

Anàlisi input-output i medi ambient: una aplicació a la determinació de sectors clau en les emissions d' SO_x a Catalunya

Vicent Alcántara

Universitat Autònoma de Barcelona i ICTA

1

Introducció

El medi ambient té, a les societats humanes, un doble paper: subministrador de recursos naturals, com a inputs del sistema productiu, i receptor de residus procedents d'aquests mateixos processos i els de consum. Sovint, per no dir fins fa poc, l'economia ha oblidat que l'home i la seva societat són part de la naturalesa. Encara que els problemes ambientals no són nous, ni exclusius del segle xx, és al final de la dècada dels seixanta quan es comença a tenir consciència social, i també alguns economistes, que l'anàlisi de la relació entre creixement econòmic i medi ambient no pot plantejar l'estudi de la dinàmica social com un tronc tallat de la matriu circumdant (ecosistemes) i visualitzat com a oposat a ella. Això no obstant, encara es mantindrà durant uns anys la percepció de la problemàtica ambiental com una malaltia del medi ambient, que s'ha de guarir mitjançant procediments tècnics, i l'esgotament dels recursos

(fonts de matèria i energia) no és entès com un malbaratament de recursos i fruit dels mecanismes ordenadors del sistema econòmic.

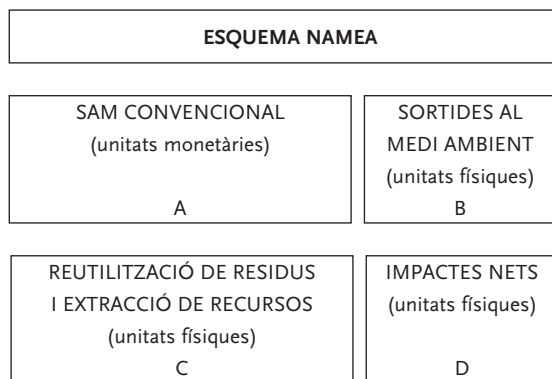
L'aparició de conflictes que posen en qüestió el control del futur va fer efecte en els responsables polítics que, des de la meitat dels anys vuitanta, començaren a veure la necessitat d'introduir enfocaments integradors, interdisciplinaris, els eixos conceptuals dels quals anessin més enllà de l'economicisme en ús. En certa manera, les regles del joc no haurien de continuar invariablement marcades per un criteri purament expansionista de la reproducció material. Tanmateix, el problema que es planteja llavors és el de la informació. Sense una informació sistemàtica i acurada de les relacions entre economia i medi ambient resulta difícil prendre decisions. Les comptabilitats socials convencionals, que constitueixen la base informativa sobre la qual es sustenten les decisions de política econòmica, no preveuen aquestes relacions ocultes entre economia i ecologia.

Davant d'aquesta situació i, si com es posà de manifest en la Conferència Mundial sobre el Medi

Ambient i el Desenvolupament, el desenvolupament sostenible hauria de ser un objectiu primordial dels poders polítics, la necessitat d'una "comptabilitat verda" és el corol·lari que cal tenir en compte, tant des d'una perspectiva analítica com instrumental per a les decisions de la política econòmica ambiental.

Els esforços recents en aquest sentit s'han dirigit, primer, a l'elaboració d'un marc teòric que, des d'una perspectiva macroeconòmica, prevegi la relació entre economia i medi ambient, i, segon, a la construcció de comptes satèl·lit d'aquell marc que, sense modificar el quadre convencional dels comptes nacionals, permetin vincular-hi la informació ambiental, a fi de permetre l'elaboració de models de comportament i indicadors econòmics ambientals susceptibles de ser utilitzats tant en l'elaboració i disseny de la política ambiental, com de referent objectiu en el debat polític relatiu al medi ambient.

Una de les aportacions metodològiques més rellevants per a l'elaboració dels comptes ambientals que, sense modificar els comptes convencionals, permet la inclusió de danys ambientals, serveis ambientals i modificació dels actius naturals en unitats físiques és el sistema NAMEA, acrònim de National accounting matrix including environmental accounts. El sistema NAMEA manté la matriu original de comptabilitat social, que amplia per recollir en unitats físiques la base material de les transaccions monetàries. En el quadre següent s'esquematitza l'estructura comptable NAMEA:



Per descomptat, aquests elements en unitats físiques són susceptibles de valoració, però caldrà fer explícits els criteris amb què es fa, no donant per bona *a priori* la combinació de transaccions valorades en el mercat i altres que ho són a partir d'altres criteris.

Tot i que no disposem d'un esquema NAMEA, la publicació recent de les Taules input-output de Catalunya 2001 (Idescat, 2006) ens permetrà mostrar la potencialitat de l'anàlisi Input-output en l'estudi d'impactes ambientals de l'activitat econòmica. Sens dubte, aquesta recent publicació de l'Idescat constitueix un important valor afegit a la recerca i el desenvolupament d'estudis de caràcter econòmic ambiental.

Encara que el pes de Catalunya en l'emissió d'òxids de sofre (SO_x) respecte a Espanya és relativament baix, farem una aplicació a l'anàlisi d'aquest contaminant. Això ens servirà, en primer lloc, per mostrar el tractament de la informació, a fi de sectoritzar la de tipus més tècnic que proporciona el Ministeri de Medi Ambient. Aquest és l'objectiu de l'apartat 2, i a l'apartat 3 mostrarem l'ampliació del model input-output amb variables ambientals. Tot i que utilitzem un sol vector d'emissió d' SO_x , el lector pot comprovar que el treball és perfectament generalitzable a una matriu d'emissions. Amb l'objectiu de mostrar la utilitat de l'anàlisi, a l'apartat 3.1 determinarem l'impacte ambiental (en termes d'emissions) dels diferents components de la demanda final, i a l'apartat 3.2 plantejarem la metodologia i determinarem els sectors clau a Catalunya respecte d'aquestes emissions. Finalment, es plantegen unes mínimes conclusions i es mostra la rellevància de l'anàlisi.

Encara que s'han pres aquestes emissions, a tall d'exercici, per mostrar el paper rellevant del model input-output en aquests temes, les conclusions no deixen de ser rellevants.

2

Informació estadística i tractament

No es disposa de comptes ambientals per a Catalunya, tot i que existeix una proposta per a la seva ela-

boració.¹ Això no obstant, a continuació mostrarem com s'opera la sectorització econòmica de les emissions atmosfèriques, els límits en aquests moments i en el marc d'aquestes pàgines. Com hem assenyalat a la introducció, només hem assignat les emissions d'so_x a les diferents branques productives.

