

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
Programa de Doctorado en Ingeniería Ambiental



Tesis Doctoral

**Desarrollo del modelo EMICAT2000 para la estimación de
emisiones de contaminantes del aire en Cataluña y su uso en
modelos de dispersión fotoquímica**

René Rolando Parra Narváez

Tutor y Director: Dr. José María Baldasano

Barcelona, mayo de 2004

A mis padres
y hermanos

Agradecimientos

Al Dr. José María Baldasano, por su apoyo y confianza para el desarrollo de esta tesis doctoral.

A Eugeni, quien estructuró en el sistema de información geográfica los algoritmos de EMICAT2000 y organizó sus extensas y complejas bases de datos.

A Pedro y Oriol, cuyas tesis doctorales integran conjuntamente con EMICAT2000, el proyecto de investigación concebido por el Dr. Baldasano para el estudio de la contaminación del aire en Cataluña.

Al Departament de Medi Ambient de la Generalitat de Catalunya, por el financiamiento concedido a través del proyecto IMMPACTE (Integració Metodològica i de Models per a la Previsió i l'anàlisi de la Contaminació i el Temps i dels seus Efectes).

Al Gobierno de España, por el financiamiento concedido por medio del proyecto de investigación REN2000-1020-C02-02/CLI (Caracterización de la Dinámica de Contaminantes Atmosféricos en el Área del Mediterráneo Occidental)

Resumen

En Cataluña se presentan episodios de contaminación por ozono troposférico, especialmente en verano. El complejo comportamiento del ozono, su interacción con la atmósfera y sus efectos sobre la calidad del aire, pueden ser analizados con un *Modelo de Transporte Químico (MTQ)*. Los inventarios de emisiones proporcionan la distribución espacial y temporal de los precursores de ozono (NO_x , COV) y de otros contaminantes que requiere un MTQ.

EMICAT2000 es un modelo de emisiones de alta resolución espacial (celdas de 1 km^2) y temporal (hasta 1 hora) desarrollado en un entorno SIG, para la obtención de inventarios de emisiones de Cataluña durante el año 2000. Incluye a los principales contaminantes primarios (NO_x , COV, CO, SO_2 y PST) y gases de efecto invernadero (CO_2 , CH_4 y N_2O). EMICAT2000 integra las emisiones diarias, mensuales y anual; permitiendo su uso tanto con fines de política ambiental o de aplicación en la modelización fotoquímica.

Incluye las emisiones de la vegetación, del tráfico vehicular, las principales industrias y las producidas por el consumo de combustibles fósiles y disolventes en los sectores doméstico - comercial.

El modelo de emisiones de COV provenientes de la vegetación (isopreno, monoterpenos, otros COV) utiliza el algoritmo de Guenther *et al.* (1993), que fue adaptado para considerar el particular comportamiento emisor de ciertas especies mediterráneas. Incorpora factores de emisión por usos de suelo, que se definieron mediante la selección exhaustiva de factores de emisión de las especies vegetales más importantes. Utiliza una extensa base de registros horarios de la temperatura y de la radiación solar en superficie.

El modelo de tráfico incluye las emisiones en caliente (*hot exhaust emissions*), en frío (*cold exhaust emissions*) y evaporativas (*evaporative emissions*), mediante una red digital de todas las autopistas y de las más importantes carreteras y vías urbanas (con intensidades medias de tráfico mayores a 3000 vehículos). EMICAT2000 utiliza como base la metodología y los factores de emisión del modelo europeo EMEP/CORINAIR-COPERTIII, e incorpora perfiles de tráfico mensuales, diarios y horarios; diferenciando el parque automotor circulante para días laborables y festivos.

Las emisiones industriales incluyen registros reales de emisión de varias chimeneas conectadas a la *Xarxa de control d'emissions (XEAC)* del *Departament de Medi Ambient*; así como las emisiones estimadas de las centrales eléctricas (convencionales, de cogeneración), cementeras, refinerías, plantas de olefinas, industrias del sector químico e incineradoras, principalmente.

Las fuentes consideradas definen la configuración espacial y temporal de las emisiones. La potencial agregación de otras fuentes aportará información a nivel de detalle.

En el período anual las emisiones estimadas en Cataluña son: 107 kt a^{-1} de NO_x , 137 kt a^{-1} de NMCOV, 267 kt a^{-1} de CO, 65 kt a^{-1} de SO_2 , 24 kt a^{-1} de PST y $32\,175 \text{ kt a}^{-1}$ de CO_2 equivalente. Las principales fuentes de NO_x son el tráfico (58%) y la industria (38%). Las principales fuentes de NMCOV son el tráfico (36%), la vegetación (34%), industrias (17 %) y uso de disolventes (13%).

La especiación de las emisiones horarias corresponde a las categorías del mecanismo Carbon Bond 4, que EMICAT2000 las organiza con diferente resolución espacial (1, 2, 4 y 8 km^2) de acuerdo al interfaz netCDF para su uso en un MTQ de tercera generación (*Models-3 Air Quality Modeling System*). En un día laborable de agosto, según las categorías del mecanismo Carbon Bond 4, el 80 % de las emisiones de NMCOV corresponde a la categoría PAR (enlace parafínico), que es poco reactiva, en tanto que las emisiones de la categoría ISOP (isopreno), representa solamente el 1 %, siendo la más reactiva.

El análisis de incertidumbre comprende criterios de tipo interno (propagación de error) y externo (comparación con otras estimaciones, modelización fotoquímica). Las emisiones más importantes incluyen una evaluación cualitativa de la incertidumbre.

EMICAT2000 fue probado exitosamente en el diagnóstico de varios eventos de contaminación fotoquímica. Es la base potencial el análisis del efecto fin de semana (*weekend effect*) o el pronóstico de la calidad del aire de Cataluña, bajo diferentes escenarios. Es una herramienta que en materia de emisiones proporciona total libertad, flexibilidad y control, pudiendo ser fácilmente explotado en otras regiones de similares características.

Summary

Photochemical pollution episodes by ozone take place in Catalonia, mainly during the summertime. The complex ozone behaviour, its interactions with the atmosphere and the effects on air quality could be understood by modelling, using a Chemical Transport Model (CTM). Emission inventories provide the information of the spatial and temporal emissions distribution of the ozone precursors and other pollutants required by this kind of approach.

EMICAT2000 is an emission model with high spatial (cells of 1 km²) and temporal (1 hour) resolutions, which was developed into a GIS environment to estimate the emissions from Catalonia during the year 2000. It includes the most important primary air pollutants (NO_x, NMVOCs, CO, SO₂ and TSP) and greenhouse gases (CO₂, CH₄ and N₂O). EMICAT2000 integrates daily, monthly and yearly emissions, providing information both for environmental policy and photochemical modelling.

