum d'energia per hora de treball i la productivitat del treball, per tant, haurem de veure l'evolució d'aquella variable per poder parlar de la congruència dels resultats de la hipòtesi.

Figura 21: Evolució de la productivitat del treball (ELP_i) als sectors econòmics, hipòtesis A i B



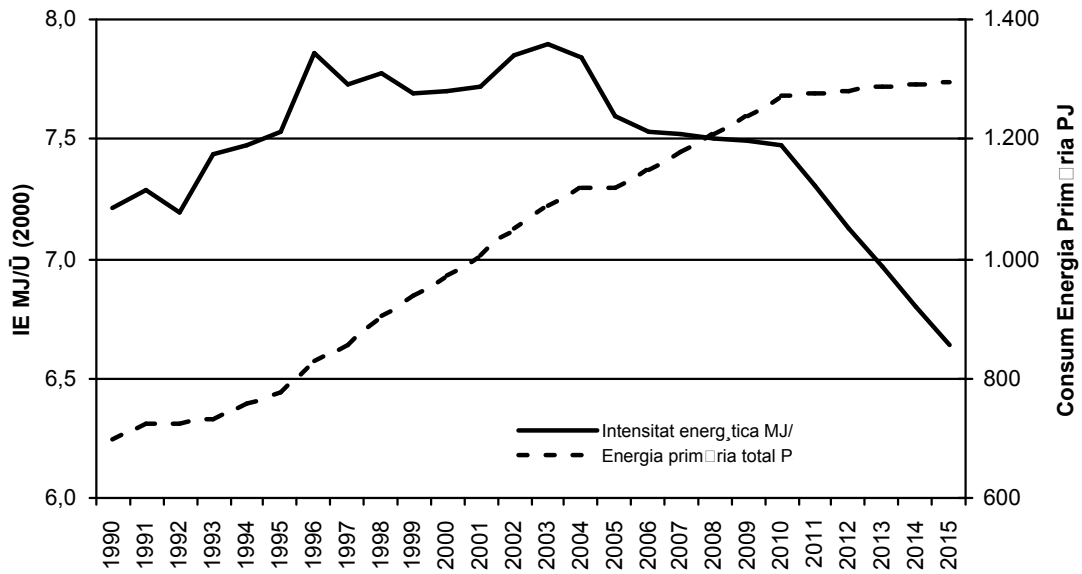
Font: Elaboració pròpia a partir de l'INE

4.2.2 Lectura biofísica dels resultats de la hipòtesi A

Deixant ara de banda la hipòtesi B, ens centrarem en la interpretació en termes biofísics dels resultats de la hipòtesi A.

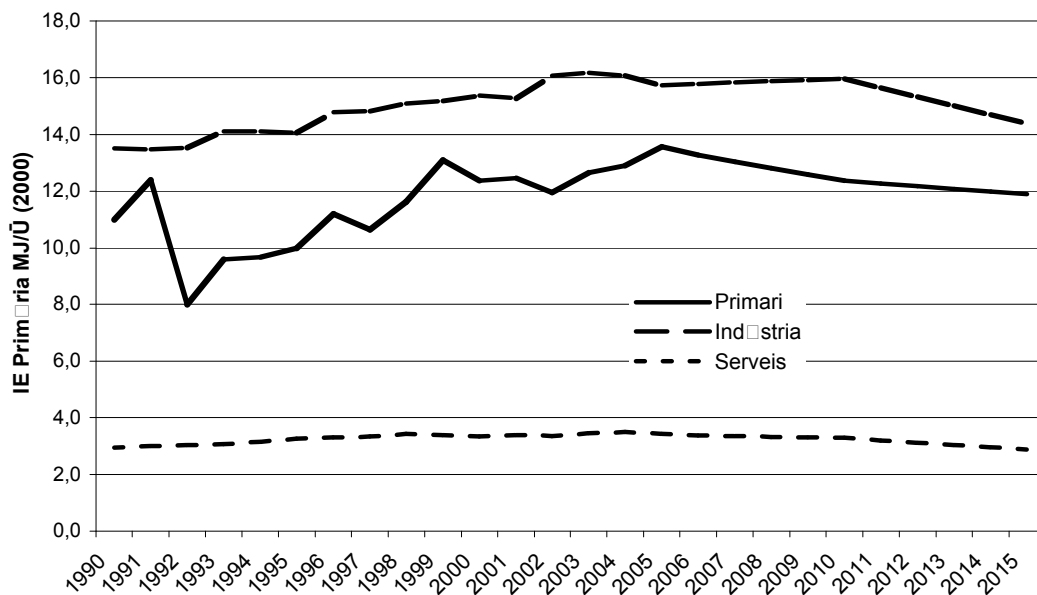
La Figura 22 representa l'evolució passada i les previsions de futur per a la intensitat energètica resultat de la hipòtesi A, així com pel consum total d'energia. Tot i que el consum d'energia segueix una tendència a l'alça, pel que fa a la intensitat energètica la Figura 22 mostra un cas típic de desmaterialització dèbil (en aquest cas per a l'energia) segons la corba de Kuznets ambiental (de Bruyn i altres, 1998). En efecte, l'evolució esperada de la intensitat energètica per a Catalunya arriba a un màxim l'any 2003 per a després començar una tendència decreixent (que no podem, però, confirmar encara amb les dades actuals) que hauria de fer l'economia catalana més eficient en el consum d'energia en el temps, ja que cada cop es necessitaria menys energia per unitat de PIB. Aquesta evolució té aquesta forma gràcies al creixement constant del PIB i a la moderació en el creixement del consum d'energia primària total que també veiem representat a la figura. Aquesta moderació del consum es fa de sobte, a partir del 2010, segons l'escenari IER i les taxes que hem mostrat a la Taula 4, i té fortes implicacions en termes de quines polítiques són necessàries per tal d'assolir-la. La dificultat és fàcilment comprensible observant la figura, ja que caldria que l'economia catalana després en un període de cinc anys el camí recorregut en 20 anys, i reduís la intensitat energètica primària per sota dels 6,7 MJ/€.

Figura 22: Intensitat energètica i consum total d'energia primària a la hipòtesi A



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

Figura 23: Intensitat energètica dels sectors econòmics a la hipòtesi A



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

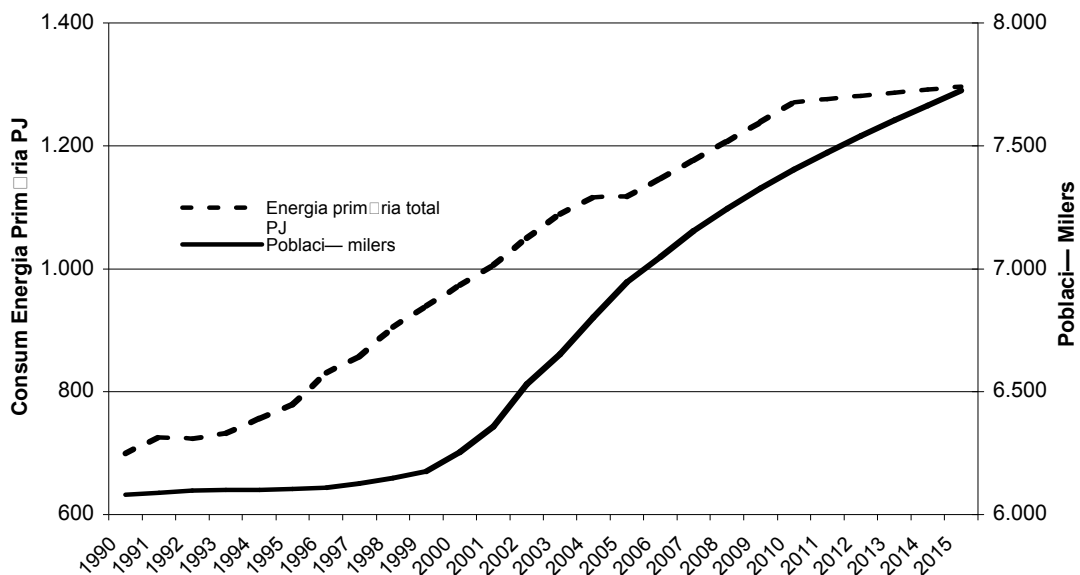
La Figura 23 desagrega el comportament de la intensitat energètica segons els diferents sectors per veure quin és el comportament esperat de cada sector. Com ja s'ha dit, s'espera que el sector primari canviï la tendència i comenci a reduir la intensitat a partir de 2005 ja que hem imposat una reducció del consum per hora treballada. El mateix succeeix amb els serveis i la indústria. La tendència esperada és doncs a tornar cap a valors similars als que hi havia el 1990. Tot i que hi ha una diferència molt gran entre la indústria i els serveis (que requereixen molta menys energia per unitat de valor afegit),

l'elevat pes d'aquest sector al total del PIB fa que qualsevol canvi en la intensitat tingui efectes profunds sobre el total de l'economia.

És interessant fer notar que per tal d'assolir els objectius marcats l'economia hauria de mantenir o fins i tot reduir la intensitat energètica dels sectors al mateix temps que augmenta la productivitat del treball. Com veurem més endavant això ha de tenir repercussions sobre la quantitat d'energia utilitzada per hora de treball.

Tot i l'augment d'eficiència energètica que s'ha suposat, l'increment de la producció i de la població (Figura 24) fan que el consum total d'energia continuï creixent al llarg del temps, posant més pressió encara sobre la dependència de l'economia catalana vers els combustibles fòssils i vers l'exterior que es va mostrar al Bloc 2. Aquest creixement conjunt de la població i de l'energia primària és el que s'observa a la Figura 25, que ens mostra l'evolució del consum d'energia primària per habitant.

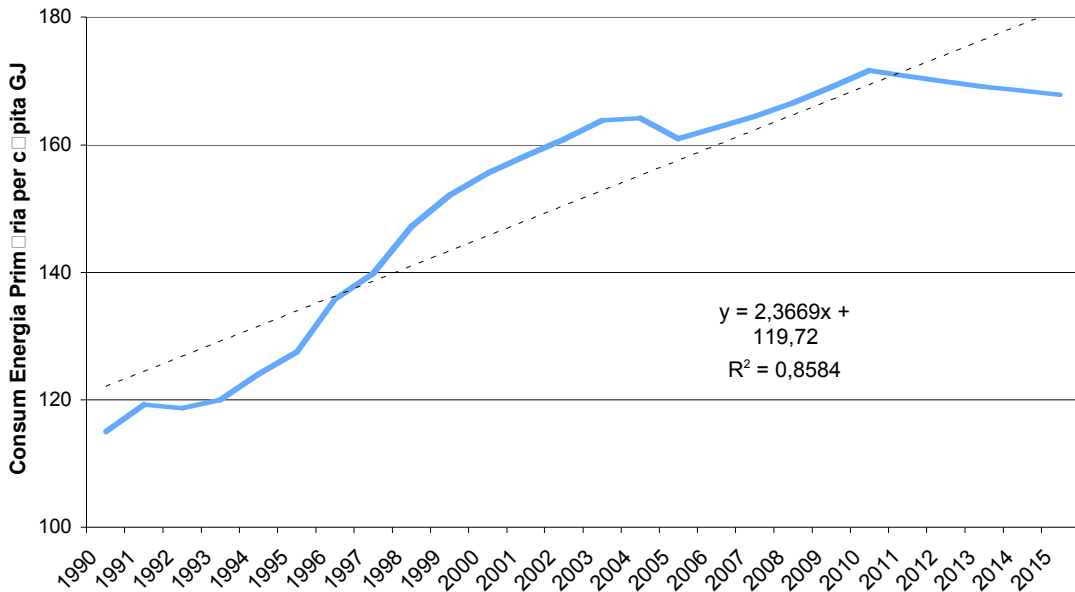
Figura 24: Evolució de la població i del consum d'energia primària a la hipòtesi A



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

És interessant veure que amb aquesta hipòtesi es modera la tendència al creixement del consum d'energia primària per capita entre 2005 i 2010, i després canvia la tendència, reduint-se lleugerament. L'augment del consum d'energia supera l'augment de població, per la qual cosa cada cop es consumeix més energia per habitant. A més a més, la tendència només es desvia a partir de 2010 i gràcies als forts supòsits que es fan a l'escenari IER.

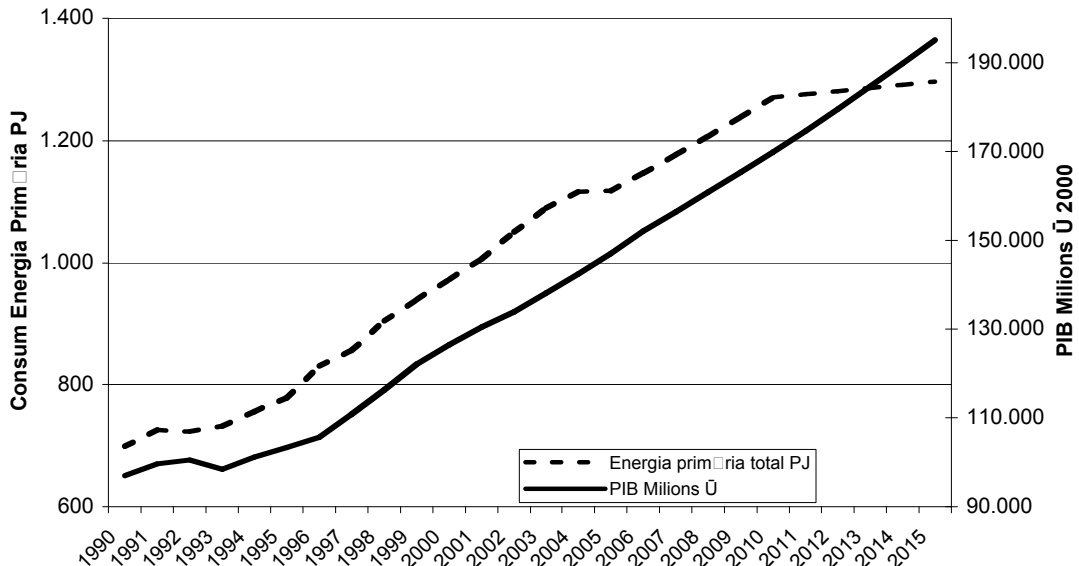
Figura 25: Consum d'energia primària per capita, GJ, a la hipòtesi A



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

La Figura 26 presenta la relació que existeix entre el PIB i el consum d'energia primària amb aquesta hipòtesi. És molt destacable que el propi escenari IER del PEC no preveu canvis radicals en aquesta relació durant els propers anys, sinó només a partir de 2010 gràcies als supòsits que hem comentat abans.