L'inventari CORINE-AIR² és la font informativa dels estudis pilot realitzats a la Unió Europea. Evidentment, hi ha la possibilitat d'elaborar la taula a partir de la informació dels consums energètics, però es perdria informació sobre les emissions per processos. El CORINE-AIR, que té una classificació diferent de la CNAC, abraça quasi la totalitat de les activitats de la nomenclatura SNAP-97, que incorpora 414 activitats elementals, a les quals cal afegir setze subgrups sense desglossament ulterior, la qual cosa comptabilitza 430 activitats/subgrups generadors d'emissions atmosfèriques. Aquest grau de desenvolupament permet la reclassificació des de la perspectiva de la nomenclatura NACE-REV. I, que es pren com a base per al sistema NAMEA, i permet la desagregació sectorial que es proposa a l'annex I. En el mateix annex es mostren les emissions directes d'so_x com a resultat de la seva assignació sectorial.

A fi de mostrar el procés d'assignació, hem elaborat un resum de les emissions d'so_x que proporciona l'inventari CORINE-AIR de l'any 2004 en 430 activitats/processos. Quan partim de la màxima desagregació de l'inventari, a partir de la guia per a emissions atmosfèriques del NAMEA (Comissió Europea, 2003), així com les correspondències establertes per l'INE, un alt percentatge de les emissions poden ser assignades directament, i sense cap estimació, a les diferents branques productives previstes en el sistema NAMEA. En el nostre cas, i referint-nos a l'any 2001 objecte de la nostra anàlisi, hem assignat directament un 63% de les emissions imputables a les diferents branques d'activitat previstes a l'annex I.

L'assignació del 37% restant s'ha estimat com veurem tot seguit al quadre 1.

Les emissions d'so_x de Catalunya el 2001 ascendeixen a 85.980,6 tones, com podem comprovar a l'annex I, de les quals 517 corresponien a combustió residencial, i són, per tant, atribuïbles a les llars. Les emissions vinculades al transport per carretera ascendeixen a 2.114,7 tones, un 2,6% de les emissions totals. D'acord amb els criteris del sistema NAMEA, aquestes emissions han de distribuir-se atenent la unitat econòmica que realitza la despesa energètica que hi està vinculada, la qual cosa s'explica per la necessitat de mantenir una coherència entre la informació en termes monetaris i en unitats físiques en el model comptable. Així, una part seria atribuïble a les famílies tenint en compte el seu consum energètic per a transport privat, una altra a les empreses que tenen com a activitat principal el transport per carretera, tant de persones com de mercaderies, i la resta a aquelles empreses que realitzen aquesta activitat per mitjans propis. Aquesta assignació requereix informació addicional, amb un tractament adequat. Com que les emissions d'so_x a Catalunya només representaren el 2,6% del total, hem preferit deixar-les fora de l'anàlisi.³

Com ja hem assenyalat, un 37% de les emissions no poden atribuir-se directament a un sector concret. Aquest és el cas de les *plantes de combustió comercial i institucional*, que han d'assignar-se a les branques productives 29 i 30, i de la 37 a la 43, de la classificació presentada a l'annex I,⁴ amb exclusió de la branca de sanejament públic. Aquestes emissions representaven el 11,7% de les emissions totals assignades. Dins de les *plantes de combustió industrial*, la part corresponent a *calderes de combustió industrial, turbines de gas, motors estacionaris* han d'assignar-se, en el nostre cas, als sectors del 4 al 27,⁵ que representaren el

1. Vegeu Alcántara (2003).

2. L'inventari CORINE-AIRE l'elabora el Ministeri de Medi Ambient, és de caràcter anual i el regionalitza el mateix ministeri.

3. En el cas d'altres contaminants com ara el diòxid de carboni (CO₂), els òxids de nitrogen (NO_x), partícules i altres, no incloure'ls pot donar lloc a biaixos importants en l'anàlisi.

4. Des de la perspectiva de la classificació NACE-REV. I, branques 50-55+65-93 (excl. 90).

5. Branques 15-41 de NACE-REV. I.

Quadre 1

Inventari CORINE-AIR 2004						
Grup	Activitats SNAP-97	Catalunya		Espanya		% Cat/Esp
		SO _x (t)	%	SO _x (t)	%	
1	COMBUSTIÓ EN PROD. I TRANS. D'ENERGIA	30.440,9	35,52	1.024.920,1	75,32	3,0
01 01	Centrals termoelectriques d'ús públic	15.531,8	18,12	947.186,6	69,61	1,6
01 03	Plantes de refinat de petroli	14.336,7	16,73	72.546,5	5,33	19,8
01 04	Plantes de transformació de combustibles sòlids	0,0	0,00	1.548,2	0,11	0,0
01 05	Mineria del carbó; extrac. de petroli/gas; compressors	572,4	0,67	3.638,7	0,27	15,7
2	PLANTES DE COMBUSTIÓ NO INDUSTRIAL	5.426,1	6,33	31.914,3	2,35	17,0
02 01	Plantes de combustió comercial i institucional	4.479,7	5,23	13.778,8	1,01	32,5
02 02	Plantes de combustió residencial	734,0	0,86	15.467,4	1,14	4,7
02 03	Plantes de combustió a l'agricultura, silvic. i aqüic.	212,4	0,25	2.668,1	0,20	8,0
3	PLANTES DE COMBUSTIÓ INDUSTRIAL	35.676,5	41,63	189.478,0	13,92	18,8
4	PROCESSOS INDUSTRIALS SENSE COMBUSTIÓ	4.493,9	5,24	40.655,9	2,99	11,1
7	TRANSPORT PER CARRETERA	1.953,4	2,28	13.559,3	1,00	14,4
07 01	Turismes	841,2	0,98	5.991,6	0,44	14,0
07 02	Vehicles lleugers < 3,5 t	312,1	0,36	2.034,1	0,15	15,3
07 03	Vehicles pesants > 3,5 t i autobusos	792,6	0,92	5.501,2	0,40	14,4
07 04	Motocicletes i ciclomotors < 50 cm ³	0,9	0,00	6,2	0,00	15,0
07 05	Motos > 50 cm ³	6,6	0,01	26,2	0,00	25,0
8	A. SISTEMES DE TRANSPORT I MÀQ. MÒBIL	6.613,4	7,72	43.173,1	3,17	15,3
08 02	Ferrocarrils	10,6	0,01	67,6	0,00	15,7
08 04	Activitats marítimes	6.124,1	7,15	38.917,3	2,86	15,7
08 05	Trànsit aeri	281,6	0,33	1.869,8	0,14	15,1
08 06	Agricultura	133,8	0,16	1.452,7	0,11	9,2
08 07	Silvicultura	1,2	0,00	24,0	0,00	5,0
08 08	Indústria	62,1	0,07	841,7	0,06	7,4
9	TRACTAMENT I ELIMINACIÓ DE RESIDUS	1.093,6	1,28	15.758,8	1,16	6,9
10	AGRICULTURA	0,0	0,00	116,8	0,01	0,0
11	ALTRES. FONTS I POUS SECS (NATURALES)	9,0	0,01	1.137,7	0,08	0,8
Total		85.706,8	100,00	1.360.713,8	100,00	6,3

Font: inventari CORINE-AIR, Ministeri de Medi Ambient, i elaboració pròpia.

