

## **A5. Estimació de les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle produïts a Catalunya durant el període 1990-2001**

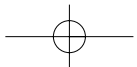
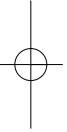
**Dr. José María Baldasano Recio**  
**René Parra Narváez**  
**Eugeni López Vañó**

**José Maria Baldasano Recio** (Madrid, 1950) és doctor en Ciències Químiques per la Universitat de Barcelona (UB), enginyer químic per l'Institut National Polytechnique de Tolosa (França) i *Master on Science* en Enginyeria Química per la Universitat de Sherbrooke (Québec, Canadà). Actualment és catedràtic en Enginyeria Ambiental a la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) i responsable del programa de Doctorat en Enginyeria Ambiental des de 1986.

Les seves activitats de R+D estan orientades a la modelització ambiental, la gestió de residus i els estudis d'impacte ambiental. És consultor del PNUMA en residus i del Grup Intergovernamental d'Experts en Canvi Climàtic (IPCC) en inventaris d'emissions. És autor de més de 175 articles i publicacions, i coeditor de 8 llibres. Va ser guardonat amb el Premi «Rey Jaime I» de Protecció del Medi Ambient l'any 1997.

**René Parra Narváez** (Cuenca, Equador, 1966) és enginyer civil per la Universitat de Cuenca (Equador) (1990). És màster en Enginyeria i Prevenció Ambiental per l'Institut de Tecnologia i Modelització Ambiental (ITEMA) de la UPC (1998). És doctor en Enginyeria Ambiental pel Departament de Projectes d'Enginyeria de la UPC. La seva tesi doctoral està relacionada amb el desenvolupament del model d'emissions EMICAT 2000 per a l'obtenció d'inventaris de contaminants de l'aire a Catalunya i la seva posterior explotació en models de dispersió fotoquímica.

**Eugeni López Vañó** (Barcelona, 1971) és enginyer en Telecomunicacions per la UPC (1996) i Màster en Teledetecció per l'Institut d'Estudis Espacials de Catalunya (1997). Des de l'any 2000 treballa com a enginyer de suport a la recerca al Laboratori de Modelització Ambiental del Departament de Projectes d'Enginyeria de la UPC, on és responsable del Sistema d'Informació Geogràfica, eina imprescindible per als estudis d'impacte ambiental i per als inventaris d'emissions, així com també de les bases de dades i el manteniment del programari científic i el maquinari del laboratori.



Síntesi	159
A5.0. Introducció	161
A5.1. La metodologia de l'IPCC	162
A5.1.1. Població i PIB	163
A5.1.2. Energia	164
A5.1.3. Processos industrials	168
A5.1.3.1. Productes minerals	168
A5.1.3.2. Indústria química	169
A5.1.3.3. Metal·lúrgia	169
A5.1.3.4. Producció i consum d'halocarburans i hexafluorur de sofre	170
A5.1.4. Ús de dissolvents i altres productes	170
A5.1.5. Agricultura	170
A5.1.5.1. Fermentació entèrica i gestió de residus ramaders	170
A5.1.5.2. Cultiu d'arròs	171
A5.1.5.3. Sòls agrícoles	172
A5.1.6. Canvis d'usos del sòl i activitats forestals	173
A5.1.7. Residus	174
A5.1.7.1. Disposició de residus sòlids al sòl	174
A5.1.7.2. Gestió d'aigües residuals urbanes	175
A5.2. Emissions de gasos amb efecte d'hivernacle a Catalunya	175
A5.3. Discussió dels resultats	181
Referències bibliogràfiques	186

Estimació de les emissions de gasos... José María Baldasano Recio, René Parra Narváez i Eugeni López Vañó

## Síntesi

Amb l'adopció del Protocol de Kyoto el 1997, 38 països es comprometeren a reduir el total de les seves emissions de gasos amb efecte d'hivernacle (GEH) en no menys d'un 5% respecte a les corresponents a l'any 1990, durant el període comprès entre l'any 2008 i el 2012. En la negociació i posterior aprovació del protocol, la Comunitat Europea va assumir el compliment d'una reducció global del 8% de les seves emissions totals de diòxid de carboni (CO<sub>2</sub>), metà (CH<sub>4</sub>), òxid nitrós (N<sub>2</sub>O), hidrofluorocarburs (HFCs), perfluorocarburs (PFCs) i hexafluorur de sofre (SF<sub>6</sub>) (expressades en unitats de CO<sub>2</sub> equivalent).

Aquest compromís global es basà en un repartiment de les càrregues d'emissió entre els 15 països integrants de la Comunitat Europea en aquell any, d'acord amb l'anàlisi denominat «burden sharing», que assignà a l'Estat espanyol un increment de les emissions de fins un 15% per al període 2008-2012.

Els inventaris d'emissions de gasos amb efecte d'hivernacle (GEH) tenen un paper molt important dins dels objectius ambientals del Conveni Marc de les Nacions Unides sobre el Canvi Climàtic i del Protocol de Kyoto. Aquests inventaris han de ser transparents, ben documentats, consistents i comparables entre ells.

És per aquest motiu que el Grup Intergovernamental d'Experts sobre el Canvi Climàtic (IPCC) ha desenvolupat un conjunt de guies tècniques que incorporen una metodologia de càlcul i comunicació de resultats que han de seguir les parts per a la presentació oficial de les seves emissions de GEH.

Com a primera alternativa l'IPCC proposa l'ús de metodologies relativament simples (*Tier I*), que es basen en la utilització de factors d'emissió

i de les activitats associades que produeixen les emissions, o en el cas de ser viable, l'aplicació de models de càlcul amb major grau de complexitat (*Tier II*).

La metodologia IPCC diferencia la contribució de les categories següents (IPCC, 1996):

- 1) Energia
- 2) Sector industrial
- 3) Ús de solvents i altres productes
- 4) Agricultura
- 5) Canvis en els usos del sòl i activitats forestals
- 6) Residus.

Cadascun d'aquests sectors es divideix en subsectors, segons la seva importància relativa en el cas de Catalunya. Tots ells han estat considerats per a la valoració de les emissions.

L'ús de combustibles fòssils en el sector energètic normalment constitueix la principal categoria d'emissió de CO<sub>2</sub>. Dins del subsector del consum de combustibles s'inclouen les indústries de generació d'energia elèctrica, les refineries de petroli, el sector industrial (en la seva vessant com a consumidor d'energia), el consum directe de combustibles fòssils en el transport i els sectors comercial / institucional, residencial i primari. S'inclouen també les emissions generades per la incineració de residus amb aprofitament energètic.

Les emissions del sector industrial es refereixen exclusivament a les emissions atribuïdes a la part del procés industrial pròpiament, no a la part atribuïble al consum d'energia (considerat ja anteriorment).

L'IPCC estableix, en ordre general de prioritats decreixent, els inventaris dels següents gasos:

Estimació de les emissions de gasos... José María Baldasano Recio, René Parra Narváez i Eugeni López Vañó

- 1) CO<sub>2</sub> emès en la transformació d'energia
- 2) CO<sub>2</sub> generat pels canvis en els usos del sòl
- 3) CH<sub>4</sub> que prové de fonts com: la producció d'arròs, extracció de carbó mineral, petroli i gas natural, fermentació entèrica, fems de bestiar i dipòsits controlats;
- 4) N<sub>2</sub>O d'activitats agrícoles
- 5) Altres gasos amb efecte d'hivernacle

Per tal d'analitzar en conjunt les emissions de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> i N<sub>2</sub>O, es calculen les emissions en unitats de CO<sub>2</sub> equivalent, considerant que el CH<sub>4</sub> i el N<sub>2</sub>O tenen un potencial d'escalfament global (*Global Warming Potential*) de 23 i 296 vegades el del CO<sub>2</sub>, respectivament, (IPCC, 2001), durant un període de 100 anys.

Aquest capítol presenta l'aplicació d'aquesta metodologia de l'IPCC a Catalunya i els resultats

obtinguts pel període 1990-2001. L'any 1990 es van comptabilitzar un total de 36.332 Gg de CO<sub>2</sub> equivalent, valor que s'ha incrementat a 57.337 Gg de CO<sub>2</sub> equivalent l'any 2001, la qual cosa representa un increment del 57,8%. D'aquest volum de gasos emesos, un 72% de les emissions correspon al consum de combustibles fòssils, un 12% a les activitats agrícoles, el 8% a les activitats industrials de producció i el 8% restant a la gestió de residus.

L'emissió de CO<sub>2</sub> equivalent per càpita a Catalunya durant l'any 2001, estimada en 9,0 t hab<sup>-1</sup> correspon a un valor mitjà respecte als valors indicats per l'Organització de les Nacions Unides per als països rics i per als països amb ingressos mitjans. Es preveu que aquest valor augmentarà cap a l'any 2010, en funció de l'escenari creixent de consum energètic esperat a Catalunya.

### A5.0. Introducció

Amb l'adopció del Protocol de Kyoto, el desembre de 1997, un total de 38 estats es van comprometre a reduir les seves emissions de GEH en un 5% respecte a les corresponents a l'any 1990 entre l'any 2008 i el 2012. La Comunitat Europea va assumir el compliment d'una reducció global del 8% de les seves emissions totals de diòxid de carboni (CO<sub>2</sub>), metà (CH<sub>4</sub>), òxid nítrós (N<sub>2</sub>O), hidrofluorocarburs (HFCs), perfluorocarburs (PFCs) i hexafluorur de sofre (SF<sub>6</sub>) (expressades en unitats de CO<sub>2</sub> equivalent). Aquest compromís es basà en un repartiment de les càrregues d'emissió entre els 15 Estats Membres de la Unió Europea, d'acord amb l'anàlisi denominat *burden sharing*, que assignà a l'Estat espanyol un increment de les emissions de fins un 15% en aquest mateix període.

En aquest sentit, i en el context del *Conveni Marc de les Nacions Unides sobre el Canvi Climàtic* (CMNUCC), els estats signataris es comprometeren a elaborar, actualitzar periòdicament, publicar i facilitar els inventaris nacionals de les emissions antropogèniques de gasos amb efecte d'hivernacle així com l'estimació de la seva absorció (no controlada pel Protocol de Montreal) pels seus embornals. En aquesta elaboració s'utilitzen metodologies de càlcul comparables, elaborades i publicades pel Grup Intergovernamental d'Experts sobre el Canvi Climàtic (IPCC).

Un inventari d'emissions es pot definir com la compilació de les estimacions de les emissions cap a l'atmosfera que es produeixen en una zona geogràfica determinada, durant un període de temps establert, ja sigui passat, present o futur. El model bàsic de càlcul es fonamenta amb el producte de com a mínim dues variables:

- 1) La quantitat d'activitat productora d'emissions.
- 2) El factor d'emissió propi per a aquesta activitat.

La dada més recent sobre el comportament de les emissions de l'Estat espanyol que es presenta a la pàgina web de l'Agència Europea del Medi Ambient (<http://www.eea.eu.int/>, juliol de 2003), indica que les emissions de l'any 2001 (382,8 milions de t CO<sub>2</sub> equivalent) són un 32,1% superiors a les de l'any 1990 (289,9 milions de t CO<sub>2</sub> equivalent). Això vol dir més del doble del percentatge establert com a objectiu per a l'any 2010 (15%).

Les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle tenen relació directa amb l'ús de combustibles fòssils en la producció d'energia elèctrica, en les activitats industrials, el transport; les activitats dels sectors primari, secundari i terciari; la gestió dels recursos forestals i dels residus. Atès que totes aquestes activitats o àmbits tenen una vinculació molt directa amb el model de desenvolupament socio-econòmic de qualsevol territori, el

compliment dels compromisos de Kyoto podria afectar el seu creixement en cas que no es disposi d'una política clara, efectiva i decidida que impliqui un canvi important en els hàbits de consum, conjuntament amb altres activitats com la promoció de l'ús de tecnologies energèticament més eficients, de fonts d'energia renovables o els sistemes de transport massiu. Una opció important hauria de ser la conscienciació ciutadana que és necessari reduir els nivells de consum. No obstant això, aquest enfocament normalment no es considera en primera instància, i es prefereix cercar alternatives (com algunes de les esmentades), esperant que el consum de recursos energètics i naturals sempre vagi creixent amb el temps.

El mateix Protocol de Kyoto considera determinats mecanismes nous destinats a facilitar el compliment dels compromisos adquirits pels Estats que l'han signat i ratificat, com ara el comerç d'emissions, mitjançant el qual les parts podran transferir o adquirir part de les quantitats atribuïdes a altres, aconseguint així reduir o augmentar el seu nivell permès d'emissions.