This model includes the emissions from vegetation, on-road traffic, most important industries and emissions by fossil fuel consumption and domestic-commercial solvent use.

The NMVOCs emission model from vegetation (isoprene, monoterpenes and other NMVOCs) uses the algorithm by Guenther *et al.* (1993), suited and adapted for describing the particular emitter behaviour of some Mediterranean species. Emission factors by land-use categories were defined, as result of an exhaustive selection of emission factors of the most important vegetal species. A vast database of hourly records of superficial temperature and solar radiation was incorporated.

The on-road traffic emission model includes the hot exhaust, cold exhaust and evaporative emissions, using a digital map of the all the highways and the most important roads and streets (daily average traffic > 3000). EMICAT2000 uses the methodology and emission factors of the European model EMEP/CORINAIR – COPERTIII as basis, and includes monthly, daily and hourly traffic profiles; differencing the vehicle park composition between weekdays and weekends.

Industrial emissions include real records of some chimneys connected to the emission control net of the Environmental Agency of Catalonia, and the estimated emissions from power stations (conventional and cogeneration units), cement factories, refineries, olefins plants, chemical industries and incinerators.

The sources included define the spatial and temporal configuration of emissions. The potential aggregation of other sources will contribute mainly in details.

In the yearly period total emissions from Catalonia were estimated in 107 kt yr⁻¹ of NO_x, 137 kt yr⁻¹ of NMVOCs, 267 kt yr⁻¹ of CO, 65 kt yr⁻¹ of SO₂, 24 kt yr⁻¹ of TSP and 32,175 kt yr⁻¹ of equivalent CO₂. Main NO_x sources are on-road traffic (58%) and industries (38%). Most important NMVOCs sources are on-road traffic (36%), vegetation (34%), industries (17%) and use of solvents (13%).

Speciation of hourly emissions was established according to the categories of Carbon Bond 4 chemical mechanism. EMICAT2000 generates data files with different spatial resolutions (1, 2, 4 and 8 km²) using the netCDF protocol for the Models-3/CMAQ Air Quality Modeling System. According to the categories of the Carbon Bond 4 mechanism, during an August weekday 80% of the NMVOCs emissions belongs to the PAR (paraffins bond) category, which is low reactive; whereas emissions of ISOP (isoprene) category reaches only 1%, being this lumped-species the most reactive.

Uncertainty analysis includes both internal (error propagation) and external (comparison with other estimations, photochemical modelling) criteria for model's evaluation. The most important sources include a qualitative assessment of uncertainty.

EMICAT2000 was successfully tested diagnosing some photochemical events. It could be the basis for research activities related with the Weekend Effect or the forecasting of air quality in Catalonia under different scenarios. This tool provides total control, freedom and flexibility on the emission topic. Successful results are currently being obtained using the emission inventories provided by EMICAT2000. In addition, it could be easily applied and exploited for other regions with similar characteristics.

Publicaciones

Artículos

1. Parra R., Gassó S., Baldasano J.M. (2004). Estimating the biogenic emissions of non-methane volatile organic compounds from the North Western Mediterranean vegetation of Catalonia, Spain. *The Science of the Total Environment*, 329, 241 - 259.
2. Jiménez P., Jorba O., Parra R., Baldasano J.M. (2004). Influence of Model Grid Resolution on Tropospheric Ozone Levels: the Necessity of High Resolution for Photochemical Modeling in Very Complex Terrains. *Atmospheric Environment* (en preparación).

Proceedings

3. Parra R., Baldasano J.M. (2004). Modelling the on-road traffic emissions from Catalonia (Spain) for photochemical air pollution research. Weekday – weekend differences. *Air Pollution 2004*. Twelfth International Conference. Rhodes (Greece), 30 June – 2 July.
4. Jiménez P., Parra R., Baldasano J.M. (2004). Modeling the Weekend Effect in the North-Eastern Iberian Peninsula. *27th NATO/CCMS International Technical Meeting*. Banff (Canada), 25 – 29 October.
5. Jiménez P., Jorba O., Parra R., Baldasano J.M. (2004). Modeling of Photochemical Pollution in the Northeastern Iberian Peninsula. *27th NATO/CCMS International Technical Meeting*. Banff (Canada), 25 – 29 October.
6. Parra R., Jiménez P. and Baldasano J.M. (2004). EMICAT2000: development of a high spatial resolution emission model from the northeastern Iberian Peninsula used within the Models-3/CMAQ framework. In: *2004 Models-3 Workshop*, Chapel Hill, NC, USA, 18 – 20 October.
7. Jiménez P., Jorba O., Parra, R. and Baldasano, J.M. (2004). Evaluation of Models-3/CMAQ in Very Complex Terrains: High-Resolution Application to the Northeastern Iberian Peninsula. In: *2004 Models-3 Workshop*, Chapel Hill, NC, USA, 18 – 20 October.
8. Parra R. and J.M. Baldasano (2003). Estimation of Biogenic Emission of non-methane volatile organic compounds from Catalonia. C. Brebbia and F. Patania (Editors). *Air Pollution XI*. WIT Press: 235-244.
9. Parra R. y J.M. Baldasano (2003). Un Modelo de la Emisiones Atmosféricas del Tráfico Vehicular en Cataluña. *La investigación que se realiza en Cataluña – España y sus aportaciones a Latinoamérica*. VIII Seminario APEC, Barcelona: 247-254.

Capítulos de libro/informe

10. Baldasano J.M., Parra R., López E. (2003). Estimació de les emissions de gasos d'efecte hivernacle produïts a Catalunya durant el període 1990 - 2001. *El canvi climàtic a Catalunya*. Institut d'Estudis Catalans.
11. Parra R., López E., Baldasano J.M. (2003). Estimació de les emissions de gasos d'efecte hivernacle produïts a Catalunya durant el període 1990 - 2010. Departament de Medi Ambient. Generalitat de Catalunya.

12. Parra R., Gassó S., Baldasano J.M. (2002). Estimación de las emisiones atmosféricas. *Evaluación Ambiental Estratégica del Plan de Energía de Cataluña en el Horizonte del año 2010*. Instituto Catalán de Energía (ICAEN). Generalitat de Catalunya.