24,5% també de les 83.348,9 tones d'so_x assignades en total.

L'assignació d'aquest 37% de les emissions al qual ens hem referit, s'ha realitzat partint, d'una banda, del supòsit que la tecnologia dels sectors corresponents no era molt dispar de l'existent a Catalunya, supòsit que ens ha semblat legítim a manca d'altra informació. D'una altra banda, i tenint en compte el supòsit anterior, hem vist que en el cas d'Espanya es donava una forta correlació entre les emissions sectorials i la producció efectiva, fet gens absurd si tenim en compte que els processos de combustió estan estretament relacionats amb el tractament dels factors productius vinculats amb el procés. Per tant, no sembla estrany que la correlació sigui més forta que amb el valor afegit i l'ocupació. No obstant això, amb vista a futurs treballs i per a altres contaminants, convindria desenvolupar una metodologia més acurada, ja que no sempre el pes d'aquestes emissions no directament assignables tindrà tan poc pes, ni té perquè donar-se una alta correlació amb el volum de producció. Amb aquests supòsits s'obté la distribució per branques productives de les emissions de l'annex I.

3

Sistema econòmic i emissions contaminants: una perspectiva input-output

A partir del treball pioner de Leontief (1941), l'anàlisi econòmica basada en les taules input-output ha seguit, com a mínim, dues direccions diferents, per bé que complementàries, en el seu afany de superar les limitacions de la informació que proporcionen aquelles, quan s'ha pretès desenvolupar recerques més profundes respecte del sistema econòmic.

Un dels camins ha consistit a fer més complexa l'estructura bàsica, afegint informació complementària que permetés el desenvolupament de perquisicions més sofisticades. L'altre ha seguit la via de la manipulació de la matriu central del model, a fi de posar de manifest informació ja existent, però no

susceptible de ser captada sense un tractament específic.

L'anàlisi convencional input-output (i-o) d'impactes ambientals de les activitats econòmiques ha seguit les dues vies apuntades. D'una banda, s'afegeix a la taula convencional i-o una matriu d'emissions sectorials, en el nostre cas un vector d'emissions d'so_x, incorporant a la producció econòmica característica de cada sector les emissions contaminants generades en els diferents processos productiu.⁶ D'una altra, la integració vertical (Pasinetti, 1973) permet un tractament no clàssic del model (P-M. Romani i A. Torre, 1988), basat en un enfocament diferent, consistent en el fet que a partir de la reconversió de les indústries, en sentit i-o, en sectors verticalment integrats, aquests poden tractar-se com a subsistemes que s'adopten com a base de la investigació (Pasinetti, 1981; 118), permetent desenvolupaments molt més sofisticats.⁷ En aquestes pàgines durem a terme una anàlisi del primer tipus, ja que la doble anàlisi esbossada superaria molt l'abast d'aquest treball.

Aquí, els vectors es defineixen com a vectors columna, la transposició com és habitual per (') i la diagonalització, és a dir l'expressió d'un vector com una matriu diagonal, per (^). Vectors i matrius s'escriuen en negreta i els escalars com un text normal.

Sigui $\mathbf{c}$ ($n \times 1$) un vector de coeficients d'emissió:

$$\mathbf{c}'\mathbf{x} = E \quad (1)$$

essent $\mathbf{x}$ el vector de producció sectorial, $\mathbf{c}$, com hem dit, un vector de coeficients que expressa el volum d'emissió per unitat d'output, i E un escalar que expressa el volum total d'emissions.

Substituint $\mathbf{x}$ pel seu valor conegut en el model obert de Leontief, s'obté

6. El mateix Leontief emprà, amb fins predictius, un model d'aquest tipus (W. Leontief i D. Ford, 1972). Per a un desenvolupament recent a partir d'una matriu de comptabilitat social, vegeu A. Manresa i F. Sancho (2004).

7. Un desenvolupament d'aquest tipus es troba a V. Alcántara (1995 i 1999).

$$\mathbf{e} = \hat{\mathbf{c}} (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \mathbf{y} \quad (2)$$

en què $\mathbf{e}$ és un vector ($n \times 1$) d'emissions sectorials, $\mathbf{A}$ representa la matriu de coeficients tècnics i $\mathbf{i}$ el vector de demanda final. El vector $\mathbf{e}$ representa l'emissió directa sectorial.

Per tant, la matriu

$$\mathbf{F} = \hat{\mathbf{c}} (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \quad (3)$$

és un operador lineal que converteix qualsevol increment de la demanda final en un increment del vector d'emissions contaminants. Si premultipliquem la matriu $\mathbf{F}$ per $\mathbf{u}'$, un vector fila unitari de la dimensió adequada, obtindrem:

$$\mathbf{f}' = \mathbf{u}' \mathbf{F} \quad (4)$$

essent $\mathbf{f}'$ el vector ($1 \times n$) d'emissió unitària total, directa i indirecta, generada per unitat de demanda final. $\mathbf{f}'$ expressa l'efecte multiplicador de les emissions impulsat per l'expansió de les diferents demandes, o, si es vol, el potencial contaminador total dels diferents sectors.

Les emissions totals sectorials ens les dona l'expressió:

$$\boldsymbol{\varepsilon}' = \hat{\mathbf{c}} (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \hat{\mathbf{y}} = \mathbf{u}' \mathbf{F} \hat{\mathbf{y}} \quad (5)$$

Computant les expressions (3) a (5), obtenim la informació recollida a l'annex II.