Figura 26: Consum total d'energia primària i PIB amb la hipòtesi A

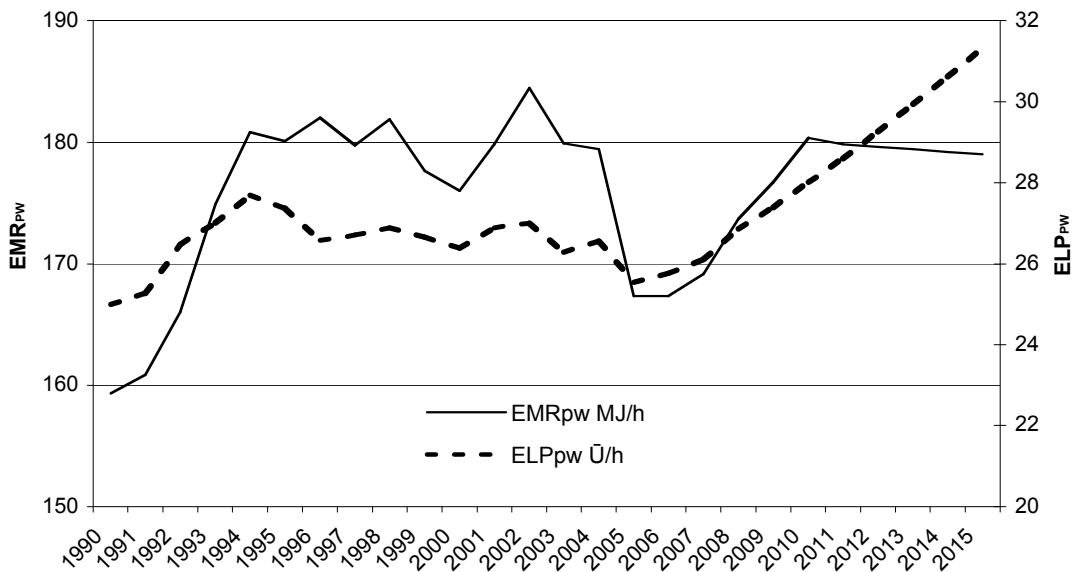


Font: Elaboració pròpia a partir d'ICAEN (2006) i INE

A la Figura 21, que ha presentat abans l'evolució esperada per a la productivitat del treball (ELP) en els diferents sectors amb la hipòtesi A, vèiem com els supòsits d'evolució econòmica i demogràfica forçaven a un augment

continuat de la ELP, que es pot veure a la Figura 27, que representa l'evolució de la variable per al conjunt de l'economia. Recordant la relació que hem presentat a la secció 3 entre consum d'energia per hora de treball (EMR_{PW}) i productivitat del treball (ELP), la productivitat seguia la tendència del consum d'energia, que era qui marcava els canvis a la productivitat. Recordem que això s'explica per la relació que hi ha entre major consum d'energia per hora de treball i majors nivells de capitalització dels diferents sectors productius, que permeten substituir mà d'obra per maquinària (en sentit ampli).

Figura 27: Relació entre EMR i ELP amb la hipòtesi A



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

La Figura 27 torna a representar les dues variables pel període sencer, des de 1990 fins l'any 2015, on veiem que la situació descrita es mantindria sense canvis, amb les dues variables seguint una tendència creixent, fins l'any 2010, a partir del qual s'espera que hi hagi un deslligament entre totes dues. Val a dir que aquest supòsit només es pot mantenir si es produeix o bé un canvi estructural fort de l'economia cap a sectors menys intensius en energia (serveis) o bé si acceptem que s'introduiran millores tecnològiques importants als diferents sectors, que faran disminuir la necessitat d'energia. Tot i ser un supòsit desitjable, sembla que no és coherent amb l'evolució passada d'aquestes variables.

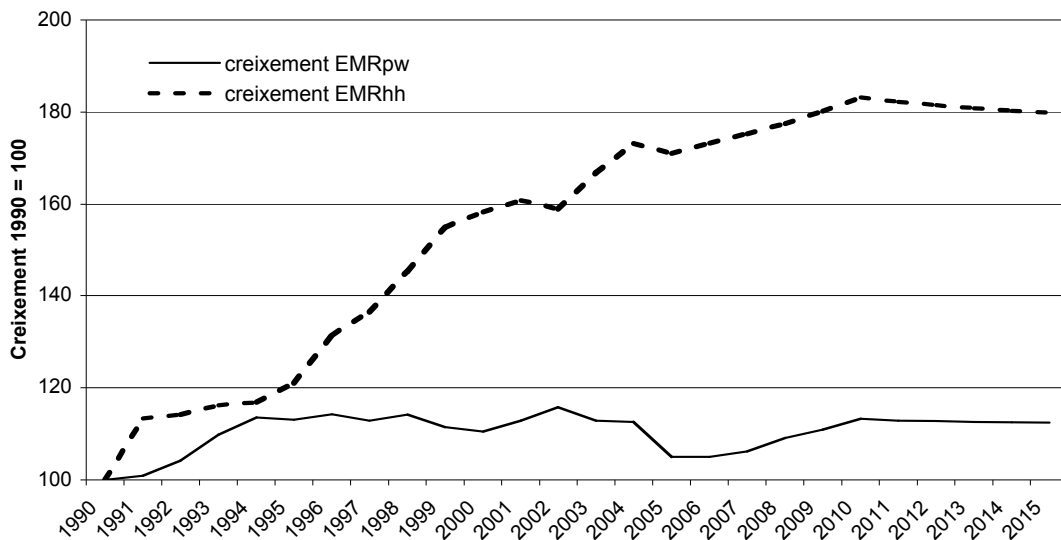
4.2.3 Anàlisi Integrada dels resultats de la hipòtesi A

Veiem ara de forma conjunta i pels indicadors més importants de MSIASM els resultats obtinguts seguint les previsions de la hipòtesi A, que com hem dit parteixen de les previsions de l'escenari IER del Pla de l'Energia de Catalunya.

La Figura 28 mostra al creixement previst de EMR_{PW} i EMR_{HH} aplicant la hipòtesi A, partint de la situació de 1990. Fins i tot acceptant la poc probable

evolució d'EMR_{PW} o consum d'energia per hora treballada que es planteja per a Catalunya, que es mantindria més o menys constant a llarg termini, la hipòtesi A implicaria un cert manteniment dels valors de consum d'energia en hores no dedicades a treballar (EMR_{HH}) entre 2006 i 2015. Aquest resultat no sembla massa realista si tenim en compte el fet que aquesta taxa té ara valors molt per sota dels països de l'entorn, i si aquest és l'objectiu a perseguir s'hauran de fer esforços per a moderar el creixement del consum d'energia de les famílies. Es podria argumentar que EMR_{PW} es podria mantenir constant perquè les noves necessitats d'energia als sectors productius (com ara la incorporació de nova població activa que hem vist al Bloc 6 o els possibles canvis tecnològics que requerissin més inversió en capital) es podrien compensar per dos factors, el canvi estructural de la indústria cap als serveis, i l'abandonament d'indústries més tradicionals i més consumidores d'energia com ara la metal·lúrgia i altres.

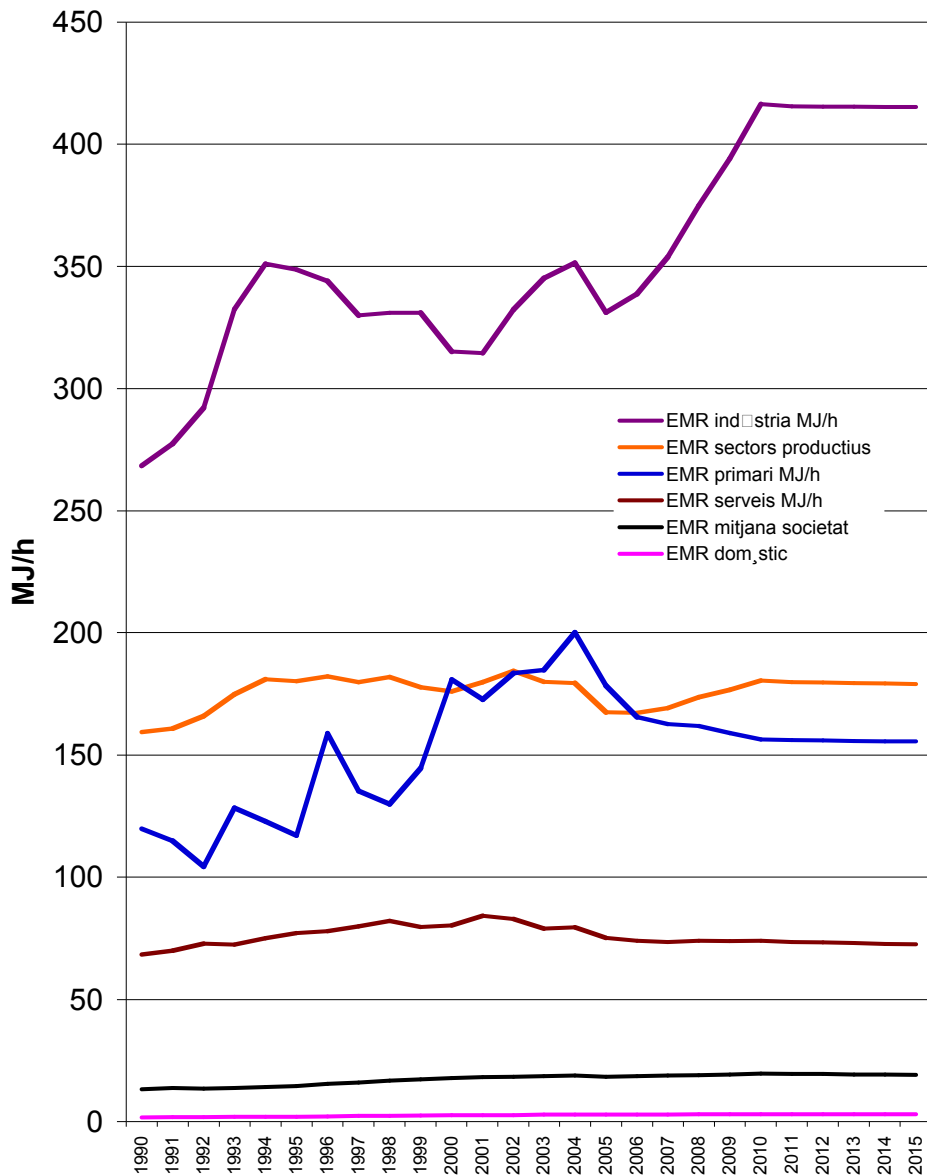
Figura 28: Creixement de EMR_{PW} i EMR_{HH} a la hipòtesi A



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

La Figura 29 mostra totes les taxes metabòliques exosomàtiques (EMR) per al conjunt de sectors productius i per a cadascun d'ells. A part de les diferències notables que existeixen entre els diferents sectors i que ja hem comentat, és possible observar que es preveu que l'agricultura reduirà el seu consum per hora de treball notablement des del seu màxim l'any 2004. Els serveis hauran de moderar també el consum per hora de treball i la indústria creixerà fortament fins l'any 2010 i s'estabilitzarà a partir d'aquell any. Aquesta evolució de la indústria podria explicar l'evolució prevista de la productivitat del treball que hem vist abans.

Figura 29: Evolució de les EMR_i, hipòtesi A



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

4.2.4 Conclusió de la hipòtesi A

Aquesta hipòtesi està basada, com ja hem dit, en objectius de creixement econòmic del Govern, en projeccions oficials de població i en les previsions més optimistes de consum d'energia, també oficials (correspon a l'escenari IER del Pla de l'energia de Catalunya).

Tot i que l'objectiu d'aplicar MSIASM no és l'avaluació dels resultats fruit de les hipòtesis sinó mostrar quin tipus de dades podem obtenir, el que sí podem dir és que en principi hi ha un període fins 2010 durant el qual no hi ha canvis significatius de les tendències passades, que es reflecteixen en increments constants tant del PIB, com del consum d'energia. L'evolució de la productivitat del treball hauria de perdre la seva relació amb el consum

d'energia per hora de treball (EMR_{PW}), segons el que s'obté aplicant les condicions de la hipòtesi. Aquest resultat és molt discutible, ja que en aquesta hipòtesi depèn de quins han estat els supòsits, i certament demanaria canvis estructurals molt forts cap a activitats generadores de molt valor afegit.

A partir de 2010, i en teoria gràcies a la introducció de les mesures d'eficiència energètica previstes al Pla de l'Energia 2006-2015 s'aconseguiria reduir el creixement de la intensitat energètica dels sectors i per tant l'energia consumida per hora de treball. El que no es contempla, però, és quina serà la situació un cop les mesures d'eficiència energètica hagin estat absorbides pels sectors econòmics, i si es tornarà o no a la tendència anterior de major consum d'energia lligat íntimament al creixement econòmic o es mantindrà en una situació de menor consum per unitat de valor afegit.

En particular és molt poc probable que el nivell de capitalització de la indústria es moderi però no se'n ressenti la productivitat del treball. Finalment, es posa de manifest el creixement continu del consum d'energia per hora no productiva.

En resum l'èxit de la hipòtesi es basa en què els sectors productius siguin capaços d'augmentar la seva eficiència energètica dramàticament sense comprometre la productivitat del treball, però això no està d'acord amb l'evolució recent de Catalunya que hem vist a la secció 3 ni amb l'evolució de les economies del nostre entorn. És a dir, hi ha algunes contradiccions que fora bo explorar si es fes una avaluació completa de la coherència dels resultats fruit de la hipòtesi.

4.3. Resultats de la hipòtesi B

La manca de satisfacció amb els resultats d'abans fa que sigui interessant avaluar una segona hipòtesi, que hem anomenat B, que manté els objectius de creixement econòmic i la projecció de població, però que, en lloc de fixar l'evolució de la intensitat energètica per sectors (com fa la hipòtesi A assumint les previsions del Pla de l'Energia), utilitza uns valors probables, segons la situació actual catalana i als països de l'entorn, per a determinades variables intensives (les diferents EMR) l'any 2015, per tal de trobar quin podria ser el consum d'energia que se'n derivaria, tal com s'ha explicat anteriorment.