Contenido

Capítulo 1

| | |
|--|----------|
| Introducción | 1 |
| 1.1 Antecedentes de los inventarios de emisiones en Cataluña | 5 |
| 1.2 Objetivos..... | 6 |
| 1.3 La contaminación atmosférica | 6 |
| 1.4 Los inventarios de emisiones atmosféricas..... | 17 |
| 1.5 Guías para el desarrollo de inventarios de emisiones | 22 |

Capítulo 2

| | |
|---|-----------|
| Inventario de emisiones para Cataluña..... | 25 |
| 2.1 Características generales de la zona de estudio | 25 |
| 2.2 Criterios para el desarrollo del modelo de emisiones EMICAT2000 | 27 |
| 2.3 El inventario de emisiones EMEP del año 2000 para Cataluña..... | 30 |
| 2.4 El dominio de análisis..... | 33 |

Capítulo 3

| | |
|--|-----------|
| Emisiones biogénicas de compuestos orgánicos volátiles..... | 35 |
| 3.1 Introducción | 35 |
| 3.2 Modelo de emisiones | 36 |
| 3.3 Parámetros meteorológicos..... | 42 |
| 3.4 Mapa de usos del suelo | 51 |
| 3.5 Asignación de especies vegetales por categoría de uso de suelo..... | 55 |
| 3.6 Factores de emisión | 69 |
| 3.7 Densidad de biomasa foliar..... | 73 |
| 3.8 Resultados..... | 74 |
| 3.9 Especiación | 91 |
| 3.10 Componentes del modelo emisiones biogénicas dentro de EMICAT2000 | 92 |
| 3.11 Protocolo de calidad | 93 |
| 3.12 Incertidumbre..... | 93 |
| 3.13 Sensibilidad..... | 100 |
| 3.14 Discusión | 102 |
| 3.15 Resumen de las características del modelo de emisiones biogénicas | 104 |

Capítulo 4

| | |
|--|------------|
| Emisiones del tráfico vehicular | 105 |
| 4.1 Introducción | 105 |
| 4.2 Modelo de emisiones | 108 |
| 4.3 Información Base..... | 114 |
| 4.4 Factores de emisión en caliente | 128 |
| 4.5 Información requerida para las emisiones en frío | 141 |
| 4.6 Información requerida para la emisiones evaporativas..... | 147 |
| 4.7 Análisis de resultados | 152 |
| 4.8 Especiación | 188 |
| 4.9 Componentes del modelo de emisiones de tráfico vehicular | 195 |
| 4.10 Protocolo de calidad | 195 |
| 4.11 Incertidumbre..... | 196 |
| 4.12 Sensibilidad..... | 203 |
| 4.13 Discusion | 205 |

| | | |
|------|--|-----|
| 4.14 | Situación del modelo de emisiones de tráfico en EMICAT2000 | 209 |
|------|--|-----|

Capítulo 5

| | | |
|------------------------------------|--|-----|
| Emisiones industriales..... | 211 | |
| 5.1 | Introducción | 211 |
| 5.2 | Generación de energía eléctrica | 211 |
| 5.3 | Producción de cemento portland | 259 |
| 5.4 | Refino de petróleo y producción de olefinas..... | 266 |
| 5.5 | Otras chimeneas conectadas a la red XEAC | 279 |
| 5.6 | Otros focos de emisión | 285 |
| 5.7 | Emisiones fugitivas de otras industrias químicas..... | 285 |
| 5.8 | Resumen de las emisiones por producción industrial | 287 |

Capítulo 6

| | | |
|--|---------------------------------------|-----|
| Sectores residencial y comercial..... | 295 | |
| 6.1 | Consumo de combustibles fósiles | 295 |
| 6.2 | Uso de disolventes | 305 |

Capítulo 7

| | | |
|---|---|-----|
| Análisis integrado de emisiones..... | 311 | |
| 7.1 | Composición anual..... | 311 |
| 7.2 | Evolución mensual de las emisiones de contaminantes primarios | 315 |
| 7.3 | Emisiones horarias | 319 |

Capítulo 8

| | | |
|--|---|-----|
| El modelo de emisiones EMICAT2000 | 331 | |
| 8.1 | Estructura y características generales..... | 331 |
| 8.2 | Emisiones en capas verticales | 332 |
| 8.3 | Archivos netCDF de las emisiones horarias | 333 |
| 8.4 | Archivos de emisión con menor grado de resolución espacial..... | 337 |
| 8.5 | Emisiones para las condiciones iniciales y de contorno..... | 340 |

Capítulo 9

| | | |
|--------------------------|---|-----|
| Conclusiones..... | 347 | |
| 9.1 | Sobre las emisiones biogénicas | 348 |
| 9.2 | Sobre las emisiones del tráfico vehicular | 350 |
| 9.3 | Sobre las emisiones industriales..... | 351 |
| 9.4 | Sobre las emisiones integradas..... | 352 |
| 9.5 | Sobre la especiación de las emisiones | 352 |
| 9.6 | Propuestas de continuidad | 353 |

Capítulo 10

| | |
|-------------------------|------------|
| Referencias..... | 355 |
|-------------------------|------------|

Lista de Tablas

Capítulo 1

| | |
|---|----|
| Tabla 1.1: Composición media de la atmósfera terrestre (Seinfeld <i>and</i> Pandis, 1998), (Jacobson, 1999)..... | 7 |
| Tabla 1.2: Compuestos orgánicos más reactivos durante un estudio de contaminación de niebla fotoquímica en Los Angeles (verano de 1987) (Lurmann <i>et al.</i> , 1992). | 9 |
| Tabla 1.3: Variación de la concentración de gases de efecto invernadero (IPCC, 2001). | 11 |
| Tabla 1.4: Concentraciones de O ₃ establecidos en la Directiva 2002/3/CE..... | 16 |
| Tabla 1.5: Características de algunos inventarios de emisiones. | 18 |

Capítulo 2

| | |
|--|----|
| Tabla 2.1: Categorías del mecanismo químico Carbon Bond 4, CB4 (USEPA, 2003a)..... | 29 |
| Tabla 2.2: Emisiones EMEP de Cataluña para el año 2000 (t celda ⁻¹ a ⁻¹)..... | 30 |
| Tabla 2.3: Emisiones EMEP de Cataluña para el año 2000 por sectores (t a ⁻¹)..... | 32 |