3.1

Emissions totals per classe de demanda final

Podem descompondre ara el vector $\mathbf{i}$ en un conjunt de vectors que expressin la demanda final sectorial de diferents classes. Estem acostumats a raonar en termes de consum privat, formació bruta de capital, etc., com a elements que constitueixen la demanda final d'un territori econòmic; adoptant aquesta classificació, podem veure l'impacte que les diferents classes

en què dividim la demanda final tenen sobre l'emissió contaminant. Si descomponem la demanda final de cada sector en h components ($k = 1, 2, \dots, k \dots h$), al vector de demanda final $\mathbf{i}$ pot associar-s'hi una matriu $\mathbf{H}$, l'element característic H_{ik} de la qual expressa la demanda final de classe k al sector i , i podem escriure:

$$\boldsymbol{\varepsilon}' = \hat{\mathbf{c}} (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \mathbf{H} = \mathbf{u}' \mathbf{F} \mathbf{H} \quad (6)$$

un vector l'element genèric ε_k^i del qual expressa la contaminació total, en el nostre cas so_x , generada en l'obtenció de la demanda final de classe k .

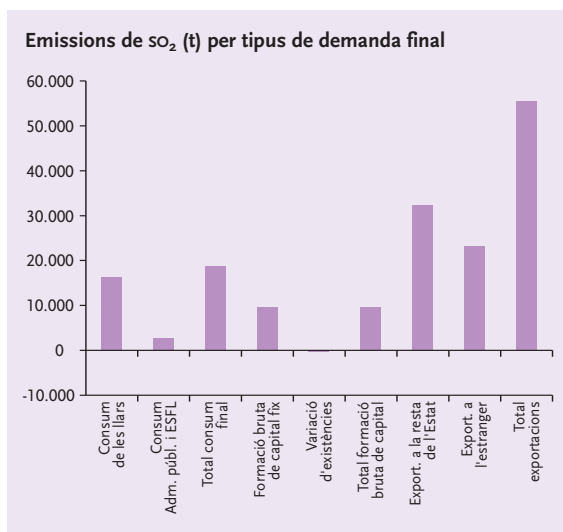
Els resultats obtinguts per a Catalunya a partir de l'aplicació de (6), s'han sintetitzat en el quadre 2 i el gràfic 1.

Quadre 2

Emissions totals per classe de demanda final		
Sectors de demanda final	Emissions so_2 (t)	%
Consum de les llars	16.144,6	19,4
Consum Adm. públ. i ESFL	2.497,4	3,0
Total consum final	18.642,0	22,4
Formació bruta de capital fix	9.559,5	11,5
Variació d'existències	-184,2	-0,2
Total formació bruta de capital	9.375,3	11,2
Exportacions a la resta de l'Estat	32.207,9	38,6
Exportacions a l'estranger	23.123,7	27,7
Total exportacions	55.331,5	66,4
Demanda final total	83.348,9	100,0

Els resultats són bastant il·lustratius. La major responsabilitat en l'emissió correspon a la producció de productes exportats, un 66,4%, i, d'aquest percentatge, més del 50% ha d'atribuir-se a l'exportació a la resta de l'Estat. Aquests resultats suggereixen un doble treball que cal fer en el futur. D'una banda, convindria delimitar l'impacte dels diferents sectors exportadors i, d'una altra, determinar el saldo exterior, calculant l'impacte de les importacions

Gràfic 1



de Catalunya en els territoris d'on importa, considerant la mateixa tecnologia.⁸ S'ha de tenir en compte que, en el cas de Catalunya, les emissions vinculades a la producció d'energia termoelectrica són molt baixes quan es comparen amb les de la resta d'Espanya (vegeu el quadre 1). Segurament, el pes relatiu superior de l'energia nuclear respecte a la resta d'energies primàries utilitzades en la producció d'energia elèctrica no és aliè a aquests resultats.

3.2

Determinació de sectors clau en l'emissió

La tècnica de la determinació de sectors clau permet una primera aproximació per a l'anàlisi del paper que juguen els diferents sectors productius de l'economia respecte de l'objectiu d'estudi. Potser la tècnica dels indicadors de Rasmussen, que contribueix a

8. Aquí cal tenir en compte que estem treballant amb la matriu de demanda intermèdia interior, perquè el que ens interessa és veure el comportament exclusiu de l'economia de Catalunya respecte d'un contaminant. No es tracta d'una anàlisi comparativa.

la determinació d'"indústries clau" en algun sentit,⁹ hagi estat una de les més àmpliament emprades, tot i que aquest enfocament no està exempt de crítiques, i ja el mateix P.N. Rasmussen (1956, 132-144) n'assenyalava alguna. Tanmateix, les crítiques han estat dures. Reproduïm la següent opinió d'Skolka (1986), citada per A. Pulido i E. Fontela (1993; 133):

"Malgrat que 'els multiplicadors Input-output de la producció i de la demanda final són instruments útils d'anàlisi econòmica [...] Els indicadors proposats per Rasmussen fa trenta anys no haurien de redescobrir-se i no haurien d'utilitzar-se més en l'anàlisi econòmica". Aquestes crítiques es fan extensives als treballs de Chenery i Watanabe (1958) i Hirschman (1958). En tot cas, creiem que la crítica només seria pertinent respecte al tipus d'indicadors utilitzats en la mesura dels encadenaments cap endavant i cap endarrere, i mai a aquests que són consubstancials a tota anàlisi input-output i, més particularment, en l'estudi dels efectes verticalment integrats.

A les pàgines que segueixen desenvoluparem l'anàlisi de sectors clau en l'emissió d' SO_x a Catalunya. La metodologia alternativa proposada es basa en el plantejament crític de L.P. Jones (1976), reprès per a l'anàlisi econòmica ambiental a V. Alcántara (1995).¹⁰

En comentar l'expressió (4), diem que el vector f' expressava l'efecte multiplicador de les emissions impulsat per l'expansió de les diferents demandes. Aquest vector expressa el que en la literatura es coneix com a *backward linkages*, els efectes d'arrossegament, en el nostre cas en l'emissió, deguts a l'expansió de les demandes finals. Els efectes d'arrossegament així definits es corresponen amb els de Rasmussen i Hirschman. Aquests coeficients ex-

9. El mateix Rasmussen adverteix que no és possible definir la "indústria clau" de manera única, sinó que depèn del problema que s'ha de tractar. Després de plantejar el criteri de determinació de la indústria clau respecte de l'ocupació i de les importacions conclou: "Poden considerar-se altres definicions d'indústria clau apropiades a altres problemes, però aquestes observacions són suficients per cridar l'atenció sobre la importància del model input-output".