Per això mateix, és indiscutible la importància dels inventaris d'emissió dins del marc de la CMNUCC i del Protocol de Kyoto, ja que prenent com a base aquesta informació es determina el grau de compliment de les parts en matèria d'emissions de gasos amb efecte d'hivernacle. A causa de la complexitat tècnica de la seva estimació, l'IPCC ha invertit molts recursos en l'elaboració i contínua actualització de les seves guies metodològiques (IPCC, 1995, 1996, 2000), que tenen com a objectiu l'elaboració d'inventaris d'emissions que, en la mesura del possible, siguin transparents, documentats, consistents i comparables. Actualment constitueixen els documents guies oficials de referència tècnica per a l'elaboració dels inventaris d'emissions nacionals per ser aplicats dins del context de la CMNUCC i del Protocol de Kyoto.

En l'àmbit de Catalunya, i amb l'objectiu d'analitzar la seva actual situació en matèria d'emis-

sions de gasos amb efecte d'hivernacle, així com el grau de participació dels diferents sectors d'emissió, es necessita un inventari d'emissions (seguint la metodologia IPCC) com a base per a establir la pròpia política de gestió amb relació al canvi climàtic i la seva participació a escala nacional i internacional.

Aquest apartat de l'estudi sobre els efectes del canvi climàtic a Catalunya presenta la valoració de les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle al nostre país en el període 1990-2001 aplicant la metodologia de l'IPCC. Les estimacions estan basades en dades estadístiques confirmades de les activitats emissores i factors d'emissió proposats pel mateix IPCC (IPCC, 1996, 2000).

Encara que l'IPCC demanda que els Estats Participants del Protocol de Kyoto també presentin l'estimació de les emissions d'altres gasos contaminants (monòxid de carboni, òxids de nitrogen, diòxids de sofre i compostos orgànics volàtils), aquest capítol està centrat exclusivament en els gasos amb efecte d'hivernacle apuntats a l'inici d'aquesta introducció.

D'aquesta manera, es descriu el comportament dels graus d'activitat durant el període 1990-2001 de cada sector d'emissió, les hipòtesis de càlcul i les fonts de consulta per a l'estimació de les emissions dels gasos amb efecte d'hivernacle. Un cop fet això es presenten i analitzen els resultats obtinguts. Finalment s'inclou una discussió de la metodologia i del significat dels resultats, així com de les fonts de consulta utilitzades. L'estimació arriba fins l'any 2001, ja que, és l'últim any del qual es disposa de dades estadístiques publicades fiables.

#### **A5.1. La metodologia de l'IPCC**

A l'hora de calcular les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle s'ha utilitzat el *software* desenvolupat per l'IPCC (<http://www.ipcc.ch>, juny de 2003), que s'estructura amb fulls de càlcul excel enllaçats amb macros i inclou directament el format requerit per a la presentació dels resultats.



Amb l'objectiu de fomentar l'ús generalitzat d'una metodologia de càlcul comuna, l'IPCC inicialment desenvolupà els documents *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* (1995), que més tard es van substituir pels «*Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*» (IPCC, 1996) i van ser complementats amb les guies *Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories* (IPCC, 2000). L'IPCC estableix, en ordre general de prioritat decreixent, els inventaris dels gasos següents:

- CO<sub>2</sub> emès en la transformació d'energia
- CO<sub>2</sub> generat pels canvis en els usos del sòl
- CH<sub>4</sub> que prové, entre d'altres, de la producció d'arròs, l'extracció de carbó mineral, petroli i gas natural, la fermentació entèrica, els fems de bestiar i els dipòsits controlats de residus
- N<sub>2</sub>O d'activitats agrícoles
- Altres gasos amb efecte d'hivernacle.

Com a primera alternativa l'IPCC proposa l'ús de metodologies relativament simples (*Tier I*), que es basen en la utilització de factors d'emissió i de les activitats associades que produeixen les emissions, o en el cas de ser viable, l'aplicació de models de càlcul amb major grau de complexitat (*Tier II*).

La metodologia IPCC diferencia la contribució de les següents categories (IPCC, 1996):

- 1) Energia
- 2) Sector industrial
- 3) Ús de solvents i altres productes
- 4) Agricultura
- 5) Canvis d'usos del sòl i activitats forestals
- 6) Residus.

Cadascun d'aquests sectors es divideix en subsectors segons la seva importància relativa en el cas de Catalunya. Tots ells han estat considerats en la valora-

ció de les emissions, tot i que la llista de subsectors que presenta l'IPCC és més extensa que la considerada en aquest estudi.

#### A5.1.1. Població i PIB

La població de Catalunya ha assolit, actualment, més de sis milions i mig d'habitats, dels quals aproximadament el 70% resideix dins de l'Àrea Metropolitana de Barcelona. L'activitat industrial de Catalunya és una de les més importants de l'Estat espanyol. Aquests dos aspectes impliquen que les emissions antropogèniques (com el transport, la generació d'energia i les activitats industrials) siguin molt significatives. La figura A5.1 resumeix les dades de la població existent durant els anys 1990-2001, obtinguts dels anuaris de l'Institut d'Estadística de Catalunya.

La figura A5.2 mostra l'evolució del Producte Interior Brut per càpita (*PIB*) (a preus de mercat). Els valors dels anys 1995 a 2001 es van obtenir dels anuaris del IDESCAT. El valor de l'any 1991 es va obtenir del document *Xifres de Catalunya 2003* (IDESCAT, 2003). Per als anys 1990, 1992, 1993 i 1994 s'han estimat els valors mitjançant interpolació (extrapolació) lineal. Per a l'any 1990, el PIB per càpita s'estima en 9.292 euros per habitant i s'incrementa fins a 20.146 euros per habitant per a l'any 2001 (increment del 116,8%).

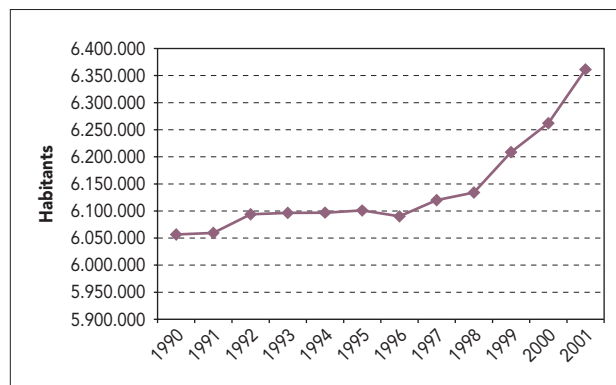


Figura A5.1. Evolució de la població de Catalunya durant el període 1990-2001.  
Font: Institut d'Estadística de Catalunya.

Estimació de les emissions de gasos... José María Baldasano Recio, René Parra Narváez i Eugeni López Vañó

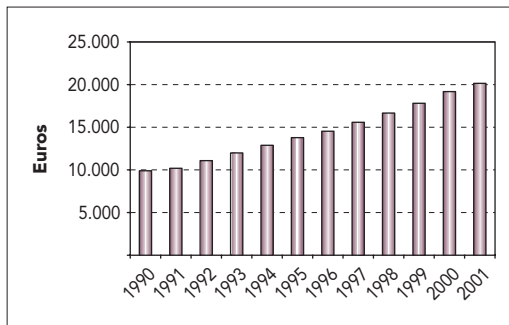


Figura A5.2. Variació del producte interior brut per càpita de Catalunya durant el període 1990-2001.

Font: Institut d'Estadística de Catalunya.

### A5.1.2. Energia

L'energia constitueix, habitualment i amb diferència, la principal font d'emissió de CO<sub>2</sub>. Quan es produeix la ignició completa d'un combustible fòssil, els gasos que resulten d'aquesta reacció són el CO<sub>2</sub> i el vapor d'aigua. A la pràctica, els processos de combustió són incomplets, en major o menor grau, a causa de factors com la falta d'oxigen, la manca d'homogeneïtat dels combustibles, una mescla insuficient entre l'oxigen i el combustible, les baixes temperatures de combustió o uns temps de residència curts. La combustió incompleta implica la generació de gasos com el monòxid de carboni o la presència de compostos orgànics volàtils.

Dins del subsector del consum de combustibles s'inclouen les indústries de generació d'energia elèctrica, les refineries de petroli, el sector industrial (en la seva vessant com a consumidor d'energia), el transport i els sectors comercial / institucional, residencial i primari. S'inclouen també les emissions generades per la incineració de residus amb aprofitament energètic.

Les emissions de CO<sub>2</sub> s'estimen considerant el seu contingut de carboni. En aquest sentit, l'IPCC diferencia els combustibles primaris (aquells que es troben directament en la naturalesa: carbó, petroli, gas natural) i els combustibles secundaris (aquells obtinguts a partir dels primaris tal com la gasolina o el gasoil).

Per una part, l'IPCC sol·licita el càlcul de les emissions de CO<sub>2</sub> atribuïbles al subministrament (consum aparent) de combustibles primaris i secundaris (*reference approach*) i, per l'altra, el càlcul de les emissions per al consum en cadascun dels subsectors (*sectoral approach*). L'enfocament *reference approach* s'inclou en els resums anuals condensats fonamentalment amb un propòsit verificatori, mentre que es dona prioritat als càlculs efectuats per subsectors (*sectoral approach*), que són els valors finalment vàlids per a la presentació oficial dels inventaris d'emissions.

L'IPCC requereix que en el formulari del resum anual de les emissions s'explicitin les diferències potencials que hi ha entre les valoracions obtingudes a través dels dos enfocaments. S'ha d'especificar que en el *reference approach* no s'inclou l'aprofitament energètic de residus, que sí està considerat en el *sectoral approach*. Això fa que normalment s'hagi d'esperar que aquest últim presenti valors lleugerament superiors al primer, com succeeix en el cas de Catalunya.

Dins de l'enfocament *reference approach*, el subministrament (consum aparent) per combustible s'estableix mitjançant l'equació (1):

$$CA = A + B - C - D - E \quad (1)$$

- CA: subministrament (consum aparent) de combustible
- A: quantitat produïda (extreta de la naturalesa) del combustible primari
- B: quantitat de combustible primari o secundari importat
- C: quantitat de combustible primari o secundari exportat
- D: quantitat de combustible utilitzat per al transport internacional aeri i internacional marí
- E: increment o decreixement en les reserves de combustible.

Del consum aparent de combustible es resta el carboni emmagatzemat en aquella fracció del

combustible fòssil emprat amb finalitats no energètiques, obtenint els valors del carboni net d'emissió. Tot seguit d'aplicar coeficients per estimar la fracció efectiva de carboni oxidat, es valoren finalment les emissions de CO<sub>2</sub>. Cal destacar, tanmateix, que tal i com es dedueix de l'equació (1), la metodologia proposada per l'IPCC no inclou en el còmput oficial les emissions atribuïbles al tràfic marí i aeri internacional.

En el cas de Catalunya es van utilitzar els balanços energètics dels anys 1990-1997. S'ha constatat que la publicació d'aquests balanços porta alguns anys de retard respecte als anuaris estadístics del IDESCAT. Així, en l'anuari de l'any 2002, el resum del balanç més actualitzat que es presenta correspon a l'any 1997. En el cas del període 1998-2001 es van elaborar balanços provisionals utilitzant la informació que va servir de base per a estimar les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle de l'Escenari IER contemplat en el *Pla de l'Energia a Catalunya en l'horitzó de l'any 2010* (DICT, 2002). Aquest escenari promou de manera significativa les tecnologies d'estalvi i eficiència energètica, així com la utilització de les energies renovables.

Cal remarcar que aquests balanços s'elaboren seguint la metodologia EUROSTAT, que exclou el consum marítim (tant nacional com estranger) i inclou el consum total de les aeronaus (tant de vols nacionals com internacionals). Aquest aspecte implica una diferència amb els criteris de l'IPCC, però es considera que el seu efecte no és important en l'estimació global de les emissions.

Els balanços d'energia dels anys 1990-1997 presenten valors globals per a la categoria «transport» (que inclouria el tràfic rodat, tràfic aeri total i ferrocarrils, però no el marítim). Presenten un sol valor global per a les categories domèstic, serveis i primari, amb el que no es pot presentar un càlcul diferenciat per a aquests sectors. Aquests balanços presenten la següent agrupació de combustibles (es disposa del valor total d'aquests combustibles i del grup al que correspon):

- Lignit
- Altres carbons: hulla + antracita + altres carbons
- GLP i altres gasos de petroli: GLP + gas de refinaria
- Productes lleugers: gasolina + nafta + gasoils + querosens
- Productes pesats: fueloils
- Altres productes: coc de petroli + asfalts
- Gas natural
- Gas manufacturat.

Per als balanços dels anys 1998-2001 fou possible comptar amb informació més detallada (diferenciant el consum atribuïble al sector domèstic, al primari i dels serveis), encara que no es va poder desagregar el consum energètic per tràfic aeri nacional i internacional, ni tampoc aconseguir el detall requerit per l'IPCC per al sector del transport.