Aquest enfocament implica que l'estructura econòmica de Catalunya a la hipòtesi B és el mateix que el de la hipòtesi A, de manera que serveix aquí el que es descriu a la Secció 4.2.1, on s'exposa les previsions en termes de valor afegit pels diferents sectors, productivitats del treball, i població activa. Ara bé, com que els consums d'energia són diferents, també ho seran les intensitats dels diferents sectors.

L'Annex 2 conté les taules completes amb totes les sèries de dades per a les variables a les tres hipòtesis, i als tres nivells jeràrquics. A continuació es presenten breument els principals resultats que difereixen de la hipòtesi A. La

representació gràfica es podrà trobar a les Figures 30-33, a la secció 4.5, comparant els resultats de les tres hipòtesis analitzades aquí.

En línies generals, atès que hem establert com a coeficients fixos els consums per hora de treball als diferents sectors i per hora no treballada al sector domèstic, els consums d'energia de cada compartiment o sector evolucionen en la mateixa direcció que aquests coeficients. En el nostre cas augmenta el consum d'energia tant al sector domèstic com als sectors productius, que bàsicament es deu a un augment del consum dels serveis que es reflecteix també en un augment de la seva intensitat energètica o empitjorament (mentre que disminueix una mica el consum a la indústria i al sector primari, tal com s'havia proposat).

El principal resultat global de l'anàlisi de la hipòtesi B és que aplicant aquests coeficients, més realistes que els que obteníem amb la hipòtesi A, i que estan més d'acord amb l'evolució passada de Catalunya i amb les economies del voltant, el consum total d'energia l'any 2015 seria un 12% superior al trobat amb la hipòtesi A.

Aquest increment de la demanda d'energia primària hauria de ser satisfet en la seva majoria per gas natural (per a la generació d'electricitat) i per petroli (per al transport), amb la qual cosa la dependència energètica s'accentuaria a Catalunya. Hem vist al Bloc 7 les implicacions no només en termes d'impacte sobre l'economia d'una dependència tan gran dels combustibles fòssils, sinó també en termes de seguretat energètica i de política internacional. Per tant, qualsevol increment de la demanda fa que Catalunya esdevingui més feble en el context internacional, ja que la seva economia depèn de les decisions en matèria energètica en què no pot intervenir; decisions de règims la majoria dels quals no són democràtics o tenen pràctiques poc clares, i de l'evolució dels preus dels mercats internacionals, on aniran apareixent cada cop més nous actors que augmentaran la demanda de petroli, com ara succeeix amb la Xina i la Índia.

4.4. Resultats de la hipòtesi C

A la *hipòtesi C* hem volgut explorar una situació de canvi radical, cap a una major sostenibilitat del sistema, a través del manteniment del consum d'energia de 2005 constant fins l'any 2015. A més a més, hem volgut mantenir la tendència a l'augment del consum de les famílies fins arribar als 5 MJ/h, nivell que les equipararia amb la majoria d'economies de l'entorn. Evidentment, l'augment de població i l'increment en el seu consum d'energia, fa que hi hagi menys energia que es pot dedicar a producció, a més de reduir el consum d'energia per capita (que passaria de 160 GJ per habitant el 2005 a 144 GJ el 2015). Com que volem mantenir els nivells de creixement econòmic i la població ocupada, l'única manera de fer front a aquesta escassetat relativa d'energia per a la producció és moure població activa dels sectors que consumeixen més energia, la indústria i l'agricultura, cap als serveis, que tenen una necessitat d'energia per hora molt inferior.

El resultat que obtenim és que per tal que el sistema sigui coherent amb les condicions que hem imposat, un 30% de la població activa de l'agricultura, i, el que és més important, un 30% de la població activa de la indústria, haurien de canviar d'àmbit de treball i passar al sector serveis. Aquest canvi en l'estructura de la població activa es reflectiria també en la generació de valor afegit, ja que els serveis augmentarien la seva contribució fins a un 74% del valor afegit, i la indústria (inclosa la construcció), passaria a representar un 25% i l'agricultura seria menys de l'1%.

Aquesta hipòtesi implica que l'eficiència econòmica de l'energia (la inversa de la intensitat energètica, és a dir € per GJ) es mantindria més o menys constant per a la indústria i per a l'agricultura, però hauria d'augmentar dramàticament als serveis i gairebé doblar-se en un període de 10 anys (passant de 291 euros per GJ el 2005 a 507 euros el 2015) per a compensar l'increment de la població activa del sector i la caiguda de la intensitat energètica requerida. Això vol dir que les mesures d'eficiència i estalvi energètic que s'haurien de promoure haurien de ser de gran magnitud.

Com veiem, l'actual model de creixement econòmic de Catalunya està tan fortament lligat al consum d'energia que si volem arribar a canvis que siguin veritablement efectius en la lluita contra la dependència dels combustibles fòssils, hem de ser conscients que requeriran uns esforços molt forts per part de la societat, en termes d'una altra reconversió de l'activitat productiva, el que vol dir que l'economia hauria d'anar cap a la provisió de serveis d'alt valor afegit, com la gestió financera i empresarial, l'audiovisual, internet, i altres serveis a les empreses i les administracions, i potser no tant cap al turisme i els serveis personals, que tenen una baixa productivitat del treball i que indueixen inflació. Fins a quin punt és capaç l'administració d'incentivar un canvi tan radical és un tema que està en discussió. Evidentment hi ha una sèrie de polítiques actuals, sobretot en l'àmbit de les infraestructures que estan fetes considerant que hem de competir en termes de costos, quan segurament hem de competir en termes de valor afegit.

Des d'un punt de vista de política energètica i ambiental, hem vist com únicament una hipòtesi de treball tan radical com la C té resultats significatius (i de canvi de tendència). Amb MSIASM podem veure també quin és l'impacte d'aplicar aquesta hipòtesi sobre la resta de variables. Pensem que Catalunya es troba en un moment crític per a canviar el model de desenvolupament, ja que si continuem amb el model actual només perpetuarem el problema, o el traslladarem una mica cap al futur. A vegades és necessari que el Govern marqui quina és la seva visió del futur de Catalunya per tal que els diferents actors comencin a anticipar les polítiques que es duran a terme i el canvi s'acceleri. Per tant, la nostra aposta és provocar un canvi tan fort com el vist a la hipòtesi C. Evidentment, i com que aquest era una prova de la metodologia, caldria fer una simulació més acurada, i amb participació dels diferents departaments del Govern i membres de la societat civil.

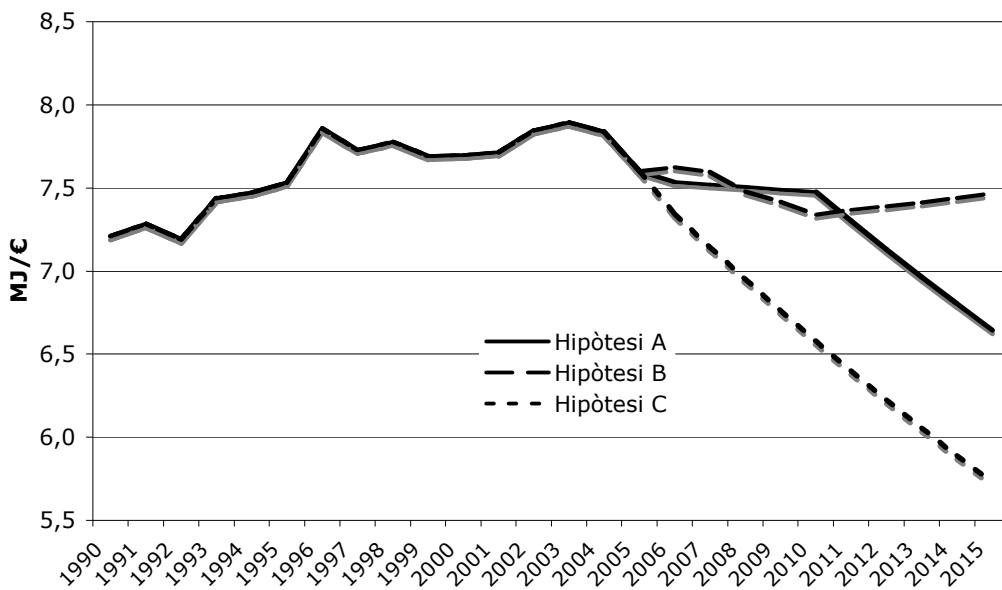
D'altra banda, si el que es pretén és agafar el camí cap a la sostenibilitat, que ha d'implicar necessàriament la reducció del consum energètic, no hi ha cap altra alternativa que no comprometi el creixement econòmic.

4.5. Algunes dades conjuntes de les tres hipòtesis

A continuació es representen de forma conjunta els principals resultats de l'anàlisi de les hipòtesis A, B i C aplicant la metodologia MSIASM. Recordem un altre cop que *la hipòtesi A* és el que s'apropa més a un escenari oficial pels supòsits utilitzats.

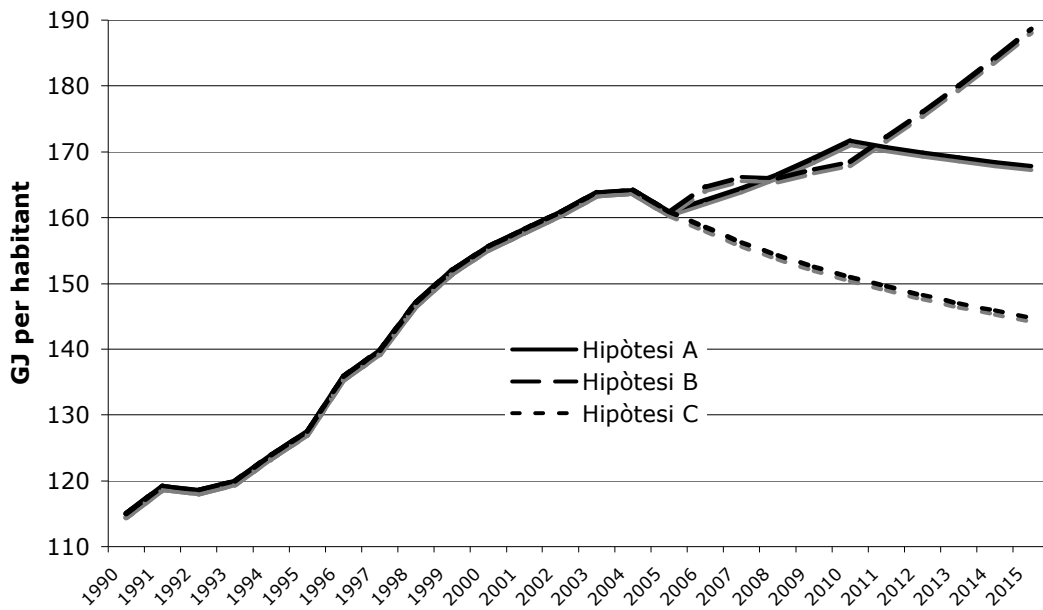
La Figura 30 representa la Intensitat Energètica fruit d'aplicar les tres hipòtesis mesurada en MJ per euro. Com es pot apreciar, només els resultats de la hipòtesi B semblen mantenir certa relació amb la trajectòria passada seguida per Catalunya els anys anteriors, de manera que sembla ser el més realista. Això no vol dir que els altres dos no siguin possibles, si s'implementessin les mesures adequades. El que sí és cert, però, és que les altres dues hipòtesis demandarien un canvi profund del metabolisme energètic a Catalunya, que només es podria assolir amb polítiques dirigides a canviar els patrons de consum energètic i els components estructurals de l'economia.

Figura 30: Intensitat energètica de Catalunya a les tres hipòtesis



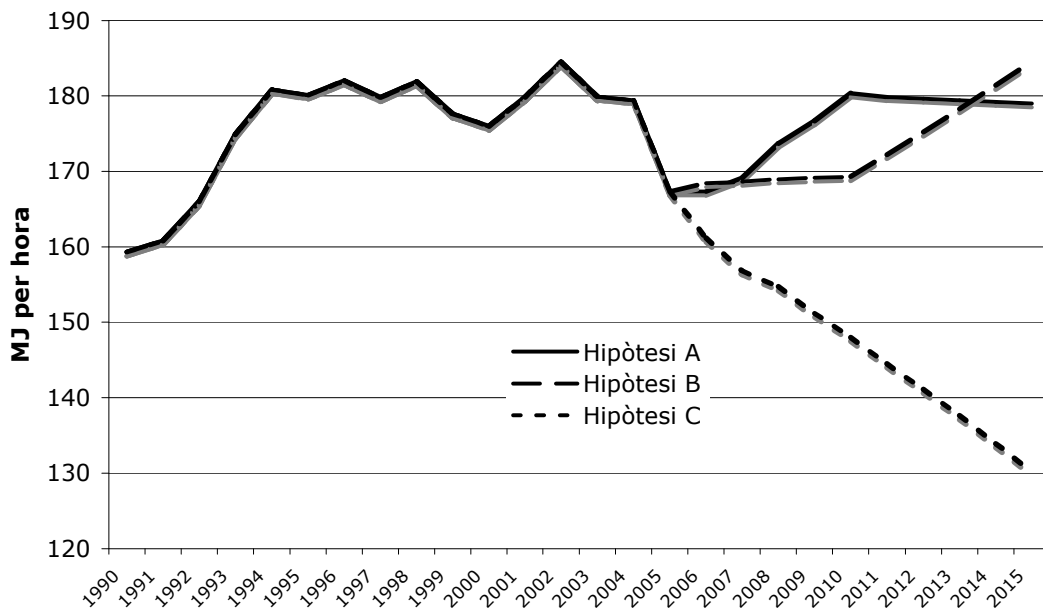
La Figura 31 mostra el consum d'energia primària per habitant a les tres hipòtesis, on l'esforç de què parlàvem es posa clarament de manifest.