10. A V. Alcántara (1995), l'estudi es realitza en termes d'elasticitat, encara que amb el mateix transmissió teòric.

pressen el potencial contaminant total des de la perspectiva de la demanda, tot i que potencialitat no és efectivitat. Si a l'annex II ens fixem en el potencial contaminant de l'extracció de productes energètics, aquest és de 79,6 kg per miler d'euros, el major coeficient d'emissió total, directa i indirecta. Estaríem temptats de considerar aquesta branca productiva com la més significativa des de la perspectiva de la demanda i bona candidata a ser sector clau si es dóna des de la perspectiva de l'oferta. Veuem més endavant que no és aquest el cas.

Com a mesura de l'impuls en l'emissió, que un sector qualsevol rep del conjunt de l'economia, es proposaria des d'una perspectiva, diguem-ne, convencional:

$$f^* = Fu \quad (7)$$

en què f^* és un vector ($n \times 1$) resultat de la suma per files de la matriu F , i es correspon amb el que en la literatura es coneix com a *forward linkages*. Se sol prendre com la importància dels diferents sectors productius des d'una perspectiva d'oferta. Això no obstant, aquest plantejament presenta una asimetria respecte al càlcul dels esmentats *backward linkages* com assenyala L.P. Jones (1976), que proposa emprar la inversa de Ghosh (1958) en la determinació dels multiplicadors d'oferta.¹¹

Seguint l'alternativa plantejada per a la determinació dels *forward linkages*, tindríem:

A partir de la inversa de Leontief, la determinació de la inversa de Ghosh és immediata R.A. Miller i P.D. Blair (1985):

$$(I - D)^{-1} = \hat{x}^{-1} (I - A)^{-1} \hat{x} \quad (8)$$

en què D és la matriu de coeficients de distribució. L'element característic d'aquesta matriu $D_{ij} = X_{ij}/x_i$

expressa la proporció que la part de la producció del sector i emprada pel sector j representa en la producció d' i . I el model de Ghosh seria:

$$x' = v' (I - D)^{-1} \quad (9)$$

en què el vector v' ($1 \times n$) expressa el valor monetari agregat dels inputs primaris emprats en la producció dels n sectors productius.

Igual que en el model de demanda, ara podem connectar el vector d'emissions, i escriuríem:

$$e' = v' (I - D)^{-1} \hat{c} \quad (10)$$

i la matriu

$$G = (I - D)^{-1} \hat{c} \quad (11)$$

com abans en el model de demanda és, ara, un operador lineal que transforma valors afegits, o els seus increments, en emissions.

És evident que si postmultipliquem la matriu G per un vector unitari de la dimensió adequada

$$\eta = G u \quad (12)$$

obtenim un vector l'element característic η_i del qual expressa l'emissió total, directa i indirecta, generada per l'expansió dels inputs primaris necessaris per a incrementar l'oferta del sector i . Es tracta, doncs, d'un conjunt de multiplicadors de l'emissió des d'una perspectiva d'oferta.¹²

Ja hem assenyalat anteriorment, en el cas dels multiplicadors de demanda, els biaixos que es poden introduir en les conclusions de la recerca quan no comptem amb el pes de la demanda dels diferents sectors, cosa que també és pertinent a l'hora de considerar els multiplicadors d'oferta. Tenint en compte aquesta qüestió, hem replantejat els multiplicadors

11. Entorn a la proposta de Leroy P. Jones girà una notable discussió teòrica que s'afegí a la ja important discussió sobre el model d'A. Ghosh. Una bona síntesi es troba a M. Lenzen (2003). Aquest últim autor mostra com la inversa de Ghosh pot ser emprada en la determinació *ex-post* de sectors clau. Ens remetem al treball esmentat per justificar el nostre plantejament.

12. El lector interessat en les diferències entre η i el multiplicador convencional f^* , pot consultar a l'article citat de Lenzen la bibliografia relacionada amb el tema.

que ens donen les expressions (7) i (12) de la forma següent.

A partir dels vectors de demanda final i d'inputs primaris hem definit dos vectors de distribució d'ambdues variables, $\tilde{y}$ i $\tilde{v}$, com $\sum_i \tilde{y}_i = 1$ i $\sum_i \tilde{v}_i = 1$, de manera que els multiplicadors de demanda i oferta poden ser redefinits com mostrem a continuació:

$$\mu_y = c' (I - A)^{-1} \hat{\tilde{y}} \quad (13)$$

en què μ_y és un vector (1 x n) de multiplicadors d'emissió, ponderats des d'una perspectiva de demanda.

I, procedint de forma semblant,

$$\mu_v = \hat{\tilde{v}} (I - D)^{-1} c \quad (14)$$

en què μ_v és un vector (1 x n) de multiplicadors d'emissió, ponderats des d'una perspectiva d'oferta.

Els resultats obtinguts en aplicar les expressions anteriors a la informació sobre Catalunya que estem manejant s'exposen a l'annex III.

Un cop determinats els multiplicadors ponderats d'emissió, s'estableix el multiplicador mitjà, això és:

$$\mu = \frac{\mu_y u}{n} = \frac{\mu_v u}{n} \quad (15)$$

La comparació de cada un dels multiplicadors d'emissió sectorials, tant de demanda com d'oferta, amb el multiplicador mitjà, ens permet establir la següent classificació sectorial:

	$\mu_{y,i} > \mu$	$\mu_{y,i} < \mu$
$\mu_{y,i} > \mu$	A: sectors clau en l'emissió	B: sectors impulsors per la demanda
$\mu_{v,i} < \mu$	C: sectors impulsors per l'oferta	D: resta de sectors

L'aplicació dels criteris comentats a les dades de l'annex III donen els resultats que reflecteix el quadre 3.

Els sectors clau representen una emissió directa del 74,8% de l'emissió total, amb 64.313 tones d'so_x emeses. Les seves emissions totals, directes i indirectes, també són molt importants, un 60,8% de l'emissió total. Convé en aquest cas distingir dos subgrups, que s'han determinat calculant els multiplicadors mitjans del grup i realitzant una anàlisi comparativa idèntica a la que s'ha fet per a tots els grups. El primer subgrup, amb dos únics sectors, *productes minerals no metàl·lics* i *refinació de petroli i tractament de combustibles nuclears*, representa una emissió directa del 45,8% de les emissions totals de l'economia de Catalunya i una emissió total del 29,6%. L'altre subgrup, de set branques productives, dins d'aquests sectors clau representa, pel que fa a emissions directes, el 29% de l'emissió total, i el 31,2% si considerem les emissions directes i indirectes.