Els principals sectors de consum de combustibles fòssils que formen part dels balanços d'energia s'agrupen de la manera següent:

- *Transformació d'energia*: inclou els combustibles fòssils destinats a la generació d'energia elèctrica, tant pel que fa a centrals de generació públiques, com a centrals d'autoproducció.
- *Consum propi de les indústries del sector energètic*: comprèn l'energia emprada dins dels propis centres de transformació d'energia per al seu funcionament.
- *Pèrdues en el transport i la distribució*: comprèn les emissions directes cap a l'atmosfera de gas natural i gas manufacturat, com a conseqüència de les activitats de distribució per mitjà de la xarxa de gasoductes.
- *Utilització amb finalitats no energètiques*: fa referència a la utilització dels combustibles fòssils com a matèria primera en el sector industrial, de manera que el seu carbó forma part dels productes elaborats (no hi ha emissions a causa de la combustió).

Estimació de les emissions de gasos... José María Baldasano Recio, René Parra Narváez i Eugeni López Vañó

- *Consum final*: comprèn l'ús de combustibles amb finalitats energètiques en els sectors industrial, transport (públic i privat, tràfic vehicular i aeri), domèstic, primari i serveis.

Les taules A5.1 A5.2 i la figura A5.3 mostren l'evolució anual del consum de combustibles fòssils per sectors a Catalunya durant el període 1990-2001. Prenent com any de referència l'any 1990, l'any 2001 hi va haver un increment del 46% en el consum de combustibles fòssils. Cal destacar l'increment del percentatge que correspon al sector energètic, que d'un 5,8% l'any 1990 augmenta fins un 11,4% l'any 2001. Aquest increment contrasta amb la disminució dels percentatges dels sectors de consum no energètic i indústries, els valors dels quals passen de 24,7 i 21,2; a 16,1 i 18,2% respectivament. En el sector del transport hi hagué un augment del percentatge de consum de combustibles fòssils del 29,2 al 33,3%.

Per valorar les emissions de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> i N<sub>2</sub>O atribuïbles als processos de combustió es van utilitzar els factors d'emissió proposats per l'IPCC (IPCC, 1996).

En l'aprofitament energètic dels residus sòlids urbans, s'ha suposat que el 40% de la generació elèctrica correspon a carboni fòssil; és a dir, s'assumeix que el 60% de les emissions de CO<sub>2</sub> corresponen a l'oxidació de carboni orgànic biodegradable que, segons les directives establertes per l'IPCC, no han de formar part del còmput oficial de les emissions.

Les emissions fugitives constitueixen abocaments cap a l'atmosfera inherents a operacions com l'extracció i la manipulació de carbó; l'extracció, el transport, el refinament i l'emmagatzematge de petroli; i l'extracció, el transport i la distribució de gas natural. Dins d'aquesta categoria s'inclouen les emissions directes de gas natu-

Any	Transformació a energia elèctrica	Consum propi	Pèrdues	Consum no energètic	Indústries	Transport	Domèstic primari serveis	Total	Variació respecte l'any 1990 (%)
1990	650	802	68	2.775	2.380	3.282	1.282	11.238	-
1991	634	772	36	2.896	2.369	3.483	1.499	11.689	4
1992	784	784	27	3.002	2.274	3.459	1.481	11.811	5
1993	507	872	62	3.473	2.165	3.520	1.548	12.147	8
1994	595	868	29	3.541	2.364	3.745	1.507	12.650	13
1995	752	910	68	3.610	2.521	4.045	1.519	13.426	19
1996	940	885	68	3.819	2.658	4.309	1.749	14.427	28
1997	1.347	882	45	3.622	2.755	4.520	1.698	14.869	32
1998	1.358	1237	70	2.469	2.810	4.827	1.812	14.583	30
1999	1.561	1.240	77	2.627	2.845	5.075	1.922	15.347	37
2000	1.654	1.207	84	2.520	2.937	5.185	2.019	15.606	39
2001	1.863	1.251	92	2.636	2.974	5.458	2.105	16.378	46

Taula A5.1. Evolució del consum de combustibles fòssils per sectors a Catalunya durant el període 1990-2001 (en ktep).

Font: elaboració pròpia.

El canvi climàtic a Catalunya Estimació de les emissions de gasos...

Any	Transformació a energia elèctrica	Consum propi	Pèrdues	Consum No energètic	Indústries	Transport	Domèstic primari serveis	Total
1990	5,8	7,1	0,6	24,7	21,2	29,2	11,4	100
1991	5,4	6,6	0,3	24,8	20,3	29,8	12,8	100
1992	6,6	6,6	0,2	25,4	19,3	29,3	12,5	100
1993	4,2	7,2	0,5	28,6	17,8	29,0	12,7	100
1994	4,7	6,9	0,2	28,0	18,7	29,6	11,9	100
1995	5,6	6,8	0,5	26,9	18,8	30,1	11,3	100
1996	6,5	6,1	0,5	26,5	18,4	29,9	12,1	100
1997	9,1	5,9	0,3	24,4	18,5	30,4	11,4	100
1998	9,3	8,5	0,5	16,9	19,3	33,1	12,4	100
1999	10,2	8,1	0,5	17,1	18,5	33,1	12,5	100
2000	10,6	7,7	0,5	16,1	18,8	33,2	12,9	100
2001	11,4	7,6	0,6	16,1	18,2	33,3	12,9	100

Taula A5.2. Evolució del consum de combustibles fòssils per sectors a Catalunya durant el període 1990-2001 (en percentatges)  
 Font: elaboració pròpia.

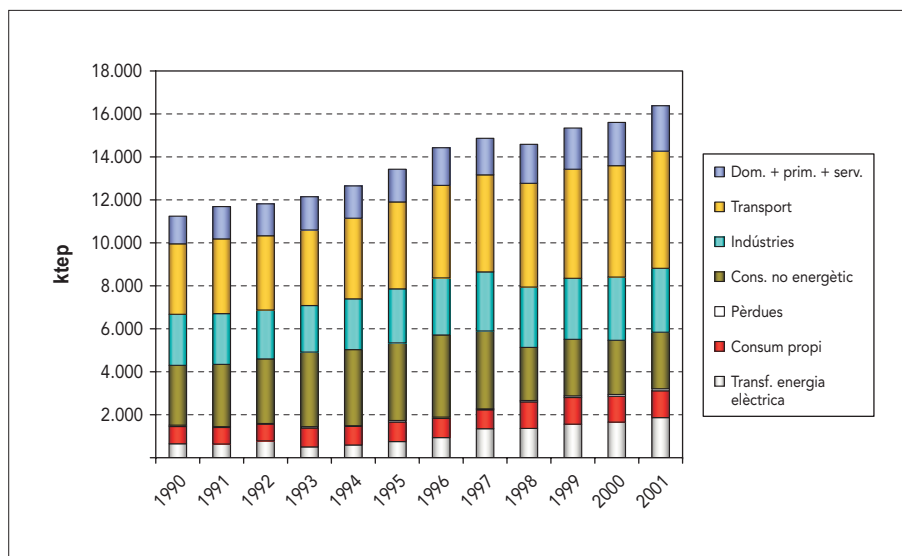


Figura A5.3. Evolució en el consum de combustibles fòssils per sectors a Catalunya durant el període 1990-2001.  
 Font: elaboració pròpia.

Estimació de les emissions de gasos... José María Baldasano Recio, René Parra Narváez i Eugeni López Vañó

ral cap a l'atmosfera, que es presenten a l'apartat de «pèrdues en el transport i distribució» dels balanços anuals d'energia. La figura A5.4 mostra l'evolució per a les activitats de refinament de petroli a Catalunya per al període 1990-2001.

### A5.1.3. Processos industrials

D'acord amb la metodologia proposada per l'IPCC, s'han considerat els següents subsectors:

- 1) Productes minerals
- 2) Indústria química
- 3) Metal·lúrgia
- 4) Producció d'halocarburs i hexafluorur de sofre
- 5) Consum d'halocarburs i hexafluorur de sofre.

Aquestes emissions es refereixen exclusivament a les que es poden atribuir a la part del procés industrial pròpiament dit, no a la part corresponent al consum d'energia (considerat en l'apartat anterior).

#### A5.1.3.1. Productes minerals

La taula A5.3 recull els productes minerals considerats, a més dels contaminants produïts, les

fonts d'obtenció de dades i els factors d'emissió utilitzats. La figura A5.5 mostra l'evolució de la producció de ciment i calç viva durant el període 1990-2001.

La fabricació de ciment és una de les fonts no energètiques més importants d'emissió de CO<sub>2</sub>, que es forma durant l'elaboració del *clínker* (un producte intermedi a partir del qual s'elabora el ciment). Després de triturar la roca calcària (que té un alt percentatge de carbonat de calci CaCO<sub>3</sub>) s'introdueix dins de forns a elevada temperatura, generant òxid de calci (CaO) i CO<sub>2</sub>, seguint el procés descrit a l'equació (2):



A continuació s'afegeixen silicats al CaO (o calç viva) i es retira la mescla del forn perquè pugui refredar-se i, posteriorment, pugui ser polvoritzada. En aquesta operació s'afegeixen determinades quantitats de guix per formar el que es coneix com a ciment *portland*.

El factor d'emissió de 0,62 tones de CO<sub>2</sub> per tona de ciment produït s'ha obtingut mitjançant

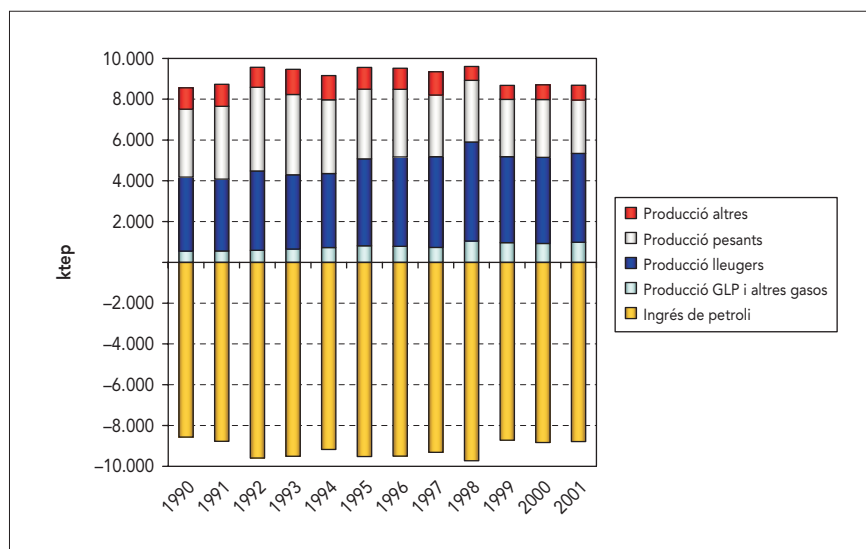


Figura A5.4. Refinament de petroli a Catalunya durant el període 1990-2001.  
Font: elaboració pròpia.

Producte	Contaminant	Dada de producció		Factor d'emissió	
		Període	Font	Valor	Unitat
Ciment	CO <sub>2</sub>	1990-2001	IDESCAT	0,62	t CO <sub>2</sub> t <sup>-1</sup> ciment produït
Calç viva	CO <sub>2</sub>	1990-2001	ANCADE (1)	0,79	t CO <sub>2</sub> t <sup>-1</sup> calç viva produïda

(1) ANCADE: Asociación Nacional de Fabricantes de Cales y Derivados de España.

Taula A5.3. Productes minerals, contaminants, fonts d'informació i factors d'emissió.  
Font: elaboració pròpia

l'expressió proposada per l'IPCC (IPCC, 1996), assumint que la fracció de calç és de 0,79.

#### A5.1.3.2. Indústria química

Dins d'aquest subsector es consideren les emissions atribuïdes a la fabricació d'amoniac, de CO<sub>2</sub>, d'àcid nítric, d'òxid nítrós (N<sub>2</sub>O), d'etilè i de metà (CH<sub>4</sub>). La figura A5.6 indica l'evolució d'aquests productes a Catalunya durant el període 1990-2001. Les dades de producció d'amoniac provenen dels anuaris de l'IDESCAT, les d'àcid nítric d'Ercros, i les de l'etilè de Repsol/Dow.

#### A5.1.3.3. Metal·lúrgia

Es consideren les emissions de CO<sub>2</sub> a causa de l'obtenció de ferro i/o acer. Les dades de producció dels anys 1995-2000 s'han obtingut dels anuaris de l'IDESCAT. Per als anys 1990-1994 es va assumir el valor de producció de l'any 1994. El valor de l'any 2001 es va estimar en base al registre de l'any 2000 amb una taxa de creixement igual a l'esperada per al PIB català (DICT, 2002). La figura A5.7 mostra l'evolució de la producció de ferro i/o acer en el període 1990-2001.