Figura 31: Consum d'energia primària per capita, en GJ/habitant



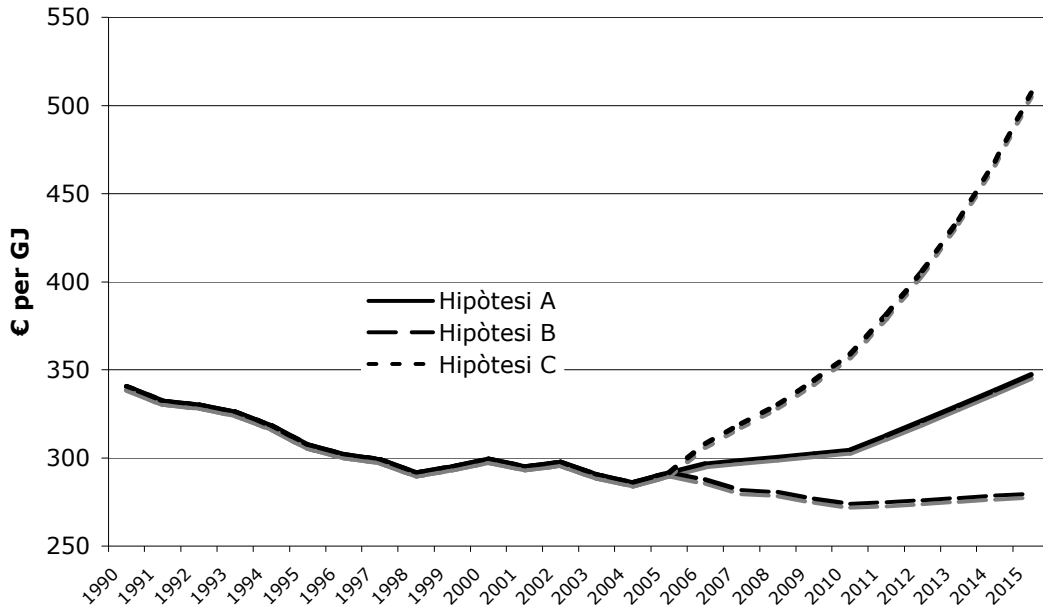
Pel que fa als nivells de capitalització dels sectors productius, la Figura 32 representa el consum d'energia per hora treballada a les tres hipòtesis. Aquesta representació ens permet visualitzar el grau de canvi necessari a la hipòtesi C, en termes de millora de l'eficiència energètica, que es requeriria per tal que aquesta fos viable.

Figura 32: Consum d'energia per hora treballada (EMR_i) a les tres hipòtesis



El resultat anterior el completem amb la Figura 33, que ens permet veure com s'explicaria part de la caiguda d'EMR_{PW} sense interferir massa amb la generació de valor afegit. El sector serveis en particular hauria d'incrementar de manera dramàtica l'eficiència en la utilització d'energia, i gairebé doblar el número d'euros que es poden generar per cada GJ usat.

Figura 33: Eficiència energètica dels serveis (ELP_{SG}) a les tres hipòtesis



5. Discussió dels resultats

Un cop s'ha presentat l'evolució recent del metabolisme energètic de l'economia catalana (secció 3) i els resultats derivats de les tres hipòtesis de futur (secció 4), aquesta secció pretén resumir els principals resultats obtinguts i explicar-los a través de la seva relació amb altres resultats obtinguts al llarg de l'estudi AMEEC. En particular es posa l'èmfasi en l'evolució de la població activa i en la relació entre el consum d'energia per hora treballada als diferents sectors i l'evolució de la productivitat del treball. A més, s'introdueixen algunes consideracions sobre la metodologia emprada, MSIASM.

5.1. Evolució de l'economia catalana entre 1990 i 2005

5.1.1 Distribució del temps entre les diverses activitats

En primer lloc, un dels principals resultats 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 remunerat¹⁶ està augmentant lleugerament, a causa, d'una banda, de l'increment de població que hem vist al Bloc 6 (sobretot degut a la immigració provinent de l'exterior), i de l'altra, de la incorporació de la dona al mercat de treball¹⁷.

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 (al Bloc 6 es va mostrar com el grup d'edat de majors de 65 anys era 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 li 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.

¹⁶ La variable de temps dedicat a les activitats remunerades pot canviar degut a moltes 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.

¹⁷ Al Bloc 6 ja es va explicar 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.

Aquest fet suposarà 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 a 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 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 (veure Bloc 6), 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, de que les dades de consum d'energia de les quals hem pogut disposar inclouen 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, el Bloc 6 ens avança que 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.

5.1.2 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 l'any 1999, quan començà a arribar més població immigrada que anteriorment. Quant a la comparació amb 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 d'Estats units, Alemanya i 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 forma paral·lela, per la qual cosa es pot dir que la competitivitat de l'economia catalana vers l'exterior s'ha deteriorat notablement.

De cara 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.

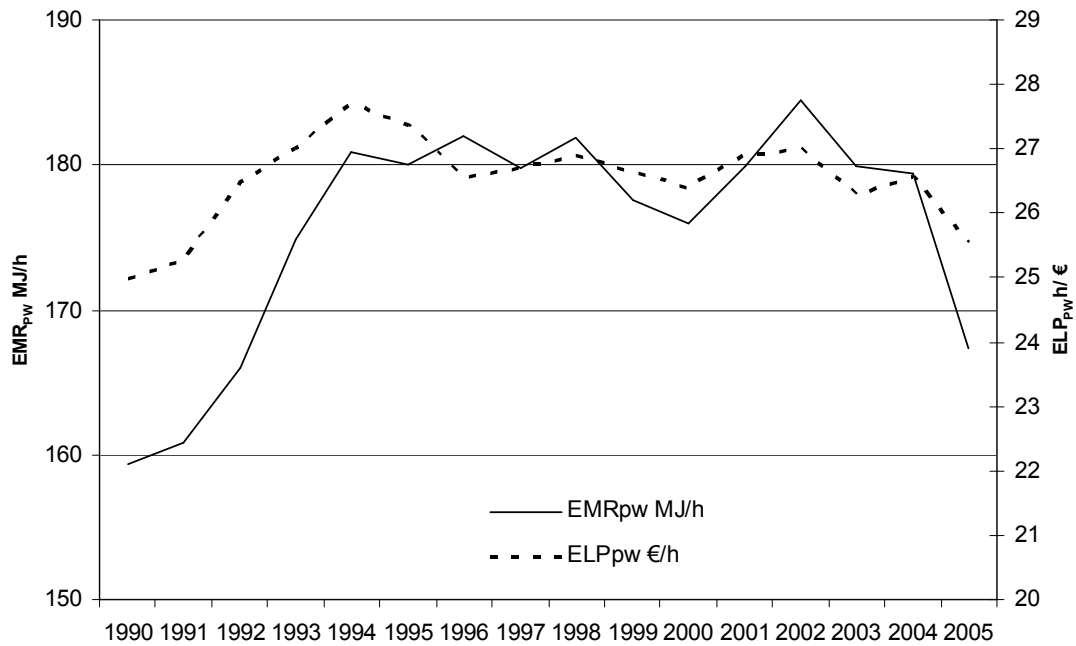
5.1.3 Lligam entre creixement econòmic i consum d'energia

L'estancament de la productivitat del treball als diferents sectors es pot lligar a l'evolució del consum d'energia per hora treballada.

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 perquè 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 aquests aparells o 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 d'altres, demostren que en alguns casos existeix aquesta relació en el sentit que si s'utilitza més energia per hora de treball (EMR) hi haurà també més productivitat en euros per hora de treball (ELP).

Aquesta relació també s'observa per a Catalunya. A la Figura 34 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 ELP.

Un fet destacable que s'observa bé a la Figura 34 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.

Figura 34: Relació entre EMR i ELP a Catalunya (1990-2005)

Font: Elaboració pròpia

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 Bloc 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 5.1.1, 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 pels 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.

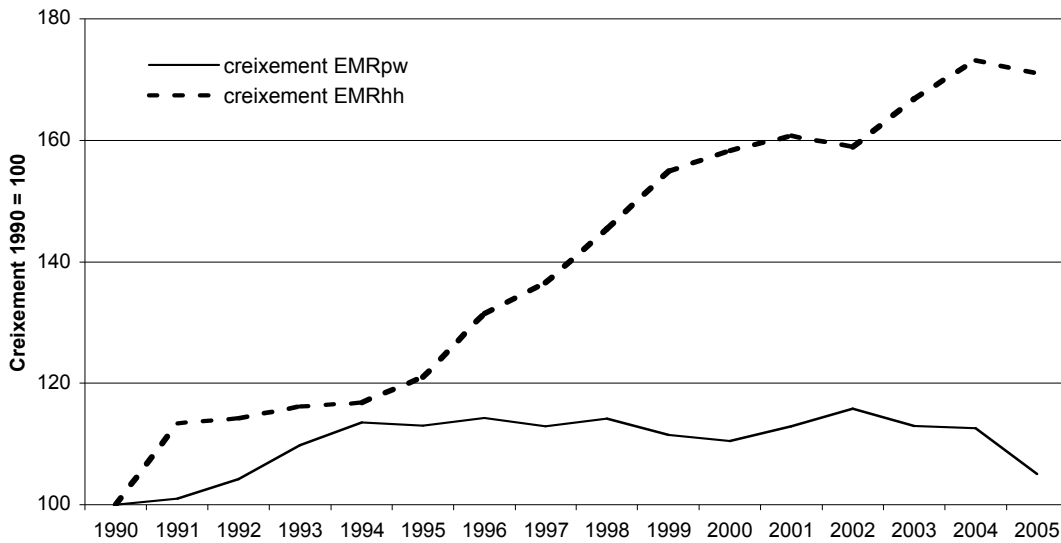
En qualsevol cas, el resultat més notable que hem trobat a la Secció 3 ha estat el que ja coneixíem o podíem intuir: que hi ha una relació molt forta entre creixement econòmic i consum d'energia. La correlació entre aquestes dues variables arriba a un 98% en el cas de Catalunya, segurament una de les 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 al Bloc 11 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 fonderies s'han substituït per d'altres també intensives com la fabricació de ciment o de ceràmica, que alimenten una construcció que continua creixent.

5.1.4 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 augmentat gaire el seu consum per hora de treball, de manera que gran part de l'augment s'ha donat al 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 35.

Com es pot observar a la Figura 35, 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 a 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 EMR i 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.

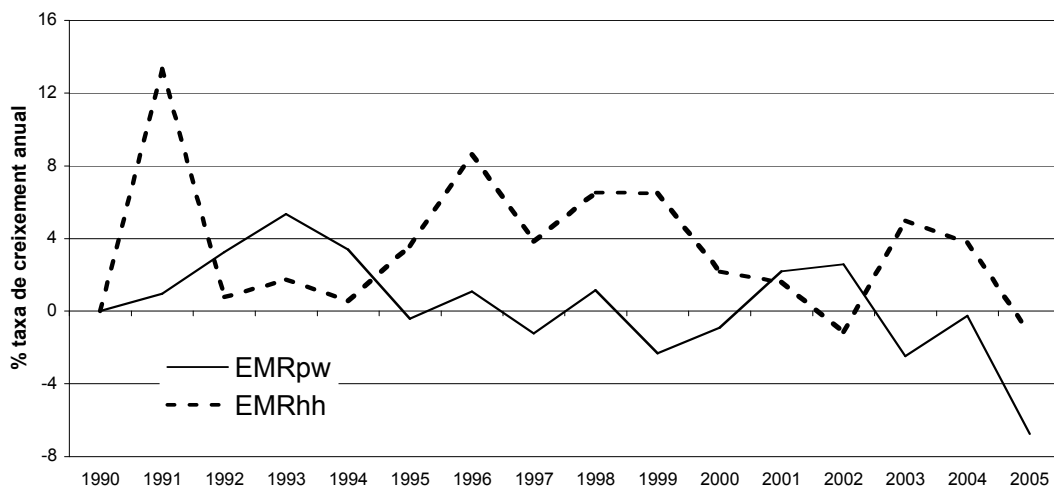
Figura 35: Creixement de EMR_{PW} i EMR_{HH}



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

Quan veiem les mateixes variables però amb la representació del creixement anual (Figura 36), els resultats anteriors són encara més clars. Gairebé al llarg de tot el període EMR_{HH} ha crescut molt per sobre de la demanda d'energia i del PIB, reflectint aquest augment en el nivell de vida material. Per contra, 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.

Figura 36: 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. Cal, per tant, 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 càpita 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.

5.1.5 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 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 del coeficients tècnics i de la distribució dels sectors a l'economia. A més, si el que ens interessa és no només 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 Bloc 2, la indústria consumeix principalment gas natural, seguit de l'electricitat i dels productes petrolers. Cal recordar que en aquest anàlisi hem sumat al sector industrial els consums del sector de l'energia (que són, però, molt diversificats i 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 incloem el 75% del transport com ja hem justificat abans) el principal vector energètic són els productes petrolífers, 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, degut principalment al 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 a considerar el sector del transport separatament, 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 Bloc 2.

El mateix passa en el cas del sector domèstic. Aquest sector (que incorpora el 25% del consum del transport) concentra més de la meitat del seu consum procedent de productes derivats del petroli i en gairebé un 30% restant de gas natural, amb el que queda 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 donés 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_i/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 7 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.

Taula 7: Eficiència econòmica del consum d'energia en euros per GJ

	1990	2000	2005
Eficiència sectors productius	157	150	153
Eficiència sector primari	91	81	74
Eficiència indústria	74	66	63
Eficiència serveis	341	300	292

Font: Elaboració pròpia

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 en 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 el 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 existents fins aquell moment.

5.2. Comentaris sobre MSIASM i l'avaluació d'hipòtesis d'evolució del metabolisme energètic

A continuació es comenten una sèrie d'aspectes sobre la utilització del mètode MSIASM per a la caracterització de les economies i per a l'avaluació d'hipòtesis d'evolució del metabolisme energètic en el futur.

En primer lloc, cal destacar que hi ha una manca estructural de dades sobre aspectes claus de la situació energètica, econòmica i ambiental de Catalunya, que significa una limitació per a l'anàlisi i la recerca en el camp ambiental. Aquesta mancança s'hauria de solucionar per tal de millorar les bases de la recerca en aquests temes i també per a facilitar la planificació energètica a Catalunya. En aquest sentit és important que es publiquin de forma anual els balanços energètics de Catalunya amb un nivell de desagregació adequat, és a dir, tenint en compte els principals sectors i subsectors econòmics d'importància. 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 administracions públiques o bé l'educació. A més, és crucial disposar de dades fiables demogràfiques, en especial pel que fa referència a la població nouvinguda, amb les estructures d'edat ben clares i que ens permetin que les projeccions de població total i sobretot de població activa als diferents sectors siguin més acurades. Finalment, cal que existeixin sèries històriques de valor afegit i PIB en termes reals i corrents, desagregades també no només en els sectors tradicionals sinó també en diferents activitats i que estiguin enllaçades de tal forma que es puguin fer comparacions temporals.