En el grup B trobem els sectors de la *construcció* i la *hostaleria*, sectors bastant innocus quant a emissions directes, amb un 1,4% de les emissions totals. Tanmateix, els seus efectes d'arrossegament sobre la resta de sectors és molt important, un 13,3% sobre l'emissió total, cosa que representa prop del 45% de les emissions directes i indirectes del primer subgrup de sectors clau en l'emissió. La importància de la construcció en el grup és rellevant. Pel que fa a l'emissió total, la seva participació és comparable a la de la refinació de petroli, un sector amb un important pes en les emissions totals a Espanya i a Catalunya.

Quant al grup C, el constitueix un únic sector, la branca d'*intermediació financera*, que té molt poca importància pel que fa al percentatge de les seves emissions. Els seus efectes d'arrossegament en l'emissió són molt baixos, però, tanmateix, és un sector que arrossega la resta de sectors, de tal manera que, des de la perspectiva de la metodologia emprada, l'expansió de la seva producció genera efectes multiplicadors importants, encara que no tant com en el cas dels sectors clau. L'anàlisi dels encadenaments cap endavant (*forward linkages*) mostra la cadena de relacions d'un sector amb els altres a partir de l'expansió o del seu nivell de producció, en el cas d'una anàlisi

Quadre 3

Activitats per sectors					
Codi TIOC-43	Branques d'activitat	Emissions directes	%	Emissions totals	%
Grup A: sectors clau					
14	Productes minerals no metàl·lics	23.367	27,2	13.809	16,1
11	Refinació de petroli i tract. de comb. nuclears	16.014	18,6	11.602	13,5
	Total subgrup	39.382	45,8	25.410	29,6
12	Indústries químiques	2.936	3,4	4.961	5,8
4	Productes alimentaris, begudes i tabac	3.075	3,6	4.396	5,1
33	Transport marítim i per interior	5.292	6,2	4.153	4,8
29	Comerç, venda de vehicles i reparació	2.461	2,9	3.655	4,3
26	Producció i distrib. d'electricitat, gas i vapor	5.807	6,8	3.453	4,0
22	Vehicles de motor, remolcs i semiremolcs	2.539	3,0	3.365	3,9
38	Immobiliàries i serveis empresarials	2.822	3,3	2.876	3,3
	Total subgrup	24.931	29,0	26.860	31,2
	Total grup	64.313	74,8	52.270	60,8
Grup B: sectors impulsors per la demanda					
28	Construcció	55	0,1	8.538	9,9
30	Hostaleria	1.138	1,3	2.890	3,4
	Total grup	1.193	1,4	11.427	13,3
Grup C: sectors impulsors per l'oferta					
37	Intermediació financera	727	0,8	571,1	0,7
Grup D: resta de sectors					
	Sectors n.c.a.	17.115	19,9	19.081	22,2
	Total de l'economia	83.349	100,0	83.349	100,0

Font: elaboració pròpia a partir de les dades dels annexos.

ex-post com la que es fa en aquest treball, de la seva pròpia producció, de tal manera que els resultats recullen, de forma acumulada, tots els impactes ambientals generats per tots els sectors i per a tots els sectors que tenen relació entre si, en aquest cas, la producció de la branca d'intermediació financera. No es tracta d'interpretar el resultat per la importància major o menor de les seves emissions directes o indirectes, que no són tan significatives, i potser tindria cabuda en la resta de grups de menor importància, sinó que les seves emissions directes i indirectes s'expliquen més per una perspectiva d'oferta que de demanda. Podríem dir que la seva estructura d'in-

puts és la rellevant en el seu caràcter impulsor de l'emissió, i no tant la seva demanda final.

Els trenta-un sectors restants, encara que tenen unes emissions en total de prop del 20%, no tenen entitat des d'una perspectiva individual

4

A tall de conclusió

Com assenyalàvem al principi d'aquestes pàgines, el pes de Catalunya en les emissions de so_x és re-

lativament baix. D'una altra banda, la reducció d'aquestes emissions entre 1990 i 2004 foren d'un 46% aproximadament, mentre que per al conjunt d'Espanya aquesta reducció fou del 38%. Quant es poden reduir més aquestes emissions, és un problema de tipus tècnic, d'una banda, i econòmic d'una altra. Quines polítiques es duran a terme? A quins sectors afectaran? Quines són les relacions dels sectors afectats amb la resta de sectors? Són clau en l'emissió els sectors exportadors? són preguntes que sorgeixen a partir de les propostes tècniques i polítiques. L'anàlisi de sectors clau no és suficient per donar resposta a les qüestions plantejades, però dóna pistes sobre els sectors que cal analitzar.

L'anàlisi input-output disposa d'eines potents que permeten donar resposta a algunes d'aquestes preguntes. Els sectors clau, posem per cas, poden ser analitzats de forma particularitzada a partir de tècniques basades en els subsistemes de tipus sraffia, sense necessitat de desvincular-los de la resta del sistema econòmic.

D'una altra banda –en el cas que ens ocupa, tractant-se l'so_x d'un dels contaminants amb més connotació local, encara que els problemes d'acidificació i la seva influència en les masses forestals no sigui tan local¹³–, la determinació de sectors clau dóna pistes per a l'anàlisi geogràfica dels sectors més rellevants des de la perspectiva de les emissions i la seva vinculació econòmica a les economies locals.

Finalment, un aspecte important de l'ampliació del model convencional input-output al medi ambient és la possibilitat d'incorporar al model d'emissions matrius de difusió de contaminants, amb resultats consistents per a la planificació territorial.

13. Encara que en aquest treball ens hem ocupat de l'emissió, l'estressor diríem, l'anàlisi input-output pot estendre's a les reaccions d'impactes en cadena. En certa manera el sistema NAMEA està dissenyat amb aquesta intenció.

5

Agraïments

Agraeixo a Ángeles Cristóbal i Natalia Alonso, del Ministeri de Medi Ambient, la informació en suport informàtic que em facilitaren per al desenvolupament d'aquest treball, així com la bona disposició que sempre han mostrat a l'hora de facilitar-me informació per a qualsevol recerca. Així mateix, agraeixo l'ajuda financera al projecte BEC2003-1831 del Ministeri d'Educació i Ciència (2004-2006) i al projecte SGR 2005-177 del DURSI, Generalitat de Catalunya (2005-2008).

6

Referències bibliogràfiques

ALCÁNTARA, V. (1999). "Análisis de impactos ambientales desde una perspectiva Input-output" a Ricaldi, T. (1999).