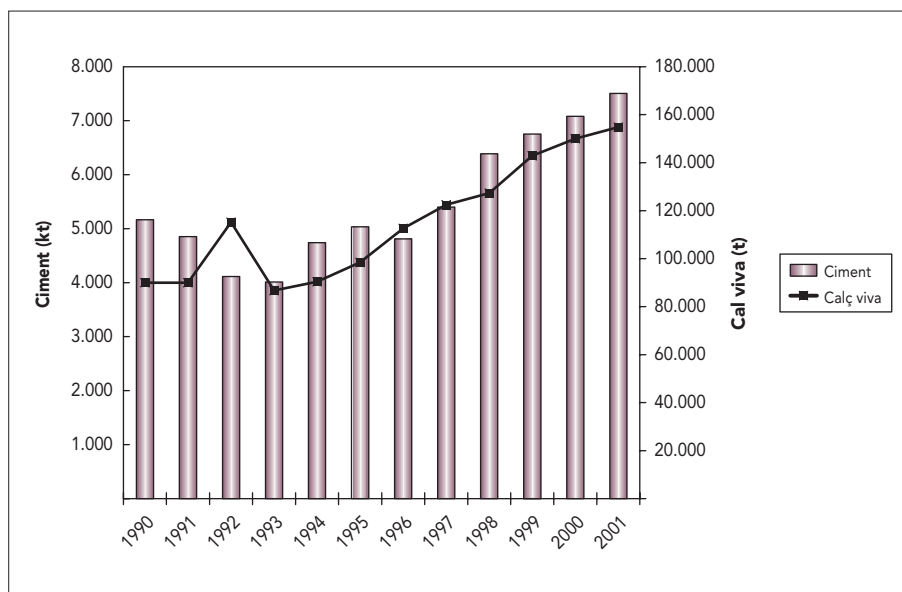


Figura A5.5. Producció de ciment portland i calç viva a Catalunya en el període 1990-2001.  
Font: elaboració pròpia.

Estimació de les emissions de gasos... José María Baldasano Recio, René Parra Narváez i Eugeni López Vaó

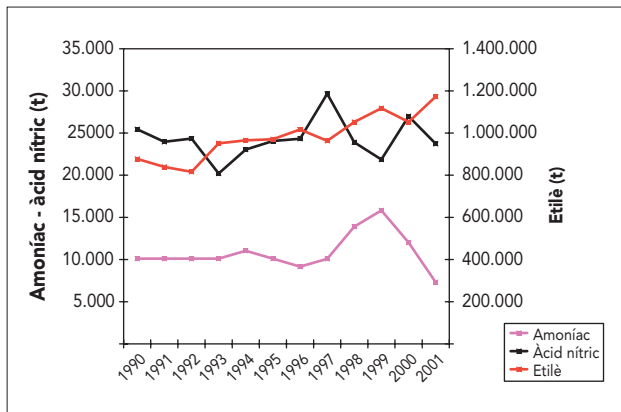


Figura A5.6. Producció d'amoníac, àcid nítric i etilè a Catalunya en el període 1990-2001. Font: IDESCAT i les empreses ERCROS, REPSOL i Dow Chemical.

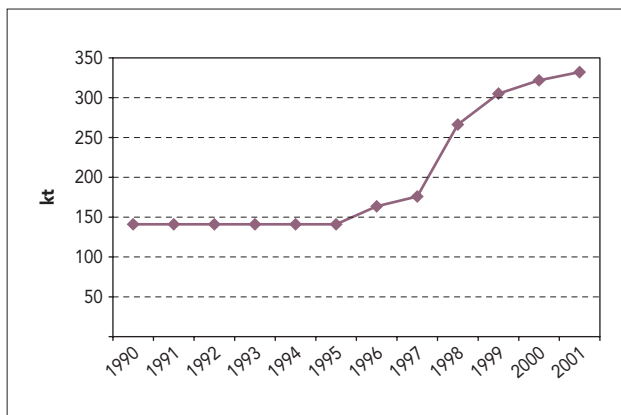


Figura A5.7. Evolució de la producció de ferro i acer a Catalunya en el període 1990-2001. Font: IDESCAT.

#### A5.1.3.4. Producció i consum d'halocarburs i hexafluorur de sofre

Aquesta categoria només inclou la producció i el consum d'heptafluorpropà (HFC227). El 90% de la producció està destinat a l'exportació, per la qual cosa es pot apuntar que el 10% restant està destinat al consum intern a Catalunya. També inclou les emissions atribuïbles directament a la producció (emissió de l'halocarbur durant el procés de manufactura), a emissions fugitives (distribució de l'halocarbur) i a l'alliberament directe per l'ús de l'halocarbur (el 10% de la producció).

#### A5.1.4. Ús de dissolvents i altres productes

Fins ara l'IPCC no ha proposat una metodologia específica per al càlcul de les emissions d'aquest sector. Sabent que aquest sector es refereix essencialment a la valoració de les emissions de compostos orgànics volàtils, es considera que no és prioritària la determinació de les seves emissions.

#### A5.1.5. Agricultura

Inclou els següents subsectors: 1) fermentació entèrica, 2) gestió de fems, 3) cultiu d'arròs i 4) sòls agrícoles.

##### A5.1.5.1. Fermentació entèrica i gestió de residus ramaders

La fermentació entèrica en el sistema digestiu dels animals herbívors, que es desenvolupa en condicions anaeròbiques, produeix metà ( $\text{CH}_4$ ). La descomposició dels fems en condicions anaeròbiques també produeix emissions de metà i d'òxid nítric ( $\text{N}_2\text{O}$ ). Les emissions d'òxid nítric s'estableixen a partir de l'estimació del nitrogen excretat ( $\text{N}_{\text{ex}}$ ) de cada mena de bestiar.

Les emissions de  $\text{CH}_4$  i de  $\text{N}_2\text{O}$  s'han estimat diferenciant l'aportació per tipus de bestiar segons les següents categories: boví lleter, boví no lleter, oví, cabrum, equí, mular, asiní, porcí i aus de corral.

La informació sobre l'evolució de la població ramadera a Catalunya durant el període 1990-2001 (figura A5.8) s'ha obtingut a partir dels censos agraris de Catalunya dels anys 1989, 1993 i 1999, complementats amb els anuaris de l'IDESCAT. Per a l'any 2001 s'ha assumit el valor de l'any 2000. Els valors de  $\text{N}_{\text{ex}}$  es distribueixen segons diferents sistemes de gestió d'abocament dels residus animals, aplicant els percentatges recomanats per als països d'Europa Occidental



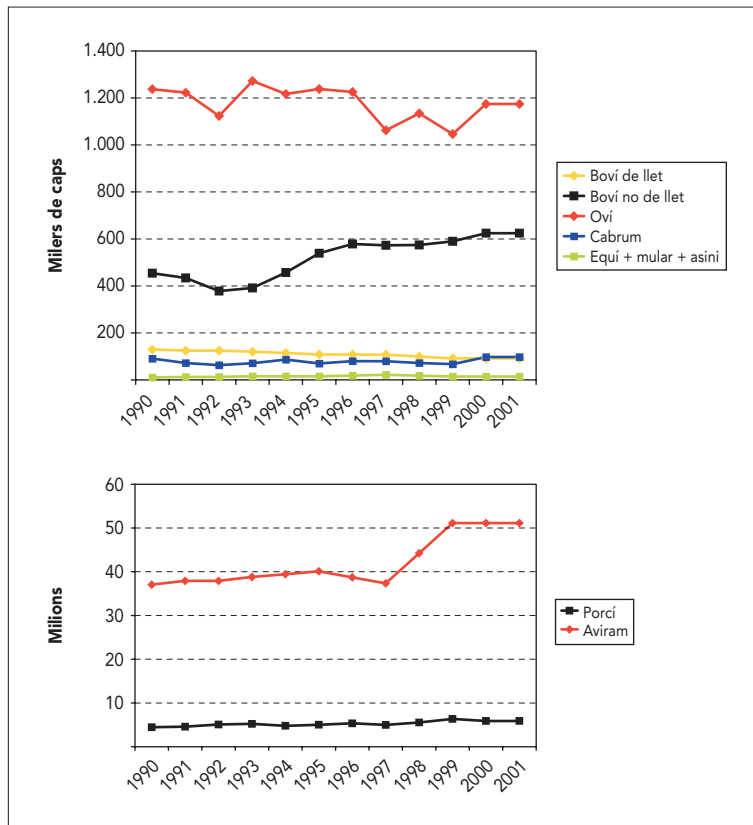


Figura A5.8. Evolució de la població de bestiar boví, oví, cabrum, equí, mular i asini, porcí i aviram a Catalunya en el període 1990-2001.  
 Font: Elaboració pròpia.

(IPCC, 1996). Per a cada sistema de gestió, les emissions de N<sub>2</sub>O s'estimen mitjançant l'aplicació dels factors d'emissió que recomana l'IPCC.

**A5.1.5.2. Cultiu d'arròs**

La descomposició anaeròbia de la matèria orgànica existent en cultius d'arròs inundats produeix CH<sub>4</sub>, que finalment s'emeta a l'atmosfera. Per a l'estimació d'aquestes emissions s'ha utilitzat un factor d'emissió de 20 g CH<sub>4</sub> m<sup>-2</sup> de sòl dedicat al cultiu d'arròs (IPCC, 1996). La informació de l'àrea de cultiu s'ha obtingut dels anuaris estadístics de l'IDESCAT. Per a l'any 2001 s'ha assumit el valor de l'any 2000. La figura A5.9 mostra l'evolució de la superfície dedicada a aquest tipus de cultiu entre els anys 1990 i 2001.

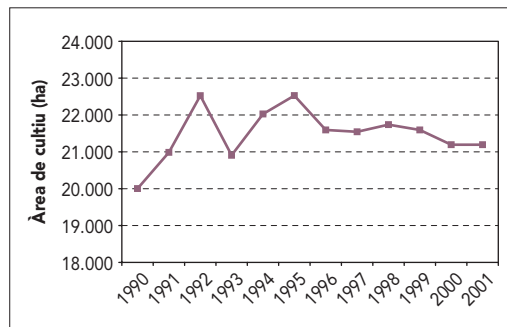


Figura A5.9. Evolució de la superfície dedicada al conreu d'arròs entre els anys 1990 i 2001.  
 Font: IDESCAT.

Estimació de les emissions de gasos... José María Baldasano Recio, René Parra Narváez i Eugeni López Vañó

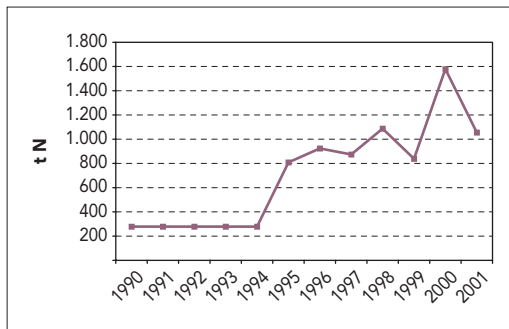


Figura A5.10. Producció d'abonament nitrogenat en el període 1990-2001.

Font: elaboració pròpia a partir de dades pròpies i de l'IDESCAT.

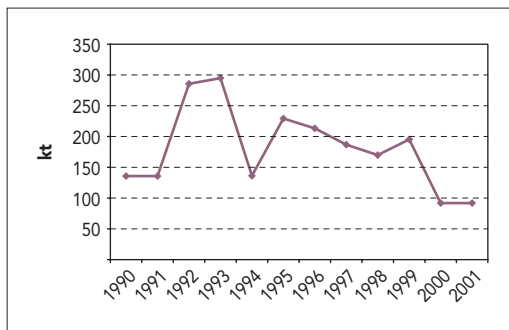


Figura A5.11. Producció de llegums secs i soja en el període 1990-2001.

Font: IDESCAT.

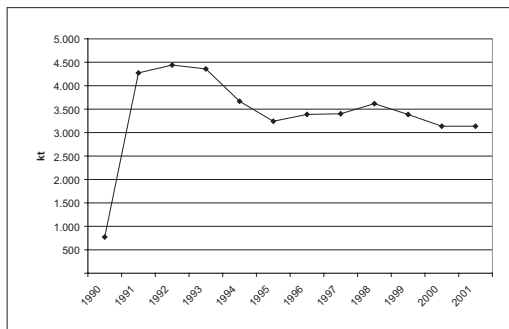


Figura A5.12. Producció d'altres cultius de secà en el període 1990-2001.

Font: IDESCAT.

### A5.1.5.3. Sòls agrícoles

L'IPCC considera les emissions de  $N_2O$ , segons les següents tres components:

- Emissions directes de  $N_2O$  des de sòls agrícoles
- Emissions directes a causa de les activitats ramaderes
- Emissions indirectes relacionades amb l'ús de nitrogen en les activitats agrícoles.