Fins i tot sense una plena disponibilitat de dades, MSIASM té una estructura molt flexible que li permet adaptar-se tant a la informació existent com als objectius concrets de la recerca. En efecte, la seva estructura jeràrquica força a que cada cop que anem cap avall en l'escala imposem a les variables el "total" que han de sumar, per la qual cosa, fins i tot usant informació d'altres

fonts, tenim un element de control de qualitat de la informació utilitzada. Cal dir també que la definició de sectors econòmics o activitats a considerar és del tot arbitrària i la podríem canviar segons quin fos el nostre interès. Per exemple, hom podria estar interessat en saber el paper concret que juga el sector químic, i el podria tractar com a una activitat a part (sempre, és clar, que disposem de les dades desagregades).

D'altra banda, la flexibilitat de l'esquema queda demostrada sobretot quan es tracta de generar hipòtesis de futur per a la seva avaluació. Hem pogut veure que l'anàlisi pot partir tant fixant alguns objectius de política econòmica (creixement del PIB, estructura econòmica dels sectors), canviant els supòsits sobre l'evolució de la població (per exemple amb major immigració), canviant elements del bagatge social (com ara la jornada laboral), o bé imposant canvis en alguns coeficients tècnics com la productivitat del treball o la utilització d'energia per hora de treball a cada activitat. El que resulta interessant del mètode és que és molt fàcil veure l'impacte del canvi d'una d'aquestes variables sobre la resta. Això permet avaluar els possibles impactes de mesures concretes. Per exemple, imaginem que Catalunya decideix introduir la setmana laboral de 35 hores per llei, de manera obligatòria i per a totes les activitats. Aquest fet provocaria en primera instància una reducció de la mà d'obra disponible per a les diferents activitats. A més, augmentaria la taxa de dependència (mesurada en hores de treball) i per tant forçaria que l'economia en general hagués d'augmentar la productivitat del treball si no volgués veure disminuïts els seus ingressos per habitant. Ara bé, sabem que hi ha una relació entre augment de la productivitat del treball i augment del consum d'energia per hora de treball, per la qual cosa, si volguéssim minimitzar aquest increment del consum d'energia hauríem de preveure un canvi estructural de l'economia cap als serveis. Sabem, però, que els serveis tenen un mix energètic diferent de la indústria, per la qual cosa s'hauria de veure també quins vectors energètics en sortirien potenciats (segurament els de menor qualitat).

L'exemple anterior introdueix el que al nostre parer és el gran avantatge d'utilitzar aquest tipus d'anàlisi integrada, i és que ens permet explorar els *trade-offs* de les decisions. És a dir, ens permet veure què implica una acció sobre una variable en la resta de variables del sistema, i ens recorda que els diversos aspectes (demografia, economia, i en aquest cas consum d'energia), evolucionen de manera conjunta i no es poden prendre mesures sobre un d'aquests aspectes sense tenir en compte les repercussions sobre la resta. Aquest fet ens permet analitzar la congruència de les mesures proposades.

També és important remarcar que plantejar la generació d'hipòtesis sobre l'evolució del metabolisme energètic en aquests termes permet involucrar en major mesura els destinataris finals de l'avaluació, els polítics, en la seva generació. Es tractaria més aviat de posar les diferents peces d'un puzzle de manera que encaixin, però com succeeix en el cas dels Sudokus, hi ha diferents solucions possibles, cadascuna amb els seus avantatges i desavantatges. MSIASM, per mitjà de la relació forçada entre totes les variables a diferents nivells jeràrquics, i gràcies a les variables intensives mostrades, ens donaria la informació rellevant resultat de cada hipòtesi.

Finalment, la pròpia estructura d'aquest esquema quant a estructuració de la informació, però també en la participació dels usuaris finals de la informació el fa perfectament compatible amb eines d'avaluació com ara l'anàlisi multicriterial (Munda, 2004), que ens permetria incloure a l'avaluació un tipus d'informació més ampli, com ara quina és la percepció de diferents actors (sindicats, estudiants, emprenedors, ambientalistes, etc) sobre els resultats de les diferents hipòtesis avaluades.

6. Conclusions

La primera i principal conclusió que es pot extreure d'aquest bloc és que el model de creixement que ha mantingut Catalunya des de l'any 1990 és fortament depenent 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 donar 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 a 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 serveis¹⁸, on els nivells de coneixements tècnics requerits poden ser menors, i explica que hi hagi una demanda insatisfeta contínua 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 ressenti, 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 li 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 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

¹⁸ 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.

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 Bloc 2 això vol dir a més una dependència creixent dels combustibles fòssils a causa de que el gas natural cada cop té més importància sobretot per a cobrir la nova demanda, i per part del sector de transformació de l'energia amb les noves centrals de cycle combinat, i als processos productius, i pel 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 creixement econòmic i consum d'energia, les mesures d'estalvi i eficiència energètica, tot i ser imprescindibles, no seran suficients, perquè arribarà un moment on els guanys derivats s'esvaniran. 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 augments en el consum total d'energia si no es redirecciona el model de creixement i es sotmeten les polítiques d'infraestructures a una anàlisi molt crítica. El model de creixement urbanístic i d'infraestructures actual està portant Catalunya cap a una societat on 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 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'estalvi i eficiència energètica, 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 Bloc 2, el transport és un dels sectors que està augmentant 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 transport¹⁹ 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 de què parlàvem al Bloc 9 són de molta utilitat. Una altra línia d'actuació ha de ser el potenciament del transport tant de persones com de mercaderies per ferrocarril²⁰, 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 Bloc 5 representa la meitat del transport de mercaderies, o un 25% del transport total, i perquè com veurem al proper bloc 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. Es podria, fins i tot, 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 (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 millora del ferrocarril que hem comentat abans sembla més que raonable.
- *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

¹⁹ Cal recordar aquí que els biocombustibles podrien contribuir a mitigar el problema energètic del transport, però hem vist al Bloc 2 que porta associat altres problemàtiques, i que a més a més no podem produir a Catalunya ni tan sols el 5% dels combustibles usat al transport. Així, l'opció dels biocombustibles significaria la importació massiva de matèria prima per 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.

²⁰ Com s'ha fet a França, entre Perpinyà i Luxemburg, segons Cinco Dias, 29/03/07: http://www.cincodias.com/articulo/empresas/autopista/ferroviaria/une/Pirineos/corazon/Europa/cdscdi/20070329cdscdiemp_36/Tes/

combustibles fòssils (pel transport i per l'extensió de la calefacció a 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 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 es 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.

Finalment, un país com Catalunya podria plantejar-se establir una limitació del seu consum d'energia, objectiu que hauria de ser assumit a nivell social. 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. et al. (1997): *Resource Flows: The Material Basis of Industrial Economies* (a joint publication of the World Resources Institute (WRI); the Wuppertal Institute; the Netherlands Ministry of Housing, Spatial Planning, and Environment; and the National Institute for Environmental Studies, Washington, DC).

Ayres, R.U. and Simonis, U., (eds.) (1994): *Industrial Metabolism: Restructuring for Sustainable Development*. Tokyo: United Nations University Press.

Cleveland, C.J., Costanza, R., Hall, C.A.S., and Kaufmann, R. (1984) "Energy and the U.S. economy: a biophysical perspective", *Science*, 225: 890-897.

Duchin F. (1998): *Structural Economics: Measuring Change in Technology, Lifestyles, and the Environment*. Washington DC: Covelo CA: The United Nations University, Island Press.

De Bruyn, S.; van den Bergh, J.C.J.M.; Opschoor, J.B. (1998): "Economic growth and emissions: reconsidering the empirical basis of environmental Kuznets curves", *Ecological Economics*, Vol. 25(2): 161-175.

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, in Redclift, M., and Woodgate, G. (eds.): *The International Handbook of Environmental Sociology*. Edward Elgar, Cheltenham.

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.

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

Hall, C.A.S.; Cleveland, C.J.; and Kaufman, R. (1986): *Energy and Resource Quality*. New York: John Wiley & Sons.

ICAEN (2006) Balanços d'Energia Primària 1990-2005. ICAEN, mimeo.

Martinez-Alier, J. (1987): *Ecological Economics: Economics, Environment and Society*. Basil Blackwell, Oxford, 286 pp.

Matthews, E. et al. 2000: *The Weight of Nations: Material Outflows from Industrial Economies* (a joint publication of the World Resources Institute (WRI); the Wuppertal Institute; the National Institute for Environmental Studies; the Institute for Interdisciplinary Studies of Austrian Universities; and the Centre of Environmental Science, Leiden University, Washington, DC).

Munda, G. (2004): Social Multi-Criteria Evaluation: Methodological foundations and operational consequences, *European Journal of Operational Research*. Vol. 158: 662-677.

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

Ramos-Martin, J. (2003): “Intensidad energética de la economía española: una perspectiva integrada”, *Revista de Economía Industrial*. Número 351(III): 59-72.

Ramos-Martin, J., Giampietro, M., and Mayumi, K. (en premsa): “On China’s exosomatic energy metabolism: an application of multi-scale integrated analysis of societal metabolism (MSIASM)”. *Ecological Economics*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2006.10.020>

Schandl, H., Grünbühel, C.M., Haberl, H. and 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. IFF – Dept. Social Ecology. Vienna.

Llistat dels principals acrònims utilitzats

AG – Agricultura. (A MSIASM inclou tot el sector primari)
 ELP - Economic Labour Productivity, o productivitat del treball
 EMR_i – Exosomatic Metabolic Rate, o taxa de metabolisme exosomàtic del sector *i*
 EPA – Enquesta de Població Activa
 EUROSTAT – Oficina Estadística de la Unió Europea
 GJ – Giga Joule (10⁹ Joules)
 HA_i – Human Activity, o activitat humana, del sector *i*
 HH – HouseHold sector, o sector de les famílies
 ICAEN – Institut Català de l'Energia
 IDESCAT – Institut d'Estadística de Catalunya
 IE – Intensitat Energètica
 IER – Escenari Intensiu en Energies Renovables
 INE – Institut Nacional d'Estadística
 MJ – Mega Joule (10⁶ Joules)
 MSIASM – Multi-Scale Integrated Assessment of Societal Metabolism, o Anàlisi integrada multi-escala del metabolisme social
 PEC – Pla de l'Energia de Catalunya 2006-2015
 PIB – Producte Interior Brut
 PJ – Peta Joule (10¹⁵ Joules)
 PS – Productive Sector, o Sector de la Indústria, que en aquest estudi inclou, a part de les manufactures, el sector de l'energia i la construcció
 PW – Paid Work sector, o sector productiu, generador de valor afegit
 R2 – Coeficient de correlació
 SG – Services and Government, o Administració i Serveis
 TEP – Tona Equivalent de Petrol
 TET – Total Energy Throughput, o consum total d'energia
 THA – Total Human Activity, o activitat total disponible
 UAB - Universitat Autònoma de Barcelona
 UE – Unió Europea

Índex de termes

- Alemanya, 3, 25, 27, 28, 30, 64, 66, 69, 88
 biocombustibles, 77
 biofísic/a, 11, 83
 carbó, 66
 Catalunya, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 33, 35, 36, 37, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 49, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 64, 65, 66, 67, 69, 70, 71, 72, 75, 76, 77, 79, 81, 87, 88, 89
 combustibles fòssils, 8, 10, 17, 25, 51, 57, 58, 69, 76, 78
 construcció, 1, 2, 5, 6, 9, 14, 17, 20, 31, 32, 39, 40, 43, 47, 58, 64, 65, 67, 68, 69, 71, 75, 76, 77, 81, 83, 84
 ecologia industrial, 11
 economia catalana, 1, 13
 eficiència econòmica, 16
 eficiència energètica, 6, 14, 51, 56, 65, 90, 92
 electricitat, 6, 8, 9, 57, 69, 70
 EMRAS. Véase Taxa de metabolisme
 energia nuclear, 69
 energies renovables, 76
 Estat espanyol, 3, 18, 22, 27, 28, 30, 35, 36, 37, 40, 44, 45, 64, 65, 66
 Estats Units, 4, 26, 28, 30, 35, 44, 65, 88
 Europa, 29
 gas natural, 5, 6, 8, 9, 40, 57, 66, 69, 70
 impacte ambiental, 7, 11, 25, 34, 47, 69
 indústria, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 13, 17, 18, 20, 21, 22, 23, 25, 31, 32, 33, 38, 39, 42, 43, 45, 46, 47, 48, 50, 54, 56, 57, 58, 64, 65, 66, 69, 70, 71, 72, 76, 77, 78, 98
 intensitat energètica, 3, 4, 5, 8, 14, 15, 24, 25, 26, 27, 29, 32, 35, 42, 44, 49, 50, 51, 56, 57, 58, 66, 87, 89, 92
 Japó, 27, 28, 30, 35, 44, 64, 66, 88
 metabolisme energètic, 1, 11, 12, 21, 41, 59, 63
 metabolisme social, 81
 petroli, 6, 9, 17, 57, 70
 PIB, 1, 13, 15, 16
 població, 1, 13, 15, 16
 productes petrolífers, 8, 69
 productivitat del treball, 4, 6, 7, 8, 9, 14, 32, 33, 37, 42, 43, 45, 47, 48, 49, 51, 52, 54, 55, 56, 58, 63, 64, 65, 68, 72, 75, 81, 90, 92
 productivitat econòmica del treball, 16
 Regne Unit, 3, 25, 27, 30, 66
 sector primari, 2, 17, 20, 43, 46, 50, 57, 64, 69, 70, 81
 sectors productius, 3, 4, 6, 7, 23, 25, 36, 37, 38, 53, 54, 56, 57, 60, 67, 68, 69, 70
 serveis, 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 16, 17, 20, 21, 22, 23, 25, 31, 32, 33, 38, 39, 40, 42, 43, 44, 45, 46, 48, 50, 53, 54, 57, 58, 61, 63, 64, 65, 66, 69, 70, 71, 72, 75, 76, 78, 83, 92, 94, 96, 98
 sostenibilitat, 11, 33, 57, 59
 taxa de metabolisme, 15
 transport, 2, 6, 8, 9, 10, 17, 18, 20, 25, 37, 40, 42, 44, 57, 69, 70, 75, 76, 77, 78
 UE-15, 2, 3, 24, 27, 28, 30

Glossari

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, 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 a poder funcionar i créixer.

Intensitat energètica

Quantitat d'energia que una societat consumeix per a poder generar una unitat de PIB, i es mesura en MJ/€.

Metabolisme social

Tot 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 dissipat que són disposats a l'ambient. L'activitat econòmica, per tant, es pot descriure en termes biofísics en funció de la quantitat i tipus d'energia i materials que utilitza.

Productivitat del treball

Valor afegit generat per una hora de treball, mesurat en €/hora.

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.