ALCÁNTARA, V. (1995). *Economía y contaminación atmosférica: hacia un nuevo enfoque desde el análisis input-output*. Tesis doctoral, Universitat de Barcelona.

BRODY, A. i CRATER, P. (eds.) (1972). *Input-output Techniques*, North-Holland Publishing Company, Amsterdam.

CHENERY, H. i WATANABLE, T. (1958). "International Comparisons of the Structure Production". *Econometrica*, octubre.

COMISSIÓ EUROPEA. EUROSTAT (2003). *NAMEA for Air Emissions. Compilation Guide*. Draft version.

GHOSH, A. (1958). "Input-output approach in allocation system". *Economica* XXV.

HIRSCHMAN, A.O. (1958). *The Strategy of Economic Development*. Yale University Press, New Haven, CT.

- IDESCAT (2006). *Taules Input-output de Catalunya 2001*. <http://www.idescat.net/cat/economia/tioc/>
- JONES, L.P. (1976). "The measurement of Hirschmanian linkages". *Quarterly Journal of Economics* 90, 323-333.
- LENZEN, M. (2003). "Environmentally important pahts, linkages and key sectors in the Australian economy". *Structural Change and Economic Dinamics* 14, 1-34.
- LEONTIEF, W. (1941). *The Structure of American Economy, 1919-1929*. Cambridge, Mass. Harvard University Press.
- LEONTIEF, W. i FORD, D. (1972). "Air pollution and the economic structure: empirical results of input-output computations". BRODY, A. i CRATER, P. (1972).
- MANRESA, A., SANCHO F. (2004). "Energy intensities and CO₂ emissions in Catalonia: a SAM analysis". *International Journal of Environment, Workplace, and Employment*. 1 (1), 91-106.
- MILLER, R.A., BLAIR, P.D., (1985). *Input-output: foundations and extensions*. Prentice-Hall, New Jersey.
- PASINETTI, L. (1973). "The Notion of Vertical Integration in Economic Analysis", *Metroeconomica*, XXV.
- PASINETTI, L. (1981). *Structural Change and Economic Growth*, Cambridge University Press, Cambridge.
- PULIDO, A., FONTELA, E., (1993). *Análisi Input-output (Modelos, datos y aplicaciones)*. Pirámide, Madrid.
- RASMUSEN, P., (1956). *Studies in intersectoral relations*. North-Holland Publishing Company, Amsterdam.
- RICALDI, T. (1999). *La economía ecológica: una nueva mirada a la ecología humana*. Ed. CESU (UMSS)-UNESCO.
- ROMANI, P-M. i TORRE, A. (1988). "Sous-systèmes et secteurs verticalement intégrés: des concepts a l'analyse des structures productives". *Communication à la table ronde 'Production des marchandises par les marchandises'*. Sophia-Antipolis, desembre, 1985.
- SKOLKA, J. (1986). "Input-output multipliers and linkages". Eighth International Conference on Input-Output Techniques. Sapporo, Japan.

Annex I

Emissions so ₂ (t) per branques d'activitats			
	TIOC-2001	Branques d'activitat	Emissions so ₂ (t)
1	1+2+3	Agricultura, ramaderia i pesca	511,8
2	4	Extracció de productes energètics	3.025,5
3	5	Extracció d'altres minerals (no energètics)	1,2
4	6+7+8+9	Productes alimentaris, begudes i tabac	3.074,9
5	10	Indústries tèxtils	1.029,4
6	11	Indústries de la confecció i de la pel·leteria	535,6
7	12	Indústries del cuir i del calçat	150,1
8	13	Ind. fusta i suro (excepte mobles); cistells i espart	289,7
9	14	Indústries del paper	677,7
10	15	Edició i arts gràfiques	899,7
11	16	Refinació de petroli i tract. de comb. nuclears	16.014,4
12	17	Indústries químiques	2.936,2
13	18	Fabricació de productes de cautxú i plàstics	889,6
14	19+20+21+22	Productes minerals no metàl·lics	23.367,3
15	23	Metal·lúrgia	632,3
16	24	Productes metàl·lics (exc. maquinària i equips)	1.431,9
17	25	Maquinària i equips mecànics	1.243,0
18	26	Màquines d'oficina i equips informàtics	302,2
19	27	Maquinària i materials elèctrics	834,8
20	28	Fabricació de materials i equips electrònics	409,1
21	29	Altres equips i instruments	194,0
22	30	Vehicles de motor, remolcs i semiremolcs	2.538,6
23	31	Altres materials de transport	196,7
24	32	Mobles i altres indústries manufactureres	565,9
25	33	Reciclatge	166,1
26	34+35	Producció i distribució d'electricitat, gas i vapor	5.806,6
27	36	Captació, potabilització i distribució d'aigua	137,9
28	37	Construcció	55,0
29	38+39+40	Comerç, venda de vehicles i reparació	2.460,9
30	41+42	Hostaleria	1.138,0
31	43	Transport per ferrocarril	11,1
32	44	Altres tipus de transport terrestre	1,6
33	45	Transport marítim i per interior	5.291,7
34	46	Transport aeri i espacial	280,9
35	47+48	Activitats afins al transport	108,4
36	49	Correus i telecomunicacions	399,8
37	50+51+52	Intermediació financera	727,5
38	53 a 57	Immobiliàries i serveis empresarials	2.822,5
39	58	Administració pública	474,1
40	59	Educació	417,6
41	60	Sanitat i serveis socials	686,0
42	61+62+63+64	Altres activitats socials i serveis	611,7
43	65	Llars que ocupen personal domèstic	0,0
Total assignat als sectors productius			83.348,9
Llars (exclòs el transport privat)			517,1
Transport per carretera			2.114,7
TOTAL			85.980,6

Font: TIOC-2001 (Idescat), Ministeri de Medi Ambient i elaboració pròpia.