Prèviament, es necessita disposar de la següent informació de base:

- Quantitat total de fertilitzant sintètic utilitzat anualment
- Població de caps de bestiar
- Producció anual de llegums de secà i de soja
- Producció d'altres cultius de secà.

Encara que l'IPCC considera un cinquè component relacionat amb el cultiu de sòls orgànics (*histosols*), d'acord amb el mapa de cobertura d'aquesta tipologia de sòl que presenta l'Organització de les Nacions Unides per a l'Agricultura i l'Alimentació (FAO) en la seva pàgina d'internet (<http://www.fao.org>, juny de 2003), la presència d'aquest tipus de sòl a Catalunya és molt poc rellevant.

Respecte al fertilitzant sintètic, la informació de producció per al període 1994-2001 s'ha obtingut dels anuaris de l'IDESCAT. Per als anys 1990-1993 es va assumir el valor de l'any 1994. S'assumeix que la quantitat de fertilitzant nitrogenat produït és igual a la quantitat de fertilitzant utilitzat. La figura A5.10 mostra l'evolució de la producció d'abonament nitrogenat a Catalunya.

La producció de llegums de secà i soja fins a l'any 2000 s'ha obtingut dels anuaris de l'IDESCAT. Segons el que s'ha indicat a la figura A5.11 fins a l'any 2000 no presenten un comportament definit. Per això s'ha assumit pel període 2001 la producció de l'any 2000.

De la mateixa manera, i respecte a la producció d'altres cultius de secà (blat, civada, alfals, ametlla, avellana, oliva), les dades de producció per als anys 1990-2000 s'han obtingut de l'IDESCAT. Per a l'any 2001 s'assumeix el valor de l'any 2000 (veure la figura A5.12).

El procés de càlcul presenta alguna complexitat i es troba descrit completament en les guies de l'IPCC (IPCC, 1996).

#### A5.1.6. Canvis d'usos del sòl i activitats forestals

A Catalunya, dins d'aquest sector es considera l'emissió i la fixació de CO<sub>2</sub> a causa dels canvis anuals de l'estoc de boscos i biomassa fustera. La figura A5.13 mostra l'àrea coberta amb boscos poblats per espècies frondoses o planifòlies, resinoses o coníferes i mixtes, categories que són considerades en els anuaris estadístics de l'IDESCAT per als anys 1989 i 1999. A partir d'aquestes dades s'han estimat les cobertures per als anys 1990-1998 mitjançant interpolació lineal. Per als anys 2000 i 2001 s'ha assumit el valor de l'any 1999.

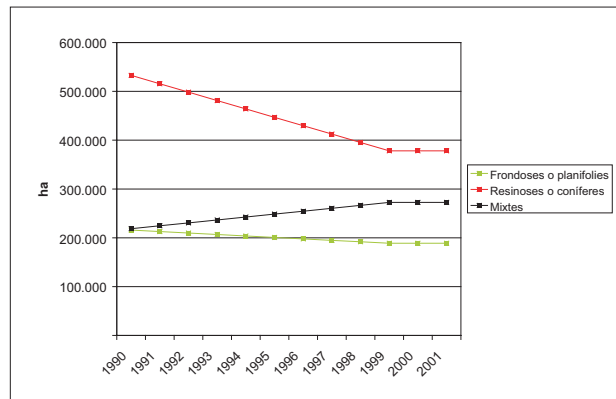


Figura A5.13. Cobertura de boscos a Catalunya en el període 1990-2001.

Font: elaboració pròpia.

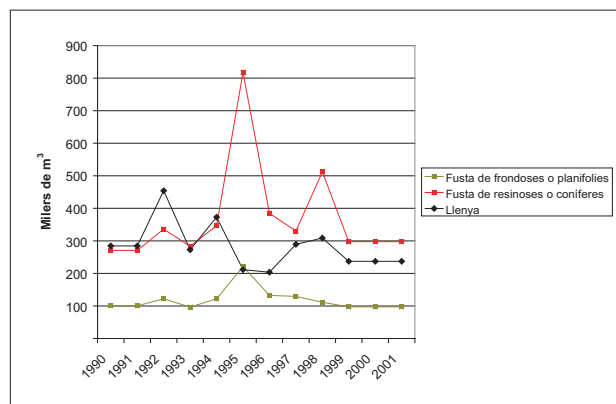


Figura A5.14. Explotació de fusta dels boscos de frondoses o planifòlies, boscos de resinoses o coníferes i de llenya a Catalunya durant el període 1990-2001.

Font: elaboració pròpia.

Les taxes mitjanes de creixement anual d'aquestes tres categories de boscos van ser estimades a partir de les taxes anuals de creixement mitjà de les espècies vegetals més importants, establertes a l'*Inventari Ecològic i Forestal de Catalunya* (CREAF 2000a, 2000b, 2000c, 2001a, 2001b, 2002a, 2002b)

Les dades d'extracció de fusta per al període 1990-1999 dels boscos de resinoses o coníferes i dels boscos de frondoses o planifòlies s'han obtingut dels anuaris de l'IDESCAT. S'ha considerat també la producció de llenya (suposant que prové dels boscos de resinoses o coníferes), així com la producció de suro (suposant que prové

de l'aprofitament dels boscos de frondoses o planifòlies). Per als anys 2000 i 2001 s'ha assumit el valor de l'any 1999.

La figura A5.13 mostra l'evolució de la cobertura dels boscos per al període 1990-2001, segons la categorització abans indicada, en la que s'observa una disminució dels boscos de resinoses o coníferes i dels boscos de frondoses o planifòlies, i un increment en la cobertura dels boscos mixtos. La figura A5.14 mostra l'evolució en l'explotació de fusta que prové dels boscos de frondoses o planifòlies, dels boscos de resinoses o coníferes i llenyoses.

Estimació de les emissions de gasos... José María Baldasano Recio, René Parra Narváez i Eugeni López Vañó

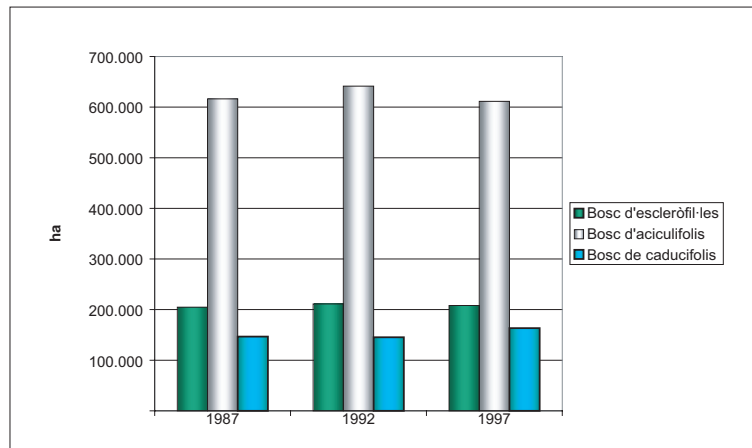


Figura A5.15. Cobertura dels boscos d'escleròfil·les, aciculifolis i caducifolis els anys 1987, 1992 i 1997 a Catalunya.

Font: elaboració pròpia.

Per a corroborar aquestes tendències, addicionalment es va processar la informació sobre la cobertura dels usos del sòl dels mapes digitals dels anys 1987, 1992 i 1997 del Departament de Medi Ambient i Habitatge (<http://mediambient.gencat.net>, setembre de 2004). Comparant els valors dels anys 1992 i 1997 per al bosc de coníferes, s'observa un descens en la cobertura de 641.392 a 611.390 ha, valors coherents amb la tendència obtinguda de les dades estadístiques, encara que els valors no siguin exactament iguals.

La cobertura dels boscos d'escleròfil·les i caducifòlies dels mapes digitals dels anys 1992 i 1997 s'incrementa fins a 356.708 i 371.359 ha, respectivament. Assumint que aquests usos del sòl estan relacionats amb les dades estadístiques que corresponen als boscos de frondoses o planifòlies i boscos mixtos, també són coherents en la seva tendència ja que les cobertures d'aquests últims estadísticament foren de 440.411 ha (any 1992) i 455.320 ha (any 1997), respectivament. La figura A5.15 presenta les cobertures dels boscos dels anys 1987, 1992 i 1997 obtingudes dels mapes digitals d'usos del sòl del Departament de Medi Ambient i Habitatge. No obstant això,

l'IPCC reconeix un grau elevat d'incertesa en la valoració de les emissions (fixació de CO<sub>2</sub>) atribuïda a les activitats forestals.

#### A5.1.7. Residus

L'IPCC només considera els dos subsectors següents en l'àmbit dels residus: 1) l'abocament de residus sòlids (dipòsits controlats) i 2) la gestió de les aigües residuals urbanes. Cal remarcar que les emissions relacionades amb l'aprofitament energètic dels residus estan considerades en el sector energètic.

##### A5.1.7.1. Disposició de residus sòlids al sòl

La disposició de residus sòlids en dipòsits controlats implica l'estabilització anaeròbia de la matèria orgànica. En aquestes condicions es produeix biogàs, que està compost per diòxid de carboni i metà, que pot ser emès directament cap a l'atmosfera, o bé cremat en torxes, o recol·lectat per al seu posterior aprofitament energètic.

La informació sobre la disposició anual en dipòsits controlats dels residus sòlids, que es presenta a la figura A5.16, s'ha obtingut dels anuaris de l'IDECAT.

La formació i emissió de metà es produeix durant un període llarg d'anys. No obstant això, la metodologia IPCC suposa que tot el metà es produeix i s'emeta en el mateix any de la seva disposició en dipòsit controlat, a fi d'obtenir inventaris comparables.

Un paràmetre necessari per al càlcul de les emissions de metà és el percentatge de *carboni orgànic degradable* (DOC) contingut en els residus. Aquesta fracció s'ha estimat utilitzant l'equació (3) (IPCC, 1996):

$$DOC = 0,4(A) + 0,17(B) + 0,15(C) + 0,30(D) \quad (3)$$

Essent:

DOC: percentatge de carboni orgànic biodegradable

A: percentatge de paper i tèxtils

B: percentatge de residus de jardí i altres orgànics biodegradables que no siguin d'aliments

C: percentatge que correspon a restes d'aliments

D: percentatge que correspon a restes de fusta o palla

Els valors de DOC s'han obtingut pels anys 1997, 1999 i 2001 aplicant els respectius percentatges als que fa referència l'equació (3). La principal font d'informació ha estat el *Programa Metropolità de Gestió de Residus Municipals* (AMB, 2000). A partir d'aquestes dades, s'han interpolat i extrapolat els valors de DOC per als anys restants del període 1990-2000. S'assumeix una fracció igual

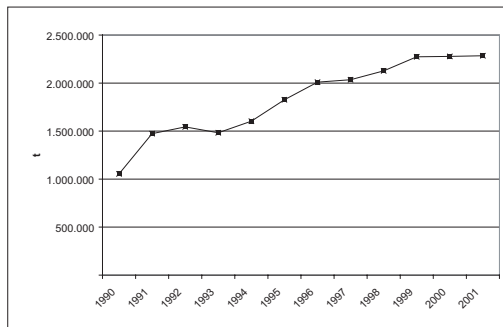


Figura A5.16. Disposició de residus sòlids en dipòsits controlats durant el període 1990-2001.

Font: elaboració pròpia.

a 0,77 per estimar la quantitat de DOC que efectivament es degrada i d'aquest últim valor s'ha considerat que el 50% passa a ser metà.

Per a l'obtenció final de les emissions cal restar la quantitat anual de metà recuperada. La taula A5.4 representa aquestes quantitats, que han estat estimades en base a la quantificació presentada per Cerdà (2003) sobre el volum total de biogàs aprofitable en aquests abocadors.

#### A5.1.7.2. Gestió d'aigües residuals urbanes

Com que la contribució emissora d'aquest subsector és molt baixa, no es descriu amb detall el seu tractament, tot i que ha estat considerat en la valoració de les emissions.

#### A5.2. Emissions de gasos amb efecte d'hivernacle a Catalunya

Per tal d'analitzar en conjunt les emissions de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> i N<sub>2</sub>O, es calculen les emissions en unitats de CO<sub>2</sub> equivalent, considerant que el

Any	Vacarisses	Sta. Maria de Palautordera	Hostalets de Pierola	Pedret i Marzà	Total
2000	4,2	5,7	3,2	1,2	14,3
2001	4,2	5,7	3,2	1,2	14,3

Taula A5.4. Volum de metà recuperat en dipòsits controlats durant el període 2000-2001 (milions Nm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub> a<sup>-1</sup>)

Font: elaboració pròpia.