Nota sobre la metodologia MSIASM

A la metodologia MSIASM, l'economia es divideix en dos grans compartiments, que a la vegada es divideixen en subsectors. El següent gràfic mostra quina és la divisió per subsectors de l'economia catalana que s'utilitzarà.

Nivell n	ECONOMIA CATALANA			
Nivell n-1	SECTOR DE TREBALL REMUNERAT (PW) Part de l'economia que genera valor afegit. Es divideix en subsectors:			SECTOR D'ACTIVITATS NO PRODUCTIVES (HH) 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)

A MSIASM s'utilitzen principalment **tres variables**, que es poden aplicar tant al conjunt de l'economia com a cada subsector:

Acrònim	Nom de la variable	Descripció	Com es calcula?
TET ²¹	Flux total d'energia	Total d'energia primària usada per una economia en un any [J].	Fonts estadístiques.
THA	Temps total d'activitat	Total de temps de què disposa una societat en un any per a les diverses activitats [h].	Multiplicant el total de població per 8.760 hores.
GDP	Producte interior brut	Valor afegit generat per una economia en un any. En [€] (ó \$).	Fonts estadístiques.

I es calculen els següents **indicadors**:

Indicador	Definició	Fórmula	Què mesura?
El _i	Intensitat energètica [MJ/€]	= TET/GDP	Indica l'energia consumida per unitat de PIB.
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.

²¹ Quan s'aplica per a un sector o subsector *i*, s'anomenen, respectivament: ET_i, HA_i i GDP_i.

Annex I: Equacions de congruència, relacions utilitzades i taules de dades

Equacions de congruència

$$TET(n) = ET_{PW}(n-1) + ET_{HH}(n-1) = ET_{AG}(n-2) + ET_{PS}(n-2) + ET_{SG}(n-2) + ET_{HH}(n-1)$$

$$THA(n) = HA_{PW}(n-1) + HA_{HH}(n-1) = HA_{AG}(n-2) + HA_{PS}(n-2) + HA_{SG}(n-2) + HA_{HH}(n-1)$$

$$Flow - Share(n-1/n) = \frac{ET_{PW}(n-1)}{TET(n)}$$

$$Fund - Share(n-1/n) = \frac{HA_{PW}(n-1)}{THA(n)}$$

$$Flow - Share(n-2/n-1) = \frac{ET_{AG}(n-2)}{ET_{PW}(n-1)}$$

$$Fund - Share(n-2/n-1) = \frac{HA_{AG}(n-2)}{HA_{PW}(n-1)}$$

$$EMR_{SA}(n) = \frac{TET(n)}{THA(n)} = \frac{ET_{PW}(n-1) + ET_{HH}(n-1)}{HA_{PW}(n-1) + HA_{HH}(n-1)} = \frac{ET_{AG}(n-2) + ET_{PS}(n-2) + ET_{SG}(n-2) + ET_{HH}(n-1)}{HA_{AG}(n-2) + HA_{PS}(n-2) + HA_{SG}(n-2) + HA_{HH}(n-1)}$$

$$EMR_{AG}(n-2) = \frac{ET_{AG}(n-2)}{HA_{AG}(n-2)} = \frac{TET(n) - ET_{HH}(n-1) - ET_{PS}(n-2) - ET_{SG}(n-2)}{THA(n) - HA_{HH}(n-1) - HA_{PS}(n-2) - HA_{SG}(n-2)}$$

Aquest és el tipus d'equacions que lliguen les variables entre els tres nivells jeràrquics i entre les lectures econòmiques i biofísiques del sistema analitzat. Una descripció en detall es pot trobar a Giampietro (2003).

Annex II: Taules de dades

Taula A-1. Situació a Catalunya i altres països de les principals variables utilitzades (població, PIB, consum d'energia primària, PIB per capita, consum energia primària per càpita i intensitat energètica), entre 1990 i 2005

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Població Mitjana (en milions d'habitants)																
Alemanya	79,43	80,01	80,62	81,16	81,44	81,68	81,91	82,03	82,05	82,10	82,21	82,35	82,49	82,53	82,52	82,47
Espanya	38,85	38,94	39,07	39,19	39,29	39,39	39,48	39,58	39,72	39,93	40,26	40,72	41,31	42,00	42,69	43,40
UE - 15	365,74	367,36	369,06	370,57	371,71	372,74	373,74	374,65	375,51	376,58	377,99	379,65	381,62	383,84	386,18	388,40
Catalunya	6,08	6,09	6,10	6,10	6,10	6,10	6,11	6,13	6,15	6,17	6,25	6,36	6,53	6,65	6,80	6,95
Estats Units	249,40	252,12	255,06	257,85	260,42	262,92	265,33	267,80	270,37	279,33	282,43	285,37	288,25	291,11	293,93	296,68
Japó	123,83	124,25	124,61	124,90	125,30	125,54	125,07	125,38	126,28	126,69	126,93	127,29	127,44	127,62	127,69	127,76
PIB a preus (i tipus de canvi) constants de 1995, milions d'euros																
Alemanya	1.778.546	1.819.035	1.859.525	1.844.608	1.893.621	1.929.422	1.948.601	1.983.763	2.024.039	2.064.742	2.131.016	2.157.441	2.157.441	2.153.392	2.180.243	2.200.061
Espanya	414.691	425.238	429.194	424.767	434.890	456.495	467.528	485.616	507.314	531.390	558.225	578.589	594.235	612.334	632.192	654.514
UE - 15	6.201.254	6.285.402	6.370.217	6.347.861	6.525.804	6.712.418	6.822.841	7.002.482	7.204.420	7.421.349	7.708.179	7.851.731	7.931.004	8.011.420	8.186.324	8.309.163
Catalunya	96.978	99.612	100.556	98.421	101.206	103.339	105.654	110.813	116.325	122.066	126.455	130.400	133.845	138.041	142.497	147.070
Estats Units	5.008.433	4.999.983	5.166.238	5.304.327	5.517.550	5.655.709	5.864.989	6.128.773	6.384.669	6.668.733	6.912.870	6.964.767	7.076.097	7.253.690	7.537.119	7.780.130
Japó	3.746.981	3.872.531	3.910.171	3.919.853	3.935.366	4.012.507	4.122.693	4.187.440	4.101.625	4.095.813	4.212.959	4.220.727	4.231.796	4.291.614	4.409.388	4.493.491
Consum d'energia primària (PJ = 106 GJ)																
Alemanya	14.914	14.621	14.362	14.233	14.180	14.336	14.815	14.703	14.622	14.308	14.387	14.799	14.455	14.533	14.572	0
Espanya	3.813	3.963	4.046	3.889	4.111	4.305	4.247	4.516	4.743	4.973	5.220	5.352	5.510	5.697	5.954	0
UE - 15	55.441	56.788	56.246	56.225	56.387	57.826	59.876	59.571	60.669	60.815	61.434	62.873	62.552	63.894	64.714	0
Catalunya	699	726	723	732	756	778	830	857	905	939	973	1.006	1.050	1.090	1.117	1.118
Estats Units	80.706	81.365	82.973	84.626	86.342	87.441	89.618	90.593	91.364	93.829	96.472	94.561	95.815	95.496	97.380	0
Japó	18.672	18.918	19.344	19.456	20.554	21.037	21.655	21.880	21.627	21.996	22.145	21.806	21.841	21.608	22.324	0

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
PIB_{PC} (Euro per capita)																
Alemanya	22.391	22.734	23.064	22.729	23.252	23.622	23.788	24.182	24.669	25.149	25.921	26.198	26.154	26.091	26.422	26.677
Espanya	10.674	10.921	10.986	10.839	11.067	11.590	11.843	12.268	12.772	13.309	13.864	14.209	14.383	14.578	14.808	15.082
UE - 15	16.955	17.110	17.261	17.130	17.556	18.008	18.256	18.691	19.186	19.707	20.392	20.682	20.783	20.872	21.198	21.393
Catalunya	15.948	16.364	16.493	16.134	16.588	16.928	17.292	18.091	18.922	19.769	20.222	20.513	20.501	20.753	20.952	21.173
Estats Units	20.082	19.831	20.255	20.572	21.187	21.511	22.105	22.886	23.615	23.874	24.476	24.406	24.548	24.917	25.642	26.224
Japó	30.260	31.168	31.380	31.384	31.407	31.963	32.962	33.399	32.480	32.330	33.192	33.158	33.207	33.628	34.533	35.172
Consum d'Energia PrimàriaPC (GJ per capita)																
Alemanya	187,8	182,7	178,1	175,4	174,1	175,5	180,9	179,2	178,2	174,3	175,0	179,7	175,2	176,1	176,6	0,0
Espanya	98,1	101,8	103,6	99,2	104,6	109,3	107,6	114,1	119,4	124,5	129,6	131,4	133,4	135,6	139,5	0,0
UE - 15	151,6	154,6	152,4	151,7	151,7	155,1	160,2	159,0	161,6	161,5	162,5	165,6	163,9	166,5	167,6	0,0
Catalunya	115,0	119,2	118,6	120,0	123,9	127,5	135,9	139,8	147,2	152,1	155,6	158,3	160,9	163,8	164,2	160,9
Estats Units	323,6	322,7	325,3	328,2	331,5	332,6	337,8	338,3	337,9	335,9	341,6	331,4	332,4	328,0	331,3	0,0
Japó	150,8	152,3	155,2	155,8	164,0	167,6	173,1	174,5	171,3	173,6	174,5	171,3	171,4	169,3	174,8	0,0
Intensitat Energètica (MJ/euro)																
Alemanya	8,4	8,0	7,7	7,7	7,5	7,4	7,6	7,4	7,2	6,9	6,8	6,9	6,7	6,7	6,7	0,0
Espanya	9,2	9,3	9,4	9,2	9,5	9,4	9,1	9,3	9,3	9,4	9,4	9,3	9,3	9,3	9,4	0,0
UE - 15	8,9	9,0	8,8	8,9	8,6	8,6	8,8	8,5	8,4	8,2	8,0	8,0	7,9	8,0	7,9	0,0
Catalunya	7,2	7,3	7,2	7,4	7,5	7,5	7,9	7,7	7,8	7,7	7,7	7,7	7,8	7,9	7,8	7,6
Estats Units	16,1	16,3	16,1	16,0	15,6	15,5	15,3	14,8	14,3	14,1	14,0	13,6	13,5	13,2	12,9	0,0
Japó	5,0	4,9	4,9	5,0	5,2	5,2	5,3	5,2	5,3	5,4	5,3	5,2	5,2	5,0	5,1	0,0

Font: Elaboració pròpia a partir de diverses fonts

Taula A-2. Resultats dels indicadors clau de MSIASM per a Catalunya (nivell n), 1990 - 2005

Any	PIB (milions d'Euros)	THA (milions d'hores)	TET (PJ)	IE Energia primària (tep/10 ⁶ €)	IE Energia primària (MJ/€)	IE Energia final (tep/10 ⁶ €)	IE Energia final (MJ/€)	GJ per capita	PIB per capita	EMR mitjana societat
1990	96.978,2	53.268	699,28	172,23	7,21	95,16	3,98	115,00	15.948,26	13,13
1991	99.612,2	53.325	725,56	173,97	7,28	97,46	4,08	119,19	16.363,94	13,61
1992	100.556,3	53.409	723,12	171,76	7,19	95,45	4,00	118,61	16.493,02	13,54
1993	98.421,4	53.440	731,91	177,62	7,44	97,10	4,07	119,98	16.133,59	13,70
1994	101.205,7	53.445	756,19	178,46	7,47	98,89	4,14	123,94	16.588,38	14,15
1995	103.339,3	53.477	778,38	179,91	7,53	102,28	4,28	127,51	16.927,83	14,56
1996	105.654,0	53.524	830,27	187,69	7,86	106,91	4,48	135,89	17.291,98	15,51
1997	110.813,4	53.658	856,55	184,62	7,73	106,66	4,47	139,84	18.091,10	15,96
1998	116.325,0	53.854	904,68	185,76	7,78	107,77	4,51	147,16	18.921,72	16,80
1999	122.065,7	54.089	939,03	183,74	7,69	107,61	4,51	152,08	19.769,33	17,36
2000	126.455,0	54.779	973,13	183,80	7,70	108,30	4,53	155,62	20.222,12	17,76
2001	130.399,7	55.686	1006,12	184,29	7,72	108,70	4,55	158,27	20.513,10	18,07
2002	133.845,5	57.192	1050,25	187,42	7,85	109,28	4,58	160,86	20.500,78	18,36
2003	138.041,0	58.268	1089,59	188,53	7,89	110,89	4,64	163,81	20.753,05	18,70
2004	142.496,8	59.578	1116,59	187,16	7,84	110,42	4,62	164,18	20.952,02	18,74
2005	147.070,0	60.848	1117,83	181,54	7,60	108,40	4,54	160,93	21.173,04	18,37

Notes: Tots els Euros són en base de l'any 2000

THA (total temps d'activitat); TET (flux total d'energia); IE (intensitat energètica), EMR (taxa de metabolisme exosomàtic)

Font: Elaboració pròpia a partir de diverses fonts

Taula A-3: Resultat dels indicadors MSIASM per al nivell de subsectors (n-1)

Any	HA _i (milions d'hores)			ET _i (PJ)		EMR _i (MJ/h)		ELP ^{PW} (€/h)	ELP/EMR ^{PW} (€/GJ)
	HA _{PW}	HA _{HH}	HA _{PW} (%)	HA _{HH} (%)	ET _{PW}	ET _{HH}	EMR _{PW}		
1990	3.882	49.386	7,3	92,7	618,39	80,90	159,30	1,64	24,98
1991	3.942	49.383	7,4	92,6	633,88	91,68	160,82	1,86	25,27
1992	3.797	49.612	7,1	92,9	630,31	92,81	166,01	1,87	26,48
1993	3.643	49.796	6,8	93,2	637,15	94,76	174,89	1,90	27,02
1994	3.655	49.790	6,8	93,2	660,90	95,28	180,84	1,91	27,69
1995	3.775	49.702	7,1	92,9	679,85	98,53	180,09	1,98	27,37
1996	3.976	49.548	7,4	92,6	723,58	106,69	182,01	2,15	26,58
1997	4.149	49.509	7,7	92,3	745,84	110,72	179,77	2,24	26,71
1998	4.326	49.528	8,0	92,0	786,69	118,00	181,86	2,38	26,89
1999	4.579	49.509	8,5	91,5	813,40	125,63	177,63	2,54	26,66
2000	4.792	49.986	8,7	91,3	843,54	129,59	176,01	2,59	26,39
2001	4.850	50.836	8,7	91,3	872,25	133,87	179,85	2,63	26,89
2002	4.956	52.236	8,7	91,3	914,28	135,97	184,46	2,60	27,00
2003	5.251	53.017	9,0	91,0	944,70	144,89	179,89	2,73	26,29
2004	5.366	54.211	9,0	91,0	962,85	153,74	179,43	2,84	26,55
2005	5.758	55.090	9,5	90,5	963,53	154,30	167,33	2,80	25,54