Annex II

Emissions totals i coeficients d'emissió					
	TIOC-2001	Branques d'activitat	Emissions SO ₂ (t)	Coeficients directes d'emissió (kg/1.000 €)	Coeficients totals d'emissió (kg/ 1.000 €)
1	1+2+3	Agricultura, ramaderia i pesca	511,8	0,1231	0,2666
2	4	Extracció de productes energètics	3.025,5	79,3913	79,6263
3	5	Extracció d'altres minerals (no energètics)	1,2	0,0028	0,4376
4	6+7+8+9	Productes alimentaris, begudes i tabac	3.074,9	0,1950	0,3772
5	10	Indústries tèxtils	1.029,4	0,1950	0,3139
6	11	Indústries de la confecció i de la pelleteria	535,6	0,1950	0,3296
7	12	Indústries del cuir i del calçat	150,1	0,1950	0,2742
8	13	Ind. fusta i suro (excepte mobles); cistells i espart	289,7	0,1950	0,3063
9	14	Indústries del paper	677,7	0,2087	0,3264
10	15	Edició i arts gràfiques	899,7	0,1950	0,3035
11	16	Refinació de petroli i tractament de comb. nuclears	16.014,4	5,9149	6,4230
12	17	Indústries químiques	2.936,2	0,1950	0,3894
13	18	Fabricació de productes de cautxú i plàstics	889,6	0,1950	0,2994
14	19+20+21+22	Productes minerals no metàl·lics	23.367,3	6,3511	7,3883
15	23	Metal·lúrgia	632,3	0,2667	0,5127
16	24	Productes metàl·lics (exc. maquinària i equips)	1.431,9	0,1950	0,3294
17	25	Maquinària i equips mecànics	1.243,0	0,1950	0,2965
18	26	Màquines d'oficina i equips informàtics	302,2	0,1950	0,2630
19	27	Maquinària i materials elèctrics	834,8	0,1950	0,2996
20	28	Fabricació de materials i equips electrònics	409,1	0,1950	0,2784
21	29	Altres equips i instruments	194,0	0,1950	0,2825
22	30	Vehicles de motor, remolcs i semiremolcs	2.538,6	0,1950	0,3166
23	31	Altres material de transport	196,7	0,1950	0,3164
24	32	Mobles i altres indústries manufactures	565,9	0,1950	0,3380
25	33	Reciclatge	166,1	0,1950	0,5701
26	34+35	Producció i distribució d'electricitat, gas i vapor	5.806,6	1,2355	1,6153
27	36	Captació, potabilització i distribució d'aigua	137,9	0,1950	0,5591
28	37	Construcció	55,0	0,0025	0,5632
29	38+39+40	Comerç, venda de vehicles i reparació	2.460,9	0,0813	0,1711
30	41+42	Hostaleria	1.138,0	0,0813	0,2165
31	43	Transport per ferrocarril	11,1	0,0260	0,2126
32	44	Altres tipus de transport terrestre	1,6	0,0003	0,2698
33	45	Transport marítim i per interior	5.291,7	26,9892	27,2469
34	46	Transport aeri i espacial	280,9	0,2449	0,6099
35	47+48	Activitats afins al transport	108,4	0,0164	0,1583
36	49	Correus i telecomunicacions	399,8	0,0813	0,2145
37	50+51+52	Intermediació financera	727,5	0,0813	0,1300
38	53 A 57	Immobiliàries i serveis empresarials	2.822,5	0,0813	0,1480
39	58	Administració pública	474,1	0,0813	0,1676
40	59	Educació	417,6	0,0813	0,1350
41	60	Sanitat i serveis socials	686,0	0,0813	0,1358
42	61+62+63+64	Altres activitats socials i serveis	611,7	0,0781	0,1792
43	65	Llars que ocupen personal domèstic	0,0	0,0000	0,0000

Font: TIOC-2001 (Idescat), Ministeri de Medi Ambient i elaboració pròpia.

Annex III

Multiplicadors ponderats				
	TIOC-2001	Branques d'activitat	μ_y	μ_y
1	1+2+3	Agricultura, ramaderia i pesca	0,0020	0,0040
2	4	Extracció de productes energètics	0,0060	0,0086
3	5	Extracció d'altres minerals (no ener)	0,0003	0,0045
4	6+7+8+9	Productes alimentaris, begudes i tabac	0,0235	0,0120
5	10	Indústries tèxtils	0,0057	0,0058
6	11	Indústria de la confecció i de la pelleteria	0,0043	0,0020
7	12	Indústria del cuir i del calçat	0,0010	0,0007
8	13	Ind. fusta i suro (exc. mobles); cistells i espart	0,0012	0,0029
9	14	Indústries del paper	0,0034	0,0048
10	15	Edició i arts gràfiques	0,0044	0,0048
11	16	Refinació de petroli i tract. de comb. nuclear	0,0620	0,0819
12	17	Indústries químiques	0,0265	0,0166
13	18	Fabricació de productes de cautxú i plàstics	0,0043	0,0062
14	19+20+21+22	Productes minerals no metàl·lics	0,0738	0,0831
15	23	Metal·lúrgia	0,0029	0,0036
16	24	Productes metàl·lics (exc. maquinària i equips)	0,0072	0,0087
17	25	Maquinària i equips mecànics	0,0075	0,0091
18	26	Màquines d'oficina i equips informàtics	0,0019	0,0015
19	27	Maquinària i materials elèctrics	0,0054	0,0043
20	28	Fabricació de materials i equips electrònics	0,0029	0,0017
21	29	Altres equips i instruments	0,0013	0,0014
22	30	Vehicles de motor, remolcs i semiremolcs	0,0180	0,0109
23	31	Altres material de transport	0,0015	0,0013
24	32	Mobles i altres indústries manufactureres	0,0045	0,0024
25	33	Reciclatge	0,0002	0,0011
26	34+35	Producció i distribució electricitat, gas i vapor	0,0185	0,0310
27	36	Captació, potabilització i dist. d'aigua	0,0012	0,0006
28	37	Construcció	0,0456	0,0038
29	38+39+40	Comerç, venda de vehicles i reparació	0,0195	0,0241
30	41+42	Hostaleria	0,0154	0,0049
31	43	Transport per ferrocarril	0,0003	0,0004
32	44	Altres tipus de transport terrestre	0,0046	0,0070
33	45	Transport marítim i per interior	0,0222	0,0153
34	46	Transport aeri i espacial	0,0028	0,0013
35	47+48	Activitats afins al transport	0,0027	0,0089
36	49	Correus i telecomunicacions	0,0020	0,0053
37	50+51+52	Intermediació financera	0,0031	0,0115
38	53 A 57	Immobiliàries i serveis empresarials	0,0154	0,0352
39	58	Administració pública	0,0052	0,0019
40	59	Educació	0,0033	0,0028
41	60	Sanitat i serveis socials	0,0055	0,0038
42	61+62+63+64	Altres activitats socials serveis	0,0064	0,0038
43	65	Llars que ocupen personal domèstic	0,0000	0,0000
Total			0,4455	0,4455

Font: TIOC-2001 (Idescat), Ministeri de Medi Ambient i elaboració pròpia.