Capítulo 3

| | |
|--|----|
| Tabla 3.1: Emisión global anual de COV (Tg C) (Guenther, 1999a). | 36 |
| Tabla 3.2: Disponibilidad de registros de temperatura horarios validados de las estaciones XVPCA para el año 2000..... | 44 |
| Tabla 3.3: Disponibilidad de registros de temperatura horaria validados de las estaciones XMET para el año 2000. | 45 |
| Tabla 3.4: Disponibilidad de registros de radiación solar global horaria validados para el año 2000 (%) de las estaciones XVPCA y XMET..... | 48 |
| Tabla 3.5: Disponibilidad de registros de radiación solar global horaria validados para el año 2000 (%) de las estaciones XMET, ICAEN, CEAM, AND, INM y MF..... | 49 |
| Tabla 3.6: Porcentajes de cobertura por tipo de uso en Cataluña durante los años 1987, 1992 y 1997..... | 53 |
| Tabla 3.7: Conformación de las categorías del mapa de usos del suelo de Cataluña para el año 1997 (<i>Departament de Medi Ambient</i>). | 55 |
| Tabla 3.8: Composición vegetal de las categorías de uso de suelo para el mapa de usos del suelo de Cataluña del año 1987 (Viñas <i>and</i> Baulies, 1995). | 56 |
| Tabla 3.9: Composición vegetal de las categorías de uso de suelo (Gómez, 1998)..... | 56 |
| Tabla 3.10: Porcentaje de predios analizados por región forestal en los que aparece cada especie. | 58 |
| Tabla 3.11: Cobertura superficial de las especies que conforman el bosque de coníferas, por comarcas (miles de ha). | 60 |
| Tabla 3.12: Densidad de biomasa foliar por comarca de las especies que conforman el bosque de coníferas (mediana, g m ⁻²). | 61 |
| Tabla 3.13: Biomasa foliar por comarca de las especies (dat) y pesos para la caracterización de los factores de emisión del bosque de coníferas. | 61 |
| Tabla 3.14: Cobertura superficial de las especies que conforman el bosque esclerófilo, por comarcas (miles de ha). | 63 |
| Tabla 3.15: Densidad de biomasa foliar por comarca de las especies que conforman el bosque esclerófilo (mediana, g m ⁻²). | 63 |
| Tabla 3.16: Biomasa foliar por comarca de las especies (dat) y pesos para la caracterización de los factores de emisión del bosque esclerófilo..... | 63 |
| Tabla 3.17: Cobertura superficial de las especies que conforman el bosque caducifolio, por comarcas (miles de ha). | 65 |
| Tabla 3.18: Densidad de biomasa foliar por comarca de las especies que conforman el bosque caducifolio (mediana, g m ⁻²)..... | 65 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 3.19: Biomasa foliar por comarca de las especies (kt) y pesos para la caracterización de los factores de emisión del bosque caducifolio..... | 65 |
| Tabla 3.20: Cobertura de los productos agrícolas por tipo de uso de suelo para Cataluña en el año 1999 (IDESCAT, 2003)..... | 67 |
| Tabla 3.21: Pesos por especies vegetales para el cálculo de los factores de emisión por uso de suelo..... | 68 |
| Tabla 3.22: Factores de emisión seleccionados por especie vegetal ($\mu\text{g g}^{-1} \text{h}^{-1}$)..... | 70 |
| Tabla 3.23: Factores de emisión por categorías de uso del suelo ($\mu\text{g g}^{-1} \text{h}^{-1}$)..... | 71 |
| Tabla 3.24: Densidad de biomasa foliar por comarcas (g m^{-2})..... | 72 |
| Tabla 3.25: Densidad de biomasa para otros usos del suelo (g m^{-2}) (Gómez, 1998)..... | 73 |
| Tabla 3.26: Emisiones biogénicas de compuestos orgánicos volátiles en Cataluña durante el día 15 de agosto de 2000..... | 74 |
| Tabla 3.27: Emisiones biogénicas de compuestos orgánicos volátiles en Cataluña durante el año 2000..... | 80 |
| Tabla 3.28: Emisiones biogénicas de compuestos orgánicos volátiles en Cataluña durante el año 2000 por usos del suelo..... | 89 |
| Tabla 3.29: Asignación de categorías de las emisiones biogénicas dentro del mecanismo químico Carbon Bond 4 (USEPA, 2003c)..... | 91 |
| Tabla 3.30: Valores medios y de las desviaciones estándar de los factores de emisión de monoterpenos ($\mu\text{g g}^{-1} \text{h}^{-1}$)..... | 95 |
| Tabla 3.31: Valores horarios e intervalos de confianza del 95 % de las emisiones de monoterpenos para el día 15 de agosto de 2000 (t h^{-1})..... | 96 |
| Tabla 3.32: Valoración cualitativa de la incertidumbre de las emisiones biogénicas de compuestos orgánicos volátiles de Cataluña durante el año 2000..... | 98 |
| Tabla 3.33: Estimación de las emisiones biogénicas de COV de Cataluña (kt a^{-1})..... | 99 |
| Tabla 3.34: Análisis de sensibilidad del modelo de emisiones biogénicas de EMICAT2000..... | 101 |
| Tabla 3.35: Situación actual del modelo de emisiones biogénicas de compuestos orgánicos volátiles de Cataluña durante el año 2000..... | 104 |