Notes: Tots els Euros són en base de l'any 2000. HA (temps d'activitat); ET (flux d'energia primària); EMR (taxa de metabolisme exosomàtic); ELP (taxa de productivitat del treball); ELP/EMR (eficiència energètica de la producció)

Font: Elaboració pròpia a partir de diverses fonts

Taula A- 4a. Resultat dels principals indicadors MSIAMS per als subsectors econòmics (nivell n-2)

Any	VAB _i (en milions d'€, de 2000)			HA _i (milers d'hores)			HA _i (% de THA)			ET _i (PJ)		
	VAB _{AG}	VAB _{PS}	VAB _{SG}	HA _{AG}	HA _{PS}	HA _{SG}	HA _{AG}	HA _{PS}	HA _{SG}	ET _{AG}	ET _{PS}	ET _{SG}
1990	1.543	34.357	46.872	141.715	1.728.577	2.011.533	0,27	3,25	3,78	16,97	463,87	137,55
1991	1.474	34.870	48.495	159.197	1.692.952	2.089.464	0,30	3,17	3,92	18,28	469,69	145,91
1992	1.834	34.390	49.539	140.785	1.593.449	2.062.643	0,26	2,98	3,86	14,68	465,57	150,06
1993	1.723	33.187	49.694	128.883	1.408.658	2.105.489	0,24	2,64	3,94	16,54	468,31	152,30
1994	1.726	34.269	51.154	136.136	1.376.895	2.141.587	0,25	2,58	4,01	16,72	483,54	160,65
1995	1.728	34.963	52.574	147.667	1.409.887	2.217.494	0,28	2,64	4,15	17,27	491,62	170,96
1996	1.942	35.190	54.827	136.880	1.512.548	2.326.125	0,26	2,83	4,35	21,75	520,45	181,38
1997	1.913	36.145	56.831	150.456	1.622.932	2.375.380	0,28	3,02	4,43	20,35	535,61	189,88
1998	1.815	37.352	58.958	162.359	1.702.779	2.460.733	0,30	3,16	4,57	21,09	563,60	202,00
1999	1.741	38.043	62.867	157.895	1.744.897	2.676.477	0,29	3,23	4,95	22,82	577,71	212,87
2000	1.903	38.920	66.436	130.185	1.897.573	2.764.698	0,24	3,46	5,05	23,52	598,25	221,77
2001	1.946	40.362	68.394	140.413	1.959.697	2.749.854	0,25	3,52	4,94	24,25	616,44	231,56
2002	2.035	40.651	70.515	132.602	1.965.839	2.857.979	0,23	3,44	5,00	24,33	653,23	236,72
2003	2.006	41.318	72.771	137.438	1.937.936	3.176.113	0,24	3,33	5,45	25,39	668,86	250,45
2004	2.013	41.903	75.447	129.813	1.916.000	3.320.505	0,22	3,22	5,57	25,97	673,34	263,55
2005	1.961	42.389	78.710	149.340	2.014.625	3.594.276	0,25	3,31	5,91	26,61	667,13	269,79

Notes: VAB (Valor Afegit Brut); HA (temps d'activitat); ET (flux d'energia primària)

Font: Elaboració pròpia a partir de diverses fonts

Taula A- 4b. Resultat dels principals indicadors MSIAMS per als subsectors econòmics (nivell n-2)

Any	EMR _i (MJ/h)			ELP _i (€/h)			EI _i (MJ/€)			ELP/EMR _i (€/GJ)		
	EMR _{AG} primari	EMR _{PS} indústria	EMR _{SG} serveis	ELP _{AG} primari	ELP _{PS} indústria	ELP _{SG} serveis	EI _{AG}	EI _{PS}	EI _{SG}	ELP/EMR _{AG}	ELP/EMR _{PS}	ELP/EMR _{SG}
1990	119,74	268,35	68,38	10,89	19,88	23,30	11,00	13,50	2,93	90,94	74,07	340,77
1991	114,80	277,44	69,83	9,26	20,60	23,21	12,40	13,47	3,01	80,67	74,24	332,36
1992	104,29	292,18	72,75	13,03	21,58	24,02	8,00	13,54	3,03	124,92	73,87	330,13
1993	128,36	332,45	72,33	13,37	23,56	23,60	9,60	14,11	3,06	104,16	70,87	326,30
1994	122,83	351,18	75,01	12,68	24,89	23,89	9,69	14,11	3,14	103,22	70,87	318,42
1995	116,95	348,70	77,10	11,70	24,80	23,71	9,99	14,06	3,25	100,05	71,12	307,52
1996	158,89	344,09	77,97	14,19	23,27	23,57	11,20	14,79	3,31	89,31	67,62	302,28
1997	135,23	330,03	79,93	12,71	22,27	23,92	10,64	14,82	3,34	94,00	67,48	299,30
1998	129,92	330,99	82,09	11,18	21,94	23,96	11,62	15,09	3,43	86,05	66,27	291,87
1999	144,52	331,09	79,53	11,03	21,80	23,49	13,10	15,19	3,39	76,32	65,85	295,33
2000	180,69	315,27	80,22	14,62	20,51	24,03	12,36	15,37	3,34	80,90	65,06	299,57
2001	172,69	314,56	84,21	13,86	20,60	24,87	12,46	15,27	3,39	80,24	65,48	295,36
2002	183,45	332,29	82,83	15,35	20,68	24,67	11,95	16,07	3,36	83,66	62,23	297,88
2003	184,77	345,14	78,85	14,60	21,32	22,91	12,66	16,19	3,44	79,01	61,77	290,56
2004	200,05	351,43	79,37	15,51	21,87	22,72	12,90	16,07	3,49	77,51	62,23	286,27
2005	178,21	331,14	75,06	13,13	21,04	21,90	13,57	15,74	3,43	73,68	63,54	291,74

Notes: Tots els Euros són en base de l'any 2000. EMR (taxa de metabolisme exosomàtic);

ELP (taxa de productivitat del treball); EI (intensitat energètica); ELP/EMR (eficiència energètica de la producció)

Font: Elaboració pròpia a partir de diverses fonts

Taula A-5. Resultats de la Hipòtesi A

Any	Nivell n										EMR mitjana societats (MJ/h)	
	PIB (milions €, any 2000)	THA (milions d'hores)	TET (PJ)	IE energia primària (tep/10 ⁶ €)	IE energia primària (MJ/€)	IE energia final (tep/10 ⁶ €)	IE energia final (MJ/€)	Consum energia primària (GJ/hab)	GDP per capita (€/hab)			
2005	147.070	60.848	1.118	181,54	7,60	108,40	4,54	160,93	21.173	18,37		
2006	152.204	61.740	1.147	179,97	7,54	106,91	4,48	162,72	21.595	18,58		
2007	156.466	62.669	1.177	179,62	7,52	106,14	4,44	164,48	21.871	18,78		
2008	160.847	63.475	1.207	179,27	7,51	105,39	4,41	166,61	22.198	19,02		
2009	165.351	64.193	1.239	178,91	7,49	104,63	4,38	169,02	22.564	19,29		
2010	169.980	64.850	1.271	178,56	7,48	103,88	4,35	171,66	22.961	19,60		
2011	174.740	65.463	1.276	174,39	7,30	101,41	4,25	170,73	23.383	19,49		
2012	179.633	66.050	1.281	170,32	7,13	98,99	4,14	169,88	23.824	19,39		
2013	184.662	66.611	1.286	166,34	6,96	96,63	4,05	169,12	24.285	19,31		
2014	189.833	67.145	1.291	162,45	6,80	94,32	3,95	168,45	24.766	19,23		
2015	195.148	67.662	1.296	158,65	6,64	92,07	3,85	167,83	25.265	19,16		
Any	Nivell n -1										ELP ^{PW} (€/h)	ELP/EMR ^{PW} (€/GJ)
	HA _i (milions d'hores)		ET _i (10 ⁶ GJ)		EMR _i (MJ/h)							
	HA ^{PW}	HA ^{HH}	HA ^{PW} (%)	HA ^{HH} (%)	ET ^{PW}	ET ^{HH}	EMR ^{PW}	EMR ^{HH}				
2005	5.758	55.090	9,46	90,54	963,53	154,30	167,33	2,80	25,54	152,64		
2006	5.906	55.834	9,57	90,43	988,24	158,45	167,32	2,84	25,77	154,01		
2007	5.991	56.678	9,56	90,44	1.013,67	162,72	169,19	2,87	26,12	154,36		
2008	5.986	57.489	9,43	90,57	1.039,84	167,12	173,72	2,91	26,87	154,68		
2009	6.036	58.157	9,40	90,60	1.066,77	171,64	176,72	2,95	27,39	155,00		
2010	6.068	58.782	9,36	90,64	1.094,48	176,30	180,36	3,00	28,01	155,31		
2011	6.109	59.355	9,33	90,67	1.098,54	177,19	179,83	2,99	28,60	159,07		
2012	6.139	59.912	9,29	90,71	1.102,65	178,10	179,62	2,97	29,26	162,91		
2013	6.169	60.442	9,26	90,74	1.106,82	179,03	179,42	2,96	29,94	166,84		
2014	6.200	60.945	9,23	90,77	1.111,05	179,98	179,20	2,95	30,62	170,86		
2015	6.230	61.432	9,21	90,79	1.115,33	180,95	179,02	2,95	31,32	174,97		

Nivell n-2

Any	VAB _i (en milions d'€, de 2000)			HA _i (milers d'hores)			HA _i (% de THA)			ET _i (PJ)		
	VAB _{AG}	VAB _{PS}	VAB _{SG}	HA _{AG}	HA _{PS}	HA _{SG}	HA _{AG}	HA _{PS}	HA _{SG}	ET _{AG}	ET _{PS}	ET _{SG}
2006	1.995	43.476	81.822	159.941	2.025.155	3.721.125	0,26	3,28	6,03	26,47	686,22	275,56
2007	2.019	44.597	84.113	161.801	1.995.321	3.834.142	0,26	3,18	6,12	26,32	705,89	281,46
2008	2.043	45.748	86.469	161.801	1.937.410	3.886.433	0,25	3,05	6,12	26,17	726,17	287,50
2009	2.067	46.927	88.890	163.661	1.895.292	3.977.522	0,25	2,95	6,20	26,03	747,07	293,67
2010	2.092	48.136	91.379	165.520	1.846.155	4.056.802	0,26	2,85	6,26	25,88	768,61	299,99
2011	2.117	49.376	93.937	166.622	1.858.442	4.083.802	0,25	2,84	6,24	25,99	772,23	300,32
2012	2.143	50.647	96.567	167.438	1.867.542	4.103.800	0,25	2,83	6,21	26,10	775,86	300,69
2013	2.168	51.950	99.271	168.254	1.876.643	4.123.798	0,25	2,82	6,19	26,20	779,52	301,09
2014	2.194	53.286	102.051	169.113	1.886.223	4.144.848	0,25	2,81	6,17	26,31	783,21	301,53
2015	2.221	54.655	104.908	169.929	1.895.323	4.164.846	0,25	2,80	6,16	26,42	786,91	302,01

Nivell n-2

Any	EMR _i (MJ/h)			ELP _i (€/h)			EI _i (MJ/€)			ELP/EMR _i (€/GJ)		
	EMR _{AG} primari	EMR _{PS} indústria	EMR _{SG} serveis	ELP _{AG} primari	ELP _{PS} indústria	ELP _{SG} serveis	EI _{AG}	EI _{PS}	EI _{SG}	ELP/EMR _{AG}	ELP/EMR _{PS}	ELP/EMR _{SG}
2005	178,21	331,14	75,06	13,13	21,04	21,90	13,57	15,74	3,43	73,68	63,54	291,74
2006	165,47	338,85	74,05	12,47	21,47	21,99	13,27	15,78	3,37	75,37	63,36	296,93
2007	162,66	353,78	73,41	12,48	22,35	21,94	13,04	15,83	3,35	76,70	63,18	298,85
2008	161,76	374,82	73,97	12,63	23,61	22,25	12,81	15,87	3,32	78,05	63,00	300,77
2009	159,03	394,17	73,83	12,63	24,76	22,35	12,59	15,92	3,30	79,43	62,81	302,69
2010	156,37	416,33	73,95	12,64	26,07	22,52	12,37	15,97	3,28	80,83	62,63	304,61
2011	155,98	415,52	73,54	12,71	26,57	23,00	12,28	15,64	3,20	81,47	63,94	312,79
2012	155,85	415,45	73,27	12,80	27,12	23,53	12,18	15,32	3,11	82,11	65,28	321,16
2013	155,74	415,38	73,01	12,89	27,68	24,07	12,08	15,01	3,03	82,75	66,64	329,71
2014	155,58	415,22	72,75	12,98	28,25	24,62	11,99	14,70	2,95	83,40	68,04	338,44
2015	155,47	415,18	72,51	13,07	28,84	25,19	11,90	14,40	2,88	84,06	69,46	347,37