Estimació de les emissions de gasos... José María Baldasano Recio, René Parra Narváez i Eugeni López Vañó

CH<sub>4</sub> i el N<sub>2</sub>O tenen un potencial d'escalfament global (*Global Warming Potential*) de 23 i 296 vegades el del CO<sub>2</sub>, respectivament, (IPCC, 2001), durant un període de 100 anys. La taula A5.5 i la figura A5.17 mostren els valors anuals de les emissions obtingudes. Les emissions d'altres gasos amb efecte d'hivernacle tenen poca importància en aquesta valoració.

A la figura A5.17 s'observa un comportament creixent de les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle. Prenent com a referència l'any 1990 (36.332 Gg CO<sub>2</sub> equivalent), les emissions del 2001 (57.337 Gg CO<sub>2</sub> equivalent) són un 57,8% superiors. En terme mitjà, l'aportació percentual del CO<sub>2</sub> durant el període 1990-2001 fou del 78%, del 15% per al CH<sub>4</sub> i del 7% per al N<sub>2</sub>O. Amb aquests valors s'obté una generació per càpita pel 1990 de 6,0 t CO<sub>2</sub> equivalent, que s'incrementa a 9,0 tCO<sub>2</sub> equivalent durant el 2001.

La taula A5.6, la taula A5.7 i la figura A5.18 mostren les emissions de CO<sub>2</sub> equivalent distribuïdes per sectors. S'aprecia que el component relacionat amb les activitats forestals constitueix un embornal (valors negatius de les emissions). De l'anàlisi d'aquestes dades es dedueix que de mitjana i respecte a les emissions netes de CO<sub>2</sub> equivalent, la participació del sector energètic és del 72%, el sector agrícola aporta el 12% i els sectors industrials i de residus el 8% cadascun.

De la figura A5.18 es dedueix clarament que l'increment de les emissions correspon majoritàriament al comportament creixent del consum energètic. La taula A5.8, la taula A5.9 i la figura A5.19 mostren la composició de les emissions atribuïdes al consum energètic de combustibles fòssils per subsectors. L'any 1990 les emissions van augmentar a 26.946 Gg CO<sub>2</sub> equivalent i el 2001 es comptabilitzen 42.138 Gg CO<sub>2</sub> equivalent (increment d'un 56,4%).

Any	CO <sub>2</sub>		CH <sub>4</sub>		N <sub>2</sub> O		Total		Variació respecte l'any 1990 (%)
	Valor	%	Valor	%	Valor	%	Valor	%	
1990	28.894	79,5	4.846	13,3	2.592	7,1	36.332	100	
1991	29.175	77,1	5.726	15,1	2.916	7,7	37.817	100	4,1
1992	29.665	77,0	5.867	15,2	3.015	7,8	38.547	100	6,1
1993	28.795	76,3	5.845	15,5	3.105	8,2	37.745	100	3,9
1994	31.429	77,8	6.055	15,0	2.919	7,2	40.403	100	11,2
1995	33.468	77,5	6.637	15,4	3.075	7,1	43.180	100	18,8
1996	34.232	76,9	7.119	16,0	3.184	7,2	44.535	100	22,6
1997	36.977	78,1	7.162	15,1	3.223	6,8	47.362	100	30,4
1998	40.836	78,9	7.528	14,5	3.383	6,5	51.747	100	42,4
1999	42.759	78,5	8.114	14,9	3.579	6,6	54.452	100	49,9
2000	43.973	79,4	7.859	14,2	3.572	6,4	55.404	100	52,5
2001	45.958	80,2	7.871	13,7	3.508	6,1	57.337	100	57,8

Taula A5.5. Emissions de gasos amb efecte d'hivernacle a Catalunya en el període 1990-2001 (Gg CO<sub>2</sub> equivalent)

Font: elaboració pròpia.

## El canvi climàtic a Catalunya Estimació de les emissions de gasos...

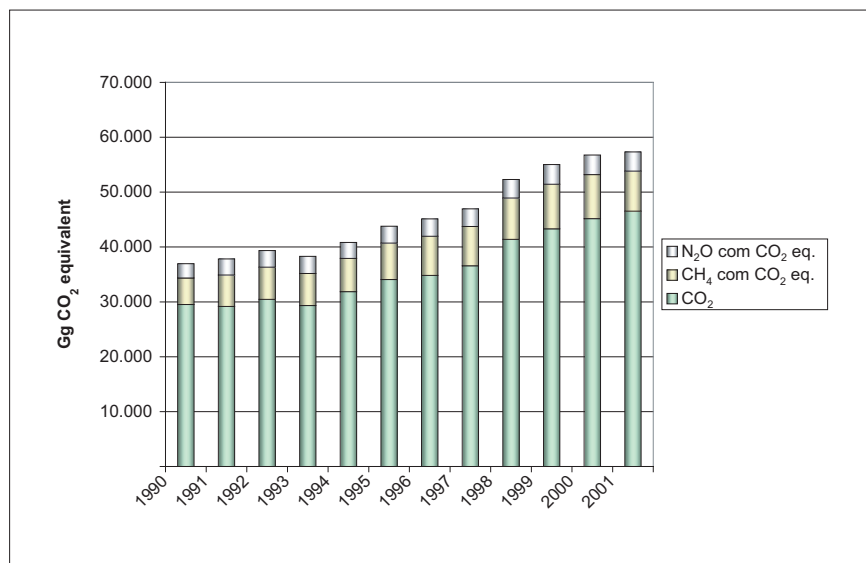


Figura A5.17. Emissions de gasos amb efecte d'hivernacle a Catalunya en el període 1990-2001.  
Font: elaboració pròpia.

Any	Energia (Sectorial approach)	Processos industrialis	Agricultura	Canvi d'usos del sòl i activitats forestals	Residus	Total	Variació respecte l'any 1990 (%)
1990	26.946	3.592	4.643	-1.253	2.404	36.332	
1991	27.435	3.395	4.936	-1.221	3.272	37.817	4,1
1992	27.914	2.956	5.050	-840	3.465	38.547	6,1
1993	27.453	2.864	5.211	-1.163	3.380	37.745	3,9
1994	29.370	3.327	4.994	-891	3.603	40.403	11,2
1995	30.903	3.517	5.314	-586	4.033	43.180	18,8
1996	32.237	3.426	5.524	-1.052	4.399	44.535	22,6
1997	34.662	3.828	5.304	-930	4.498	47.362	30,4
1998	37.501	4.586	5.556	-687	4.792	51.747	42,4
1999	39.455	4.887	5.900	-1.013	5.224	54.452	49,9
2000	40.490	5.127	5.799	-1.013	5.001	55.404	52,5
2001	42.138	5.399	5.794	-1.013	5.019	57.337	57,8

Taula A5.6. Aportació sectorial de les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle a Catalunya en el període 1990-2001 (Gg CO<sub>2</sub> equivalent)  
Font: elaboració pròpia.

Estimació de les emissions de gasos... José María Baldasano Recio, René Parra Narváez i Eugeni López Vañó

Any	Energia (Sectorial approach)	Processos industrials	Agricultura	Canvi d'usos del sòl i activitats forestals	Residus	Total
1990	74,2	9,9	12,8	-3,4	6,6	100
1991	72,5	9,0	13,1	-3,2	8,7	100
1992	72,4	7,7	13,1	-2,2	9,0	100
1993	72,7	7,6	13,8	-3,1	9,0	100
1994	72,7	8,2	12,4	-2,2	8,9	100
1995	71,6	8,1	12,3	-1,4	9,3	100
1996	72,4	7,7	12,4	-2,4	9,9	100
1997	73,2	8,1	11,2	-2,0	9,5	100
1998	72,5	8,9	10,7	-1,3	9,3	100
1999	72,5	9,0	10,8	-1,9	9,6	100
2000	73,1	9,3	10,5	-1,8	9,0	100
2001	73,5	9,4	10,1	-1,8	8,8	100

Taula A5.7. Aportació sectorial de les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle a Catalunya en el període 1990-2001, en percentatge.  
Font: elaboració pròpia.

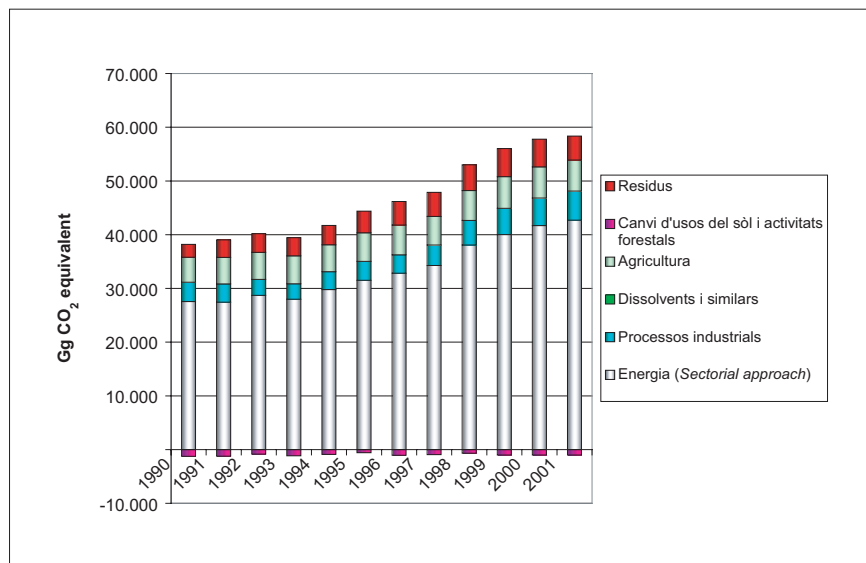


Figura A5.18. Aportació sectorial de les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle a Catalunya en el període 1990-2001.  
Font: elaboració pròpia.



## El canvi climàtic a Catalunya Estimació de les emissions de gasos...

Any	Transformació a energia elèctrica	Indústria	Transport	Primari + domèstic + serveis	Total	Variació respecte l'any 1990 (%)
1990	4.266	9.240	9.796	3.645	26.946	-
1991	4.107	8.899	10.396	4.033	27.435	1,8
1992	4.460	9.120	10.324	4.010	27.914	3,6
1993	3.751	9.097	10.419	4.185	27.453	1,9
1994	3.655	10.417	11.180	4.118	29.370	9,0
1995	3.970	10.704	12.076	4.153	30.903	14,7
1996	4.116	11.528	11.805	4.788	32.237	19,6
1997	4.062	12.310	13.659	4.631	34.662	28,6
1998	5.189	12.699	14.678	4.934	37.501	39,2
1999	5.517	13.266	15.450	5.223	39.455	46,4
2000	5.493	13.730	15.793	5.474	40.490	50,3
2001	5.895	13.931	16.633	5.678	42.138	56,4

Taula A5.8. Contribució a les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle atribuïble al consum de combustibles fòssils a Catalunya en el període 1990-2001, per subsectors (Gg CO<sub>2</sub> equivalent).

Font: elaboració pròpia.

Any	Transformació a energia elèctrica	Indústria	Transport	Primari + domèstic + serveis	Total
1990	15,8	34,3	36,4	13,5	100
1991	15,0	32,4	37,9	14,7	100
1992	16,0	32,7	37,0	14,4	100
1993	13,7	33,1	38,0	15,2	100
1994	12,4	35,5	38,1	14,0	100
1995	12,8	34,6	39,1	13,4	100
1996	12,8	35,8	36,6	14,9	100
1997	11,7	35,5	39,4	13,4	100
1998	13,8	33,9	39,1	13,2	100
1999	14,0	33,6	39,2	13,2	100
2000	13,6	33,9	39,0	13,5	100
2001	14,0	33,1	39,5	13,5	100

Taula A5.9. Contribució a les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle a causa del consum energètic de combustibles fòssils a Catalunya en el període 1990-2001, per subsectors, en percentatge.

Font: elaboració pròpia.

Estimació de les emissions de gasos... José María Baldasano Recio, René Parra Narváez i Eugeni López Vañó

Cal remarcar de nou que, segons els requeriments de l'IPCC, el consum energètic per a la generació d'electricitat en centrals d'autoproducció es comptabilitza en el sector industrial.

A la taula A5.9 s'observa que els percentatges de les emissions del subsector de transformació a energia elèctrica varien entre l'11,7 i el 16%, del subsector industrial entre el 32,4 i el 35,8%, del subsector transport entre el 36,4 i el 39,5% i, pel que fa als altres subsectors (primari + domèstic + serveis) varia entre el 13,2 i el 15,2%.