Capítulo 4

| | |
|--|-----|
| Tabla 4.1: Perfiles de tráfico mensual (coeficientes Crd) para las vías de Cataluña (Delgado, 1997)..... | 116 |
| Tabla 4.2: Perfiles de tráfico mensual (coeficientes Crd) de las autopistas de Cataluña en el año 2000..... | 117 |
| Tabla 4.3: Coeficientes de tráfico diario (Clf) y asignación de perfiles horarios (Delgado, 1997)..... | 119 |
| Tabla 4.4: Coeficientes de tráfico diario (Clf) y asignación de perfiles horarios..... | 120 |
| Tabla 4.5: Perfiles de tráfico horario (porcentajes Crh) para días laborables (Delgado, 1997)..... | 120 |
| Tabla 4.6: Perfiles de tráfico horario (porcentajes Crh) para días festivos (Delgado, 1997)..... | 121 |
| Tabla 4.7: Porcentajes de circulación por tipo de vehículo según el tipo de vía..... | 126 |
| Tabla 4.8: Composición del parque vehicular de circulación por tipo de vía..... | 127 |
| Tabla 4.9: Velocidad media de circulación según el tipo de vía..... | 128 |
| Tabla 4.10: Funciones para la determinación de los factores de emisión de NO_x ($\text{g NO}_2 \text{ km}^{-1}$)..... | 129 |
| Tabla 4.11: Funciones para la determinación de los factores de emisión de COV..... | 131 |
| Tabla 4.12: Funciones para la determinación de los factores de emisión de CO (g CO km^{-1})..... | 133 |
| Tabla 4.13: Funciones de los factores de consumo de combustible (g km^{-1})..... | 136 |
| Tabla 4.14: Factores de emisión (funciones) de partículas..... | 138 |
| Tabla 4.15: Funciones para la determinación de los factores emisión de CH_4 ($\text{mg CH}_4 \text{ km}^{-1}$)..... | 139 |
| Tabla 4.16: Factores de emisión de N_2O ($\text{mg N}_2\text{O km}^{-1}$)..... | 140 |
| Tabla 4.17: Factores de corrección de los factores de emisión de vehículos pesados..... | 140 |
| Tabla 4.18: Funciones para la determinación de la relación entre factores de emisión en frío y caliente $F^{\text{frío}}/F^{\text{caliente}}$ (EEA, 2001)..... | 143 |
| Tabla 4.19: Número de vehículos para la estimación de las emisiones evaporativas diurnas en Cataluña para el año 2000..... | 147 |
| Tabla 4.20: Temperatura máxima y mínima para la determinación de los factores de emisión diurnas de COV..... | 148 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 4.21: Presión de vapor (RVP) que establece el Real Decreto 1728/1999 para la gasolina sin plomo..... | 148 |
| Tabla 4.22: Expresiones para determinar los factores de emisiones evaporativas por detención (<i>soak emissions</i>) (g viaje ⁻¹)..... | 14 |
| Tabla 4.23: Expresiones para determinar los factores de emisiones evaporativas en recorrido detención (<i>running losses</i>) (g km ⁻¹)..... | 150 |
| Tabla 4.24: Emisiones horarias debidas al tráfico vehicular en Cataluña en un día laborable de agosto de 2000 (t h ⁻¹)..... | 152 |
| Tabla 4.25: Emisiones horarias debidas al tráfico vehicular en Cataluña en un día festivo de agosto de 2000 (t h ⁻¹)..... | 153 |
| Tabla 4.26: Diferencia de las emisiones horarias del tráfico vehicular entre un día festivo y laborable (festivo – laborable) de agosto de 2000 (t h ⁻¹)..... | 154 |
| Tabla 4.27: Emisiones mensuales y anual debidas al tráfico vehicular en Cataluña durante el año 2000 (t mes ⁻¹)..... | 159 |
| Tabla 4.28: Emisiones mensuales y anual debidas al tráfico vehicular en Cataluña durante el año 2000 (%). | 159 |
| Tabla 4.29: Emisiones mensuales y anual de NO _x debidas al tráfico vehicular en Cataluña durante el año 2000. | 161 |
| Tabla 4.30: Emisiones mensuales y anual de CO debidas al tráfico vehicular en Cataluña durante el año 2000. | 163 |
| Tabla 4.31: Emisiones mensuales y anual de COV debidas al tráfico vehicular en Cataluña durante el año 2000. | 165 |
| Tabla 4.32: Emisiones mensuales y anual de COV evaporativas debidas al tráfico vehicular en Cataluña durante el año 2000. | 168 |
| Tabla 4.33: Emisiones mensuales y anual de SO ₂ debidas al tráfico vehicular en Cataluña durante el año 2000. | 169 |
| Tabla 4.34: Emisiones mensuales y anual de partículas debidas al tráfico vehicular en Cataluña durante el año 2000. | 172 |
| Tabla 4.35: Emisiones mensuales y anual de gases de efecto invernadero debidas al tráfico vehicular en Cataluña durante el año 2000..... | 174 |
| Tabla 4.36: Clasificación del parque automotor para la presentación de las emisiones atmosféricas por tipos de los vehículos..... | 176 |
| Tabla 4.37: Emisiones atmosféricas debidas al tráfico vehicular en Cataluña durante el año 2000 por categorías de vehículos (t a ⁻¹)..... | 177 |
| Tabla 4.38: Emisiones evaporativas de COV debidas al tráfico vehicular en Cataluña durante el año 2000 por categorías de vehículos (t a ⁻¹). | 177 |
| Tabla 4.39: Emisión de NO _x debido al tráfico vehicular en Cataluña durante el año 2000 por categorías de vehículos..... | 178 |
| Tabla 4.40: Emisión de CO debido al tráfico vehicular en Cataluña durante el año 2000 por categorías de vehículos..... | 179 |
| Tabla 4.41: Emisión de COV debido al tráfico vehicular en Cataluña durante el año 2000 por categorías de vehículos..... | 181 |
| Tabla 4.42: Emisiones evaporativas de COV debidas al tráfico vehicular en Cataluña durante el año 2000 por categorías de vehículos..... | 182 |
| Tabla 4.43: Emisión de SO ₂ debido al tráfico vehicular en Cataluña durante el año 2000 por categorías de vehículos..... | 183 |
| Tabla 4.44: Emisión de partículas debido al tráfico vehicular en Cataluña durante el año 2000 por categorías de vehículos | 185 |
| Tabla 4.45: Emisión de contaminantes primarios debida al tráfico vehicular en Cataluña durante el año 2000 por categorías de vehículos..... | 184 |
| Tabla 4.46: Emisión de contaminantes primarios debida al tráfico vehicular en Cataluña durante el año 2000 por combustible. | 186 |
| Tabla 4.47: Emisión de gases de efecto invernadero debidas al tráfico vehicular en Cataluña durante el año 2000 por categorías de vehículos..... | 187 |
| Tabla 4.48: Asignación de categorías de las de tráfico vehicular dentro del mecanismo químico Carbon Bond 4 (USEPA, 2003c)..... | 188 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 4.49: Composición de los NMCOV de las emisiones del escape de vehículos..... | 190 |
| Tabla 4.50: Composición de los NMCOV de las emisiones del escape de vehículos..... | 190 |
| Tabla 4.51: Composición de los NMCOV de las emisiones evaporativas de vehículos a gasolina..... | 191 |
| Tabla 4.52: Composición de las emisiones de los NMCOV de los vehículos de pasajeros a diesel..... | 191 |
| Tabla 4.53: Composición de las emisiones de los NMCOV de los vehículos de carga a diesel (Ntziachristos <i>and</i> Samaras, 2000). | 192 |
| Tabla 4.54: Composición de las emisiones de los NMCOV de las motocicletas con motores de 2 tiempos (EEA, 2001). | 192 |
| Tabla 4.55: Representación de NMCOV según el mecanismo Carbon Bond 4 (1/2). | 193 |
| Tabla 4.56: Representación de NMCOV según el mecanismo Carbon Bond 4 (2/2). | 194 |
| Tabla 4.57: Perfiles de generación de las categorías del mecanismo químico CB4 (mol h ⁻¹) que genera la emisión de 1 g h ⁻¹ de NMCOV..... | 194 |
| Tabla 4.58: Valoración cualitativa de la incertidumbre de las emisiones en caliente de NO _x , COV y CO debidas al tráfico vehicular en Cataluña durante el año 2000..... | 198 |
| Tabla 4.59: Valoración cualitativa de la incertidumbre de las emisiones evaporativas diurnas de COV en Cataluña durante el año 2000. | 199 |
| Tabla 4.60: Valoración cualitativa de la incertidumbre de las emisiones evaporativas de COV por detención en Cataluña durante el año 2000. | 200 |
| Tabla 4.61: Valoración cualitativa de la incertidumbre de las emisiones evaporativas de COV por recorrido en Cataluña durante el año 2000. | 201 |
| Tabla 4.62: Emisiones anuales debidas al tráfico vehicular en Cataluña (kt a ⁻¹) | 202 |
| Tabla 4.63: Análisis de sensibilidad del modelo de emisiones de tráfico vehicular de EMICAT2000 (t d ⁻¹). | 204 |
| Tabla 4.64: Análisis de sensibilidad del modelo de emisiones de tráfico vehicular de EMICAT2000 (%). | 204 |
| Tabla 4.65: Situación del modelo de emisiones de tráfico vehicular en EMICAT2000. | 209 |