Taula A-6. Resultats per la Hipòtesi B

Any	Nivell n															
	PIB (milions €, any 2000)	THA (milions d'hores)	TET (PJ)	IE energia primària (MJ/€)	Consum energia primària (GJ/hab)	GDP per capita (€/hab)	EMR mitjana societat (MJ/h)	HA _{pw}	HA _{hh}	HA _{hh} (%)	ET _{pw}	ET _{hh}	EMR _{pw}	EMR _{hh}	ELP _{pw} (€/h)	ELP/EMR _{pw} (€/GJ)
2005	147.070	60.848	1.118	7,60	160,93	21.173	18,37									
2006	152.204	61.740	1.160	7,62	164,65	21.595	18,80									
2007	156.466	62.669	1.189	7,60	166,14	21.871	18,97									
2008	160.847	63.475	1.203	7,48	166,00	22.198	18,95									
2009	165.351	64.193	1.226	7,42	167,36	22.564	19,11									
2010	169.980	64.850	1.247	7,34	168,50	22.961	19,24									
2011	174.740	65.463	1.287	7,37	172,28	23.383	19,67									
2012	179.633	66.050	1.327	7,39	176,03	23.824	20,10									
2013	184.662	66.611	1.369	7,41	180,01	24.285	20,55									
2014	189.833	67.145	1.412	7,44	184,24	24.766	21,03									
2015	195.148	67.662	1.457	7,47	188,65	25.265	21,54									
Any	Nivell n -1															
	HA _{pw}	HA _{hh}	HA _{pw} (%)	HA _{hh} (%)	ET _{pw}	ET _{hh}	EMR _{pw}	EMR _{hh}	ELP _{pw} (€/h)	ELP/EMR _{pw} (€/GJ)						
2005	5.758	55.090	9,46	90,54	963,53	154,30	167,33	2,80	25,54	152,64						
2006	5.906	55.834	9,57	90,43	994,73	165,71	168,42	2,97	25,77	153,01						
2007	5.991	56.678	9,56	90,44	1.010,30	178,25	168,63	3,15	26,12	154,87						
2008	5.986	57.489	9,43	90,57	1.011,26	191,59	168,95	3,33	26,87	159,06						
2009	6.036	58.157	9,40	90,60	1.021,06	205,38	169,15	3,53	27,39	161,94						
2010	6.068	58.782	9,36	90,64	1.027,43	219,97	169,31	3,74	28,01	165,44						
2011	6.109	59.355	9,33	90,67	1.052,07	235,37	172,22	3,97	28,60	166,09						
2012	6.139	59.912	9,29	90,71	1.075,54	251,75	175,20	4,20	29,26	167,02						
2013	6.169	60.442	9,26	90,74	1.099,62	269,14	178,26	4,45	29,94	167,93						
2014	6.200	60.945	9,23	90,77	1.124,61	287,57	181,38	4,72	30,62	168,80						
2015	6.230	61.432	9,21	90,79	1.149,96	307,16	184,58	5,00	31,32	169,70						

Nivell n-2

Any	VAB _i (en milions d'€, de 2000)			HA _i (milers d'hores)			HA _i (% de THA)			ET _i (PJ)		
	VAB _{AG}	VAB _{PS}	VAB _{SG}	HA _{AG}	HA _{PS}	HA _{SG}	HA _{AG}	HA _{PS}	HA _{SG}	ET _{AG}	ET _{PS}	ET _{SG}
2006	1.961	42.389	78.710	149.340	2.014.625	3.594.276	0,25	3,31	5,91	26,61	667,13	269,79
2007	1.995	43.476	81.822	159.941	2.025.155	3.721.125	0,26	3,28	6,03	26,90	683,40	284,43
2008	2.019	44.597	84.113	161.801	1.995.321	3.834.142	0,26	3,18	6,12	25,69	686,18	298,44
2009	2.043	45.748	86.469	161.801	1.937.410	3.886.433	0,25	3,05	6,12	24,25	678,97	308,05
2010	2.067	46.927	88.890	163.661	1.895.292	3.977.522	0,25	2,95	6,20	23,15	676,87	321,04
2011	2.092	48.136	91.379	165.520	1.846.155	4.056.802	0,26	2,85	6,26	22,10	671,90	333,44
2012	2.117	49.376	93.937	166.622	1.858.442	4.083.802	0,25	2,84	6,24	20,99	689,27	341,80
2013	2.143	50.647	96.567	167.438	1.867.542	4.103.800	0,25	2,83	6,21	19,91	705,86	349,77
2014	2.168	51.950	99.271	168.254	1.876.643	4.123.798	0,25	2,82	6,19	18,89	722,82	357,91
2015	2.194	53.286	102.051	169.113	1.886.223	4.144.848	0,25	2,81	6,17	17,92	740,37	366,33

Nivell n-2

Any	EMR _i (MJ/h)			ELP _i (€/h)			EI _i (MJ/€)			ELP/EMR _i (€/GJ)		
	EMR _{AG} primari	EMR _{PS} indústria	EMR _{SG} serveis	ELP _{AG} primari	ELP _{PS} indústria	ELP _{SG} serveis	EI _{AG}	EI _{PS}	EI _{SG}	ELP/EMR _{AG}	ELP/EMR _{PS}	ELP/EMR _{SG}
2005	178,21	331,14	75,06	13,13	21,04	21,90	13,57	15,74	3,43	73,68	63,54	291,74
2006	168,20	337,46	76,44	12,47	21,47	21,99	13,49	15,72	3,48	74,14	63,62	287,67
2007	158,76	343,89	77,84	12,48	22,35	21,94	12,73	15,39	3,55	78,58	64,99	281,85
2008	149,85	350,45	79,26	12,63	23,61	22,25	11,87	14,84	3,56	84,26	67,38	280,70
2009	141,43	357,13	80,71	12,63	24,76	22,35	11,20	14,42	3,61	89,31	69,33	276,88
2010	133,49	363,95	82,19	12,64	26,07	22,52	10,56	13,96	3,65	94,68	71,64	274,05
2011	126,00	370,89	83,70	12,71	26,57	23,00	9,92	13,96	3,64	100,85	71,64	274,83
2012	118,93	377,96	85,23	12,80	27,12	23,53	9,29	13,94	3,62	107,60	71,75	276,09
2013	112,25	385,17	86,79	12,89	27,68	24,07	8,71	13,91	3,61	114,81	71,87	277,36
2014	105,95	392,51	88,38	12,98	28,25	24,62	8,17	13,89	3,59	122,47	71,97	278,58
2015	100,00	400,00	90,00	13,07	28,84	25,19	7,65	13,87	3,57	130,68	72,09	279,88

Taula A- 7. Resultats de la Hipòtesi C

Any	Nivell n															
	PIB (milions €, any 2000)	THA (milions d'hores)	TET (PJ)	IE energia primària (MJ/€)	Consum energia primària (GJ/hab)	GDP per capita (€/hab)	EMR mitjana societat (MJ/h)	HA _{PW}	HA _{HH}	HA _{HH} (%)	ET _{PW}	ET _{HH}	EMR _{PW}	EMR _{HH}	ELP _{PW} (€/h)	ELP/EMR _{PW} (€/GJ)
2005	147.070	60.848	1.117,83	7,60	160,93	21.173	18,37									
2006	152.204	61.740	1.117,83	7,34	158,60	21.595	18,11									
2007	156.466	62.669	1.117,83	7,14	156,25	21.871	17,84									
2008	160.847	63.475	1.117,83	6,95	154,27	22.198	17,61									
2009	165.351	64.193	1.117,83	6,76	152,54	22.564	17,41									
2010	169.980	64.850	1.117,83	6,58	151,00	22.961	17,24									
2011	174.740	65.463	1.117,83	6,40	149,58	23.383	17,08									
2012	179.633	66.050	1.117,83	6,22	148,25	23.824	16,92									
2013	184.662	66.611	1.117,83	6,05	147,01	24.285	16,78									
2014	189.833	67.145	1.117,83	5,89	145,84	24.766	16,65									
2015	147.070	60.848	1.117,83	7,60	160,93	21.173	18,37									

Any	Nivell n -1													
	HA _{PW}	HA _{HH}	HA _{PW} (%)	HA _{HH} (%)	ET _{PW}	ET _{HH}	EMR _{PW}	EMR _{HH}	ET _{PW}	ET _{HH}	EMR _{PW}	EMR _{HH}	ELP _{PW} (€/h)	ELP/EMR _{PW} (€/GJ)
2005	5.758	55.090	9,46	90,54	963,53	154,30	167,33	2,80	963,53	154,30	167,33	2,80	25,54	152,64
2006	5.906	55.834	9,57	90,43	952,11	165,71	161,21	2,97	952,11	165,71	161,21	2,97	25,77	159,86
2007	5.991	56.678	9,56	90,44	939,57	178,25	156,82	3,15	939,57	178,25	156,82	3,15	26,12	166,53
2008	5.986	57.489	9,43	90,57	926,23	191,59	154,74	3,33	926,23	191,59	154,74	3,33	26,87	173,66
2009	6.036	58.157	9,40	90,60	912,45	205,38	151,16	3,53	912,45	205,38	151,16	3,53	27,39	181,22
2010	6.068	58.782	9,36	90,64	897,85	219,97	147,95	3,74	897,85	219,97	147,95	3,74	28,01	189,32
2011	6.109	59.355	9,33	90,67	882,46	235,37	144,46	3,97	882,46	235,37	144,46	3,97	28,60	198,02
2012	6.139	59.912	9,29	90,71	866,07	251,75	141,08	4,20	866,07	251,75	141,08	4,20	29,26	207,41
2013	6.169	60.442	9,26	90,74	848,69	269,14	137,58	4,45	848,69	269,14	137,58	4,45	29,94	217,59
2014	6.200	60.945	9,23	90,77	830,26	287,57	133,91	4,72	830,26	287,57	133,91	4,72	30,62	228,64
2015	6.230	61.432	9,21	90,79	810,67	307,16	130,12	5,00	810,67	307,16	130,12	5,00	31,32	240,73

Nivell n-2

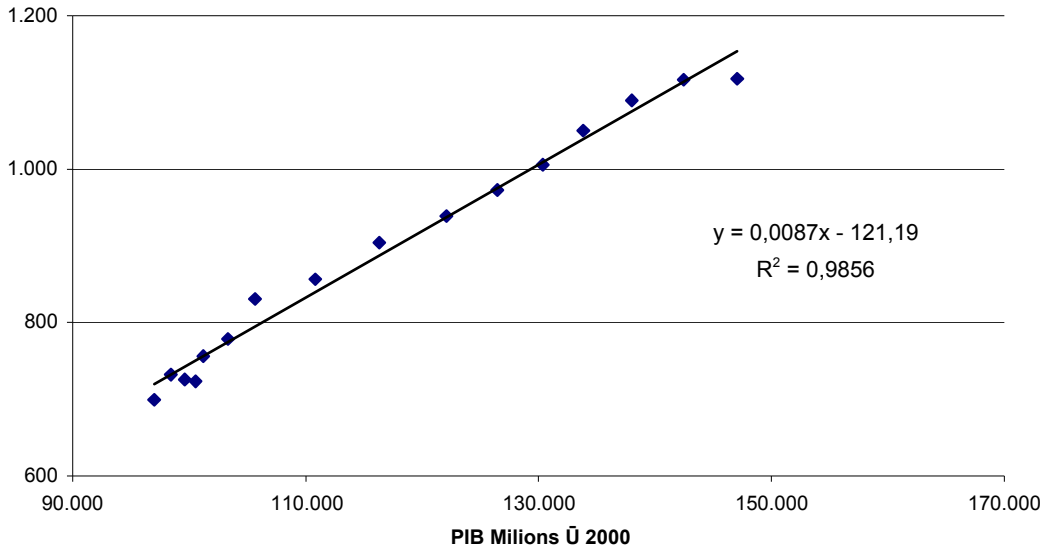
Any	VAB _i (en milions d'€, de 2000)			HA _i (milers d'hores)			HA _i (% de THA)			ET _i (PJ)		
	VAB _{AG}	VAB _{PS}	VAB _{SG}	HA _{AG}	HA _{PS}	HA _{SG}	HA _{AG}	HA _{PS}	HA _{SG}	ET _{AG}	ET _{PS}	ET _{SG}
2006	1.961	42.389	78.710	149.340	2.014.625	3.594.276	0,25	3,31	5,91	26,61	667,13	269,79
2007	1.797	41.734	83.761	144.108	1.944.035	3.818.078	0,23	3,15	6,18	24,24	656,03	271,85
2008	1.735	41.929	87.066	139.058	1.875.918	3.976.288	0,22	2,99	6,34	22,08	645,11	272,38
2009	1.694	42.744	89.821	134.186	1.810.188	4.041.270	0,21	2,85	6,37	20,11	634,38	271,75
2010	1.636	43.250	92.999	129.484	1.746.761	4.160.229	0,20	2,72	6,48	18,31	623,83	270,30
2011	1.579	43.949	96.079	124.947	1.685.556	4.257.974	0,19	2,60	6,57	16,68	613,45	267,72
2012	1.532	43.214	100.685	120.569	1.626.496	4.361.800	0,18	2,48	6,66	15,19	603,25	264,02
2013	1.489	42.564	105.304	116.344	1.569.506	4.452.930	0,18	2,38	6,74	13,84	593,21	259,03
2014	1.447	41.925	110.018	112.268	1.514.512	4.541.915	0,17	2,27	6,82	12,60	583,34	252,75
2015	1.406	41.286	114.840	108.334	1.461.445	4.630.404	0,16	2,18	6,90	11,48	573,64	245,14

Nivell n-2

Any	EMR _i (MJ/h)			ELP _i (€/h)			EI _i (MJ/€)			ELP/EMR _i (€/GJ)		
	EMR _{AG} primari	EMR _{PS} indústria	EMR _{SG} serveis	ELP _{AG} primari	ELP _{PS} indústria	ELP _{SG} serveis	EI _{AG}	EI _{PS}	EI _{SG}	ELP/EMR _{AG}	ELP/EMR _{PS}	ELP/EMR _{SG}
2005	178,21	331,14	75,06	13,13	21,04	21,90	13,57	15,74	3,43	73,68	63,54	291,74
2006	168,20	337,46	71,20	12,47	21,47	21,94	13,49	15,72	3,25	74,14	63,62	308,12
2007	158,76	343,89	68,50	12,48	22,35	21,90	12,73	15,39	3,13	78,58	64,99	319,64
2008	149,85	350,45	67,24	12,63	23,61	22,23	11,87	14,84	3,03	84,26	67,38	330,54
2009	141,43	357,13	64,97	12,63	24,76	22,35	11,20	14,42	2,91	89,31	69,33	344,05
2010	133,49	363,95	62,88	12,64	26,07	22,56	10,56	13,96	2,79	94,68	71,64	358,87
2011	126,00	370,89	60,53	12,71	26,57	23,08	9,92	13,96	2,62	100,85	71,64	381,35
2012	118,93	377,96	58,17	12,80	27,12	23,65	9,29	13,94	2,46	107,60	71,75	406,54
2013	112,25	385,17	55,65	12,89	27,68	24,22	8,71	13,91	2,30	114,81	71,87	435,29
2014	105,95	392,51	52,94	12,98	28,25	24,80	8,17	13,89	2,13	122,47	71,97	468,46
2015	100,00	400,00	50,07	13,07	28,84	25,40	7,65	13,87	1,97	130,68	72,09	507,17

Annex III: Correlacions

Correlació entre evolució del PIB i consum d'energia primària 1990-2005



Font: Elaboració pròpia