La taula A5.10, la A5.11 i la figura A5.21 mostren la composició de les emissions a causa de les activitats industrials per subsectors. Cal recordar que aquests valors fan referència a les emissions atribuïdes al procés industrial, ja que les emissions amb relació al consum de combustibles fòssils en les indústries ja s'han comptabilitzat en l'apartat d'energia. L'any 1990 les emissions van augmentar a 3.592 Gg CO<sub>2</sub> equivalent i l'any 2001 es comptabilitzen 5.399 Gg CO<sub>2</sub> (increment d'un 50,3%)

La taula A5.11 permet observar que els percentatges de les emissions del subsector de productes minerals varia entre el 88,0 i el 91,2%; del subsector de la indústria química entre l'1,7 i el 3,0% i, pel que fa al subsector metal·lúrgic, entre el 6,3 i el 10,0%. En el cas dels productes minerals, un percentatge per sobre del 98% s'atribueix a les emissions produïdes en la fabricació de ciment.

En aquest sentit, és important remarcar l'increment del sòl dedicat a les urbanitzacions i vies urbanes que ha experimentat Catalunya en els últims anys, com mostra la figura A5.22. S'hi presenta la variació de les cobertures de determinats usos del sòl obtingudes a partir dels mapes digitals del Departament de Medi Ambient pels anys 1987, 1992 i 1997. Aquest aspecte es pot relacionar amb una elevada activitat en la construcció d'obres civils i d'habitatges, que al seu torn implica un consum important de ciment.

Les taules A5.12 i A5.13, així com la figura A5.23, mostren la composició de les emissions

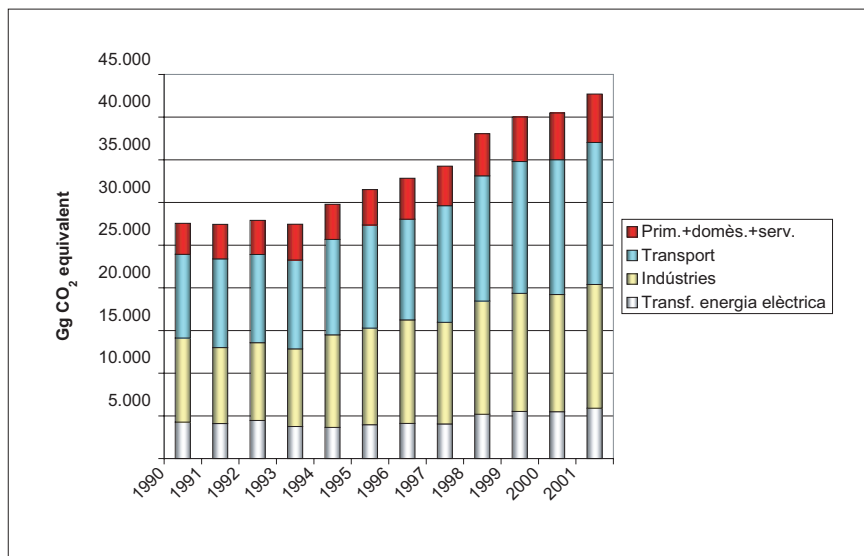


Figura A5.19. Contribució a les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle a causa del consum energètic de combustibles a Catalunya en el període 1990-2001, per subsectors.

Font: elaboració pròpia.

Any	Productes minerals	Indústria química	Metal·lúrgia	Total	Variació respecte l'any 1990 (%)
1990	3.274	92	226	3.592	
1991	3.082	88	226	3.395	-5,5
1992	2.643	88	226	2.956	-17,7
1993	2.556	82	226	2.864	-20,3
1994	3.011	90	226	3.327	-7,4
1995	3.200	91	226	3.517	-2,1
1996	3.073	91	262	3.426	-4,6
1997	3.444	103	281	3.828	6,6
1998	4.062	98	426	4.586	27,7
1999	4.301	98	488	4.887	36,1
2000	4.510	102	515	5.127	42,8
2001	4.777	91	531	5.399	50,3

Taula A5.10. Aportació per subsectors de les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle atribuïdes als processos industrials a Catalunya en el període 1990-2001 (Gg CO<sub>2</sub> equivalent).

Font: elaboració pròpia.

atribuïdes a les activitats agrícoles, per subsectors. Les emissions de l'any 1990 van ascendir a 4.643 Gg CO<sub>2</sub> equivalent, mentre que l'any 2001 es comptabilitzen 5.794 Gg CO<sub>2</sub> (amb un increment del 24,8%).

A la taula A5.13 s'observa que els percentatges de les emissions del subsector fermentació entèrica varien entre el 21,8 i el 25,7%, del subsector de gestió de fems entre el 26,9 i el 29,7%, del subsector cultius d'arròs entre l'1,7 i el 2,1% i, pel que fa al subsector de sòls agrícoles, entre el 44,1 i el 48,7%.

### A5.3. Discussió dels resultats

L'inventari d'emissions de gasos amb efecte d'hivernacle presentat en aquest document correspon a aquells que són utilitzats principalment en la planificació i la gestió de la política ambiental, els quals es caracteritzen normalment per presentar valors passats, actuals i futurs de les emissions amb les següents característiques:

Any	Productes minerals	Indústria química	Metal·lúrgia	Total
1990	91,2	2,6	6,3	100
1991	90,8	2,6	6,6	100
1992	89,4	3,0	7,6	100
1993	89,3	2,9	7,9	100
1994	90,5	2,7	6,8	100
1995	91,0	2,6	6,4	100
1996	89,7	2,7	7,6	100
1997	90,0	2,7	7,4	100
1998	88,6	2,1	9,3	100
1999	88,0	2,0	10,0	100
2000	88,0	2,0	10,0	100
2001	88,5	1,7	9,8	100

Taula A5.11. Aportació per subsectors de les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle atribuïdes als processos industrials a Catalunya durant el període 1990-2001, en percentatge.

Font: elaboració pròpia.

Estimació de les emissions de gasos... José María Baldasano Recio, René Parra Narváez i Eugeni López Vañó

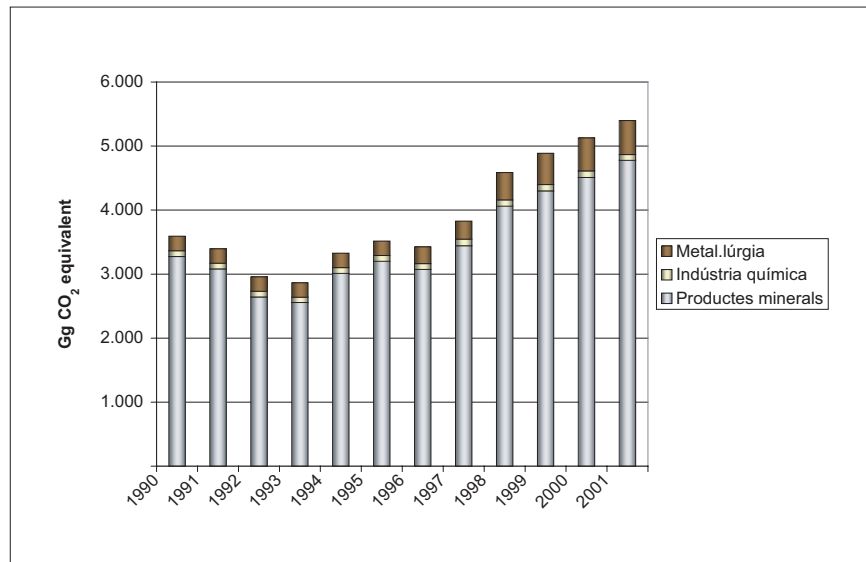


Figura A5.20. Aportació per subsectors de les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle atribuïdes als processos industrials a Catalunya en el període 1990-2001.

Font: elaboració pròpia.

- Període anual de resultats
- Àmbit geogràfic de referència amb relació als límits administratius del país o de la regió
- Ús d'un esquema metodològic amb organització definida
- Presentació de resultats segons formats definits

Es tracta, per tant, d'inventaris diferents dels que s'utilitzen a nivell científic, que necessiten conèixer els valors reals de les emissions amb una elevada resolució espacial / temporal i treballen amb una malla georeferenciada.

Tenint en compte la rellevància de la informació que proporcionen els inventaris d'emissió nacionals dins dels objectius de la CMNUCC i del Protocol de Kyoto, queda plenament justificat el desenvolupament de les millors estimacions possibles de les emissions. No obstant això, a la pràctica la manca parcial o total de la informació de les activitats d'emissió acostuma a ser el factor limitant més important.

En l'aspecte tècnic es pot afirmar que l'actual esquema metodològic de l'IPCC és bo, tot i que encara existeixen algunes llacunes metodològiques o aspectes tècnics per resoldre i, en aquest sentit, l'inventari d'emissions com el presentat es basa en algunes assumpcions teòriques com per exemple no incloure les emissions d'incendis forestals, i suposar que les emissions de CH<sub>4</sub> dels abocadors controlats es produeixen completament i en el mateix any en què es dipositen a l'abocador els residus que les causen.

S'ha de remarcar de forma especial la dificultat i el cost temporal que ha implicat la recollida de la informació de determinats sectors, especialment l'industrial, forestal i de residus. Aquest fet ha implicat que la manera d'abordar les estimacions s'hagi decidit en funció de la informació efectivament disponible o que s'hagi preferit no incloure en el cas de Catalunya determinats sectors la informació dels quals s'ha considerat incompleta o de dubtosa qualitat.

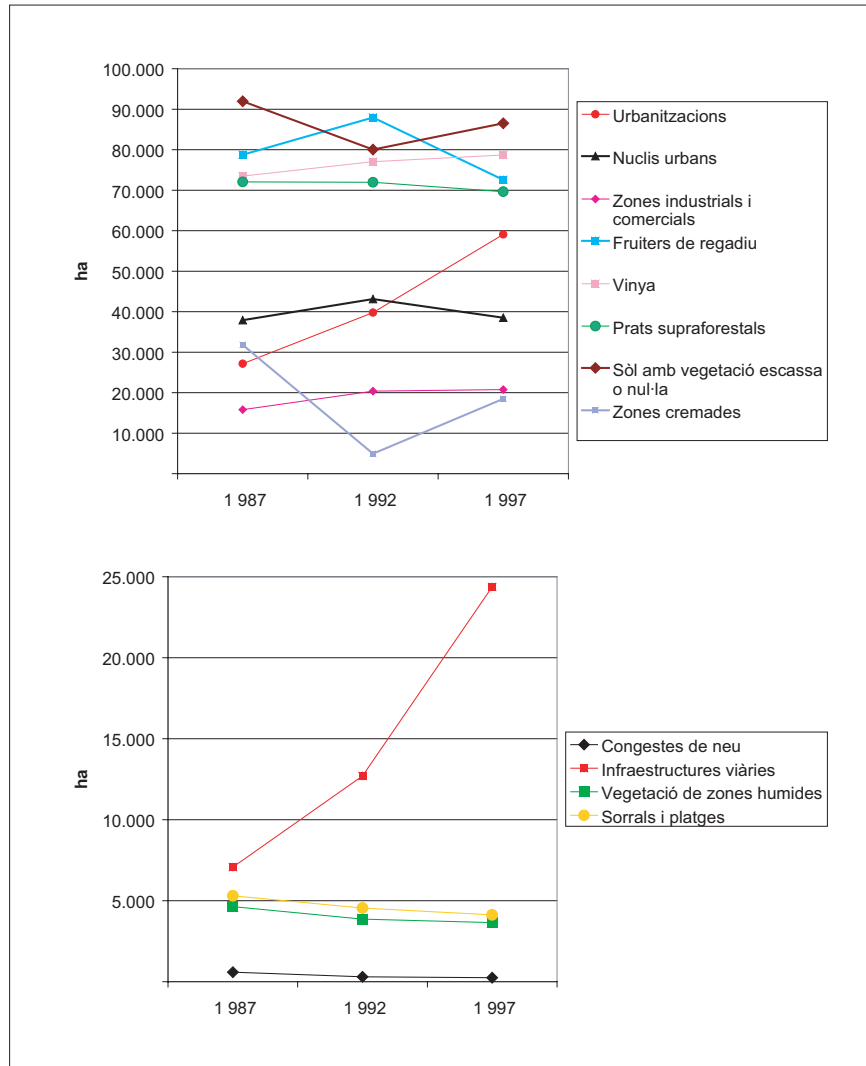


Figura A5.21. Variació de la cobertura de categories d'usos del sòl a Catalunya en els anys 1987, 1992 i 1997. Font: elaboració pròpia.

En el cas de Catalunya, d'acord amb els resultats obtinguts, el consum de combustibles fòssils constitueix la font més important d'emissió de gasos amb efecte d'hivernacle, ja que origina aproximadament el 72% de les emissions (de les quals un 38% correspon al sector transport, un 35% al consum en indústries i el 14% a la generació d'energia elèctrica). L'estimació de les seves emissions és de bona qualitat (basant-se en

la solvència de la informació estadística del consum de combustibles i a la informació de base utilitzada en el *Pla de l'energia a Catalunya en l'horitzó de l'any 2010*) en comparació amb altres sectors com l'agrícola, el forestal o el propi sector industrial.