Capítulo 5

| | |
|--|-----|
| Tabla 5.1: Potencia instalada en las centrales eléctricas de Cataluña en el año 2000 (DICT, 2002). | 213 |
| Tabla 5.2: Composición de la generación bruta de energía eléctrica en Cataluña durante el año 2000 (DICT, 2002). | 214 |
| Tabla 5.3: Producción anual bruta de energía eléctrica y otra información de las centrales en Régimen Ordinario de Cataluña durante el año 2000. | 216 |
| Tabla 5.4: Factores de emisión eléctricos para las centrales convencionales térmicas de Régimen Ordinario (EEA, 2001),(USEPA, 2003). | 223 |
| Tabla 5.5: Emisión anual de contaminantes primarios y gases de efecto invernadero debido a la generación de energía eléctrica en Régimen Ordinario en Cataluña durante el año 2000 (t a ⁻¹). | 224 |
| Tabla 5.6: Emisión anual de contaminantes primarios y gases de efecto invernadero debido a la generación de energía eléctrica en Régimen Ordinario en Cataluña durante el año 2000 (%). | 225 |
| Tabla 5.7: Emisión mensual de contaminantes primarios y gases de efecto invernadero debido a la generación de energía eléctrica en Régimen Ordinario en Cataluña durante el año 2000 (t mes ⁻¹). | 227 |
| Tabla 5.8: Emisión mensual de contaminantes primarios y gases de efecto invernadero debido a la generación de energía eléctrica en Régimen Ordinario en Cataluña durante el año 2000 (%). | 227 |
| Tabla 5.9: Generación bruta de energía eléctrica en centrales en Régimen Especial en Cataluña durante el año 2000 (DICT, 2002). | 232 |
| Tabla 5.10: Potencia, coordenadas UTM, datos de chimenea y producción bruta de las centrales de cogeneración a gas natural en Cataluña durante el año 2000 (CNE, 2003), (ICAEN, 2003), (DMA, 2003)(1 de 2). | 233 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 5.11: Potencia, coordenadas UTM, datos de chimenea y producción bruta de las centrales de cogeneración a gas natural en Cataluña durante el año 2000 (CNE, 2003), (ICAEN, 2003), (DMA, 2003)(2 de 2)..... | 234 |
| Tabla 5.12: Potencia, coordenadas UTM, datos de chimenea y producción bruta de las centrales de cogeneración a fuelóleo en Cataluña durante el año 2000 (CNE, 2003), (ICAEN, 2003), (DMA, 2003)..... | 235 |
| Tabla 5.13: Potencia, coordenadas UTM, datos de chimenea y producción bruta de las centrales de cogeneración a gasóleo en Cataluña durante el año 2000 (CNE, 2003), (ICAEN, 2003), (DMA, 2003)..... | 235 |
| Tabla 5.14: Las incineradoras de residuos en Cataluña en el año 2000..... | 239 |
| Tabla 5.15: Cantidad de residuos gestionados en el año 2000 (JRES, 2003), generación eléctrica y otra información de las incineradoras de Cataluña..... | 239 |
| Tabla 5.16: Potencia, coordenadas UTM, datos de chimenea y producción bruta de las centrales de reducción de residuos en Cataluña durante el año 2000 (ICAEN, 2003)..... | 244 |
| Tabla 5.17: Factores de emisión para las centrales en Régimen Especial..... | 244 |
| Tabla 5.18: Emisión anual de contaminantes primarios y gases de efecto invernadero debido a la generación de energía eléctrica mediante cogeneración en Cataluña durante el año 2000 ($t a^{-1}$)..... | 245 |
| Tabla 5.19: Emisión anual de contaminantes primarios y gases de efecto invernadero debido a la generación de energía eléctrica mediante cogeneración en Cataluña durante el año 2000 (%)...... | 245 |
| Tabla 5.20: Emisión anual de contaminantes primarios y gases de efecto invernadero debido a la incineración de residuos en Cataluña durante el año 2000 ($t a^{-1}$)..... | 248 |
| Tabla 5.21: Emisión anual de contaminantes primarios y gases de efecto invernadero debido a la incineración de residuos en Cataluña durante el año 2000 (%)...... | 248 |
| Tabla 5.22: Emisión anual de contaminantes primarios y gases de efecto invernadero debido a la generación de energía eléctrica en las infraestructuras para la reducción de residuos durante el año 2000 ($t a^{-1}$)..... | 250 |
| Tabla 5.23: Composición de las emisiones de contaminantes primarios y gases de efecto invernadero debido a la generación de energía eléctrica en Régimen Especial en Cataluña durante el año 2000..... | 251 |
| Tabla 5.24: Emisión anual de contaminantes primarios y gases de efecto invernadero debido a la generación de energía eléctrica en Cataluña durante el año 2000..... | 252 |
| Tabla 5.25: Valores de los parámetros $Factor_{eij}$ y $Pmol_i$ para la especiación de las emisiones horarias de CO , NO_x y SO_x , de las centrales de generación eléctrica..... | 254 |
| Tabla 5.26: Valores de los parámetros $Factor_{eij}$ y RtT_e para la especiación de las emisiones horarias de NMCOV, para las categorías FORM, NR, PAR y TOL, de las centrales de generación eléctrica (USEPA, 2003)..... | 254 |
| Tabla 5.27: Valores del parámetro $Factor_{eij}$ para la especiación de las emisiones horarias de NMCOV, de las categorías ALD2, ETH, OLE, XYL e ISOP, de las centrales de generación eléctrica (USEPA, 2003)..... | 252 |
| Tabla 5.28: Evaluación cualitativa de la incertidumbre de las emisiones de contaminantes primarios y gases de efecto invernadero debido a la generación de energía eléctrica en Régimen Ordinario en Cataluña durante el año 2000..... | 255 |
| Tabla 5.29: Evaluación cualitativa de la incertidumbre de las emisiones de contaminantes primarios y gases de efecto invernadero por la generación de energía eléctrica en cogeneración en Cataluña en el año 2000..... | 256 |
| Tabla 5.30: Evaluación cualitativa de la incertidumbre de las emisiones de contaminantes primarios y gases de efecto invernadero debido a la incineración de residuos en Cataluña durante el año 2000..... | 256 |
| Tabla 5.31: Estimación de las emisiones por generación eléctrica en Cataluña durante el año 2000 ($t a^{-1}$)..... | 257 |
| Tabla 5.32: Situación actual del modelo de emisiones debido a la generación eléctrica en Cataluña durante el año 2000..... | 258 |
| Tabla 5.33: Capacidad y producción de cemento portland por planta en Cataluña en el año 2000..... | 259 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 5.34: Ubicación y dimensiones de las chimeneas de expulsión de los gases del horno de las cementeras de Cataluña..... | 260 |
| Tabla 5.35: Factores de emisión seleccionados para el cálculo de las emisiones por la producción de cemento portland en Cataluña..... | 261 |
| Tabla 5.36: Emisión anual de contaminantes primarios y gases de efecto invernadero debido a la producción de cemento en Cataluña durante el año 2000 ($t a^{-1}$)..... | 262 |
| Tabla 5.37: Emisión anual de contaminantes primarios y gases de efecto invernadero debido a la producción de cemento en Cataluña durante el año 2000 (%)...... | 262 |
| Tabla 5.38: Evaluación cualitativa de la incertidumbre de las emisiones de contaminantes primarios y gases de efecto invernadero debido a la producción de cemento portland en Cataluña durante el año 2000..... | 265 |
| Tabla 5.39: Capacidad y cantidad de petróleo procesado en el año 2000 en las refinerías de Cataluña..... | 267 |
| Tabla 5.40: Cantidad de etileno y propileno procesado en el año 2000 en las plantas de olefinas de Cataluña..... | 267 |
| Tabla 5.41: Factores de emisión para el cálculo de las emisiones debido al refino de petróleo.... | 273 |
| Tabla 5.42: Factores de emisión para el cálculo de las emisiones debido a la producción de olefinas..... | 273 |
| Tabla 5.43: Emisión anual de contaminantes primarios y gases de efecto invernadero debido al refino de petróleo en Cataluña durante el año 2000..... | 274 |
| Tabla 5.44: Emisión anual de contaminantes primarios y gases de efecto invernadero debido a la producción de olefinas en Cataluña durante el año 2000..... | 277 |
| Tabla 5.45: Evaluación cualitativa de la incertidumbre de las emisiones de contaminantes primarios y gases de efecto invernadero del refino de petróleo en Cataluña durante el año 2000..... | 280 |
| Tabla 5.46: Otras chimeneas de la red XEAC con registros horarios de emisión en el año 2000.. | 280 |
| Tabla 5.47: Información para el cálculo de las emisiones de fugitivas de NMCOV asociadas a Basf Española SA y Solvay Vinilis | 284 |
| Tabla 5.48: Emisión anual de contaminantes primarios de Basf Española SA, Solvay Vinilis SA, Saint Gobain Montblanc y Saint Gobain Cristaleria..... | 284 |
| Tabla 5.49: Otras chimeneas de emisión con un importante caudal de gases de emisión..... | 285 |
| Tabla 5.50: Emisiones de otras chimeneas con importante caudal de gases de emisión..... | 285 |
| Tabla 5.51: Información para el cálculo de las emisiones de fugitivas de NMCOV asociadas a otras industrias químicas..... | 286 |
| Tabla 5.52: Factores de emisión para el cálculo de las emisiones fugitivas de NMCOV asociadas a otras industrias químicas..... | 286 |
| Tabla 5.53: Emisión anual de NMCOV fugitivas asociadas a otras industrias del sector químico..... | 286 |
| Tabla 5.54: Emisiones industriales de Cataluña en el año 2000..... | 287 |
| Tabla 5.55: Estimación de las emisiones industriales en Cataluña durante el año 2000 ($t a^{-1}$). | 289 |
| Tabla 5.56: Valores de los parámetros $Factor_{eij}$ y $Pmoli$ para la especiación de las emisiones industriales horarias de CO, NO _x y SO _x | 290 |
| Tabla 5.57: Valores de los parámetros $Factor_{eij}$ y RtT_e para la especiación de las emisiones industriales horarias de NMCOV, para las categorías FORM, NR, PAR y TOL (USEPA, 2003)..... | 290 |
| Tabla 5.58: Valores del parámetro $Factor_{eij}$ para la especiación de las emisiones industriales horarias de NMCOV, de las categorías ALD2, ETH, OLE, XYL e ISOP (USEPA, 2003).. | 290 |
| Tabla 5.59: Emisiones de las industrias EMICAT2000 y EPER. ($t a^{-1}$)..... | 294 |

Capítulo 6

| | |
|---|-----|
| Tabla 6.1: Consumo energético en los sectores residencial y comercial en Cataluña durante el año 2000..... | 295 |
| Tabla 6.2: Factores de emisión seleccionados para el cálculo de las emisiones debido al consumo energético residencial y comercial ($g GJ^{-1}$)..... | 296 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 6.3: Emisión anual de contaminantes primarios y gases de efecto invernadero debido al consumo energético de combustibles fósiles en los sectores residencial y comercial en Cataluña durante el año 2000. | 299 |
| Tabla 6.4: Valores de los parámetros $Factor_{eij}$ y $Pmol_i$ para la especiación de las emisiones industriales horarias de CO , NO_x y SO_x | 303 |
| Tabla 6.5: Valores de los parámetros $Factor_{eij}$ y RtT_e para la especiación de las emisiones industriales horarias de NMCOV, para las categorías FORM, NR, PAR y TOL (USEPA, 2003)..... | 303 |
| Tabla 6.6: Valores del parámetro $Factor_{eij}$ para la especiación de las emisiones industriales orarias de NMCOV, de las categorías ALD2, ETH, OLE, XYL e ISOP (USEPA, 2003).... | 303 |
| Tabla 6.7: Emisiones debido al consumo de combustibles fósiles en los sectores residencial y comercial de Cataluña durante el año 2000 ($t a^{-1}$). | 303 |
| Tabla 6.8: Evaluación cualitativa de la incertidumbre de las emisiones de contaminantes primarios y gases de efecto invernadero debido al consumo de combustibles fósiles en los sectores doméstico y comercial en Cataluña durante el año 2000..... | 304 |
| Tabla 6.9: Factores de emisión de NMCOV debido al uso de disolvente en los sectores residencial - comercial asumidos para Cataluña. | 306 |
| Tabla 6.10: Emisiones mensuales y anual de NMCOV debido al uso de disolvente en los ámbitos doméstico – comercial en Cataluña durante el año 2000 ($t mes^{-1}$). | 308 |
| Tabla 6.11: Parámetros $Factor_{eij}$ y RtT_e para la especiación de las emisiones horarias de NMCOV, para las categorías FORM, NR, PAR y TOL (USEPA, 2003). | 309 |
| Tabla 6.12: Parámetro $Factor_{eij}$ para la especiación de las emisiones industriales horarias de NMCOV, de las categorías ALD2, ETH, OLE, XYL e ISOP (USEPA, 2003). | 309 |
| Tabla 6.13: Evaluación cualitativa de la incertidumbre de las emisiones de NMCOV debido al uso de disolvente en los ámbitos doméstico - comercial en Cataluña durante el año 2000. . | 310 |