Altra vegada cal remarcar que els balanços emprats en aquesta valoració no presenten, en sen-

Estimació de les emissions de gasos... José María Baldasano Recio, René Parra Narváez i Eugeni López Vañó

Any	Fermentació entèrica	Gestió de fems	Cultius d'arròs	Sòls agrícoles	Total	Variació respecte l'any 1990 (%)
1990	1.195	1.310	92	2.045	4.643	
1991	1.163	1.325	97	2.351	4.936	6,3
1992	1.099	1.405	104	2.443	5.050	8,8
1993	1.138	1.441	96	2.536	5.211	12,2
1994	1.162	1.366	101	2.364	4.994	7,6
1995	1.265	1.448	104	2.498	5.314	14,5
1996	1.319	1.520	99	2.585	5.524	19,0
1997	1.270	1.459	99	2.476	5.304	14,2
1998	1.285	1.569	100	2.602	5.556	19,7
1999	1.304	1.753	99	2.743	5.900	27,1
2000	1.344	1.671	97	2.687	5.799	24,9
2001	1.344	1.671	97	2.682	5.794	24,8

Taula A5.12. Aportació per subsectors de les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle atribuïdes a les activitats agrícoles a Catalunya en el període 1990-2001 (Gg CO<sub>2</sub> equivalent).  
Font: elaboració pròpia.

Any	Fermentació entèrica	Gestió de fems	Cultius d'arròs	Sòls agrícoles	Total
1990	25,7	28,2	2,0	44,1	100
1991	23,6	26,9	2,0	47,6	100
1992	21,8	27,8	2,1	48,4	100
1993	21,8	27,7	1,8	48,7	100
1994	23,3	27,4	2,0	47,3	100
1995	23,8	27,2	1,9	47,0	100
1996	23,9	27,5	1,8	46,8	100
1997	23,9	27,5	1,9	46,7	100
1998	23,1	28,2	1,8	46,8	100
1999	22,1	29,7	1,7	46,5	100
2000	23,2	28,8	1,7	46,3	100
2001	23,2	28,8	1,7	46,3	100

Taula A5.13. Aportació per subsectors de les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle atribuïdes a les activitats agrícoles a Catalunya en el període 1990-2001, en percentatge.  
Font: elaboració pròpia.

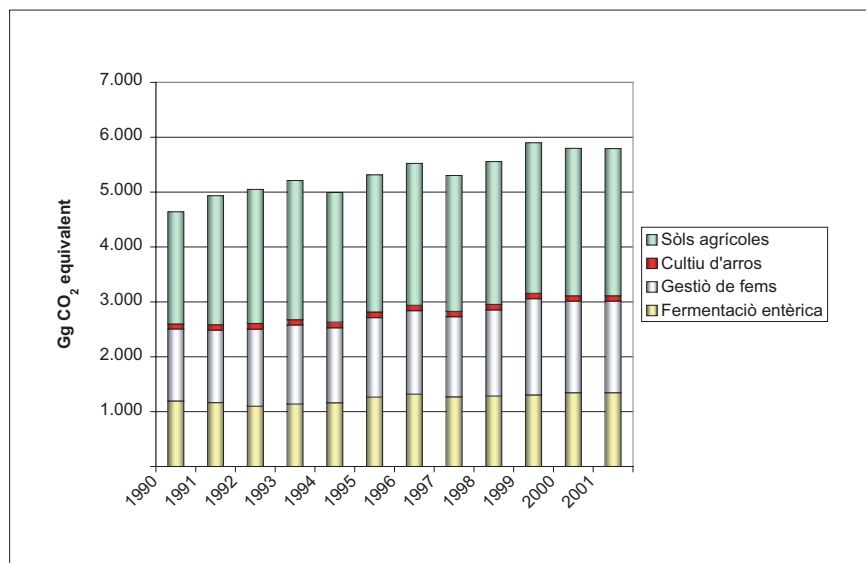


Figura A5.22. Aportació per subsectors de les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle atribuïdes a les activitats agrícoles a Catalunya en el període 1990-2001.

Font: elaboració pròpia.

tit estricta, una estructura similar a la requerida per l'IPCC (com ja s'ha indicat anteriorment, els balanços utilitzats inclouen el consum total del tràfic aeri i no inclouen el consum atribuït al tràfic marítim). No obstant això, es considera que la influència d'aquestes diferències és poc rellevant.

També és important assenyalar la contribució de les emissions atribuïdes a les activitats agrícoles, que en terme mitjà representen el 12% de les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle. És també important indicar la participació de les emissions a causa dels processos industrials, tant les atribuïbles als processos pròpiament dits (8%) com a l'abocament de residus en dipòsits controlats (8%).

S'ha estimat que les emissions de l'any 1990 foren de 36.332 Gg CO<sub>2</sub> equivalent i de 57.337 Gg CO<sub>2</sub> equivalent l'any 2001 (hi ha un increment del 57,8%). La Figura A5.23 mostra, a títol de resum, la variació percentual de les emissions respecte a l'any 1990.

També s'ha estimat que l'emissió per càpita per l'any 2001 a Catalunya augmenta a 9,0 t CO<sub>2</sub> equivalent, valor que correspon a una emissió per càpita de 7,2 t CO<sub>2</sub> (sense considerar el CH<sub>4</sub> ni el N<sub>2</sub>O). D'acord amb les dades presentades per les Nacions Unides (que només calcula les emissions de CO<sub>2</sub> per consum energètic i producció de ciment), les emissions de CO<sub>2</sub> per càpita per als països rics és de 12,4 t hab<sup>-1</sup>; 3,2 t hab<sup>-1</sup> per als països amb ingressos mitjans i 1,0 t hab<sup>-1</sup> per als països amb ingressos baixos. D'aquesta manera es dedueix que, en el cas de Catalunya, les emissions per càpita l'any 2001 van estar entre els valors assignats als països rics i els de països amb ingressos mitjans.

De cara al futur, i d'acord amb l'evolució de les estimacions optimistes de consum, s'estima que l'emissió per càpita de CO<sub>2</sub> a Catalunya cap a l'any 2010 s'incrementarà a 8,1 t hab<sup>-1</sup> si es compleixen les previsions de l'Escenari IER (Intensiu en Eficiència energètica i energies Renovables) del Pla de l'Energia a Catalunya en l'horitzó de l'any 2010 (DICT, 2002). Això significa que en-

Estimació de les emissions de gasos... José María Baldasano Recio, René Parra Narváez i Eugeni López Vañó

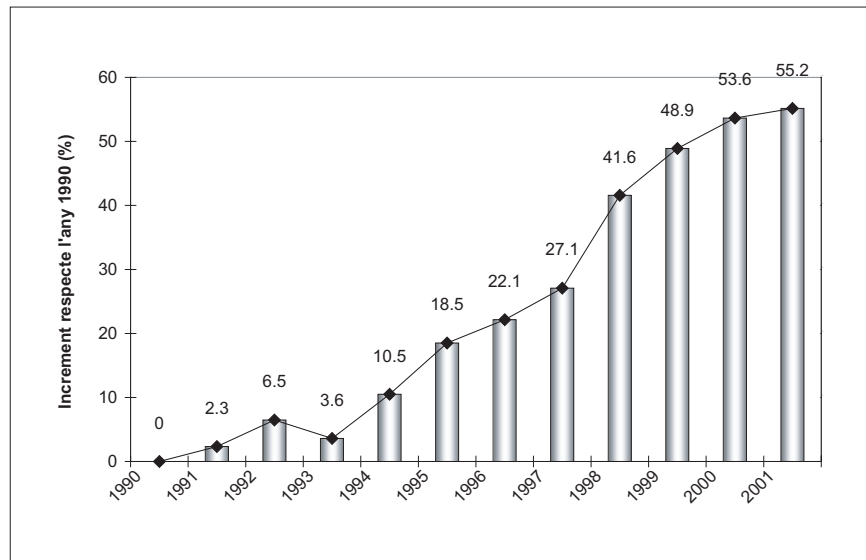


Figura A5.23. Variació percentual de les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle a Catalunya en el període 1990-2001.  
Font: elaboració pròpia.

cara que el programa energètic té una component important en l'ús intensiu d'energies renovables i de l'eficiència energètica, el comportament consumista segueix creixent, aspecte que complica el compliment dels compromisos d'emissió a escala estatal, que de moment ja superen en més del doble la quota d'emissió permesa a l'Estat espanyol per a l'any 2010.

### Referències bibliogràfiques

ACA. *Programa de Sanejament d'Aigües Residuals Urbanes 2002. PSARU 2002*. Barcelona: Generalitat de Catalunya. Departament de Medi de Ambient, 2002.

AMB. *Programa Metropolità de Gestió de Residuos Municipales*. Barcelona: Entidad del Medi Ambient, 2000.

ANAIP. *Los plásticos en España. Hechos y cifras*. Madrid: ANAIP, 1997.

ANAIP. *Los plásticos en España. Hechos y cifras*. Madrid: ANAIP, 2002.

BBVA. *El Campo. De las ciencias y las Artes. El Cambio Climático*. Madrid: BBVA, 2000.

CERDÀ, X. *Potencial de generació de biogàs dels residus municipals acumulats en abocador controlat a Catalunya. Tractament i contribució a l'efecte hivernacle*. Barcelona: ET-SEIB, 2003. (Projecte de fi de carrera).

CREAF. *Inventari Ecològic i Forestal de Catalunya. Regió Forestal IV. Sistema d'Informació dels Boscos de Catalunya*. Barcelona: ATM producció, 2000a.

CREAF. *Inventari Ecològic i Forestal de Catalunya. Regió Forestal V. Sistema d'Informació dels Boscos de Catalunya*. Barcelona: ATM producció, 2000b.

CREAF. *Inventari Ecològic i Forestal de Catalunya. Regió Forestal VI. Sistema d'Informació dels Boscos de Catalunya*. Barcelona: ATM producció, 2000c.

CREAF. *Inventari Ecològic i Forestal de Catalunya. Regió Forestal II. Sistema d'Informació dels Boscos de Catalunya*. Barcelona: ATM producció, 2001a.

CREAF. *Inventari Ecològic i Forestal de Catalunya. Regió Forestal III. Sistema d'Informació dels Boscos de Catalunya*. Barcelona: ATM producció, 2001b.

CREAF. *Inventari Ecològic i Forestal de Catalunya. Regió Forestal I. Sistema d'Informació dels Boscos de Catalunya*. Barcelona: Argania edició, 2002a.

CREAF. *Inventari Ecològic i Forestal de Catalunya. Regió Forestal VII. Sistema d'Informació dels Boscos de Catalunya*. Barcelona Argania edició, 2000b.

DICT. *Informe anual sobre la indústria a Catalunya 2001*. Barcelona: Generalitat de Catalunya, 2001.

DICT. *Pla de l'energia a Catalunya en l'horitzó de l'any 2010*. Barcelona: Generalitat de Catalunya, 2002.



## El canvi climàtic a Catalunya Estimació de les emissions de gasos...

IDESCAT. *Xifres de Catalunya 2003*. Barcelona: Generalitat de Catalunya, 2003.

IDESCAT. *Estadística, producció i comptes de la indústria 1993*. Barcelona: Generalitat de Catalunya, 1998a.

IDESCAT. *Estadística, producció i comptes de la indústria 1994*. Barcelona: Generalitat de Catalunya, 1998b.

IDESCAT. *Estadística, producció i comptes de la indústria 1995*. Barcelona: Generalitat de Catalunya, 1998c.

IDESCAT. *Estadística, producció i comptes de la indústria 1996*. Barcelona: Generalitat de Catalunya, 1998d.

IDESCAT. *Estadística, producció i comptes de la indústria 1997*. Barcelona: Generalitat de Catalunya, 1999.

IDESCAT. *Estadística, producció i comptes de la indústria 1998*. Barcelona: Generalitat de Catalunya, 2000a.

IDESCAT. *Estadística, producció i comptes de la indústria 1999*. Barcelona: Generalitat de Catalunya, 2000b.

IDESCAT. *Estadística, producció i comptes de la indústria 2000*. Barcelona: Generalitat de Catalunya, 2002.

IDESCAT. *Estadística, producció i comptes de la indústria 2001*. Barcelona: Generalitat de Catalunya, 2003.

IPCC. *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventory*. (3 Volumes), 1995.

IPCC. *Revised 1996 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventory*, 1996.

IPCC. *IPCC Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories*, 2000.

IPCC. *Climate Change 2001: The scientific basis. Technical summary*, 2001.

MMA. *Greenhouse Gas Emission Inventories Report from Spain 1999-20201*. Communication to European comision, 2003. Madrid: Ministerio del Medio Ambiente.

ONU. *Informe sobre desarrollo humano 2003*. Madrid: Mundi Prensa, 2003.