Capítulo 7

| | |
|--|-----|
| Tabla 7.1: Resumen de emisiones en Cataluña durante el año 2000 ($kt a^{-1}$). | 312 |
| Tabla 7.2: Resumen de emisiones en Cataluña durante el año 2000 (%). | 312 |
| Tabla 7.3: Resumen comparativo de las emisiones anuales de EMICAT2000 por sectores y otros inventarios | 314 |
| Tabla 7.4: Calificación del nivel de incertidumbre por fuente de emisión. | 315 |
| Tabla 7.5: Reactividad de las categorías del mecanismo Carbon Bond 4 con el radical OH (EPA, 2003c). | 319 |
| Tabla 7.6: Aporte de los precursores de ozono en Cataluña durante l 4 de agosto de 2000. | 322 |

Capítulo 8

| | |
|--|-----|
| Tabla 8.1: Porcentajes de distribución vertical EMEP por sectores (EMEP, 2003). | 343 |
| Tabla 8.2: Valores de los parámetros $Factor_{eij}$ y $Pmol_i$ para la especiación de las emisiones horarias EMEP de CO , NO_x y SO_x | 344 |
| Tabla 8.3: Valores de los parámetros $Factor_{eij}$ y RtT_e para la especiación de las emisiones horarias EMEP de NMCOV, para las categorías FORM, NR, PAR y TOL. | 344 |
| Tabla 8.4: Valores del parámetro $Factor_{eij}$ para la especiación de las emisiones horarias EMEP de NMCOV, de las categorías ALD2, ETH, OLE, XYL e ISOP..... | 345 |

Lista de figuras

Capítulo 1

| | |
|--|----|
| Figura 1.1: Evolución del contenido de ozono troposférico (en ppb) en Europa por encima de la capa límite planetaria durante el siglo XX (Marenco, 1994)..... | 2 |
| Figura 1.2: Distribución mensual de eventos de superación de $180 \mu\text{g m}^{-3}$ de concentración de ozono en Cataluña para el período 1991 – 2000 (DMA, 2003)..... | 3 |
| Figura 1.3: Distribución diaria de eventos de superación de $180 \mu\text{g m}^{-3}$ de concentración de ozono en Cataluña para el período 1991 – 2000 (DMA, 2003)..... | 3 |
| Figura 1.4: Elementos requeridos para un estudio de dispersión con un Modelo de Transporte Químico. | 4 |
| Figura 1.5: Incremento en la concentración de CO_2 , CH_4 y N_2O durante la era industrial (IPCC, 2001)..... | 12 |

Capítulo 2

| | |
|---|----|
| Figura 2.1: Ubicación y características topográficas de Cataluña..... | 25 |
| Figura 2.2: Características climatológicas de Cataluña..... | 26 |
| Figura 2.3: Distribución espacial de las emisiones EMEP del año 2000 para Cataluña. | 31 |
| Figura 2.4: Emisiones EMEP de Cataluña para el año 2000 por sectores (t a^{-1}). | 32 |
| Figura 2.5: División del territorio de Cataluña para el desarrollo del inventario de emisiones atmosféricas. | 33 |

Capítulo 3

| | |
|--|----|
| Figura 3.1: Principales rutas de emisión de NMCOV desde la superficie foliar (Fall, 1999)..... | 35 |
| Figura 3.2: Estructura del isopreno..... | 36 |
| Figura 3.3: Variación del factor de corrección C_L en función de la PAR..... | 38 |
| Figura 3.4: Variación del factor de corrección C_T en función de la temperatura | 39 |
| Figura 3.5: Estructura de algunos monoterpenos | 39 |
| Figura 3.6: Variación del factor de corrección M en función de la temperatura. | 41 |
| Figura 3.7: Estructura de algunos OCOV..... | 41 |
| Figura 3.8: Ubicación de las estaciones de temperatura y radiación solar. | 42 |
| Figura 3.9 : Evolución mensual de la temperatura en Cataluña durante el año 2000..... | 46 |
| Figura 3.10: Evolución mensual de la radiación solar media diaria en Cataluña durante el año 2000..... | 50 |
| Figura 3.11: Mapas de usos del suelo de Cataluña para los años 1987, 1992 y 1997 (DMA, 2003). | 52 |
| Figura 3.12: Mapa de usos del suelo para Cataluña y zonas adyacentes, obtenido de la base de datos NATLAN 2000. Fuente: EEA, 2000..... | 53 |
| Figura 3.13 : Mapa de usos del suelo de Cataluña del año 1997 con resolución espacial en celdas de 1 km de lado..... | 54 |
| Figura 3.14: Cobertura de bosque de coníferas en Cataluña y especies asociadas. Fuente: (1) DMA (2003), (2) CREAM (2003). | 59 |
| Figura 3.15: Distribución en frecuencia de los valores de la densidad de biomasa foliar de las especies <i>Pinus halepensis</i> , <i>Pinus nigra</i> , <i>Pinus sylvestris</i> y <i>Quercus ilex</i> en Cataluña. | 60 |
| Figura 3.16: Cobertura de bosque esclerófilo en Cataluña y especies asociadas. Fuente: (1) DMA (2003), (2) CREAM (2003)..... | 62 |
| Figura 3.17: Cobertura de bosque caducifolio en Cataluña y especies asociadas. Fuente: (1) DMA(2003), (2) CREAM(2003). | 64 |
| Figura 3.18: Emisiones biogénicas de compuestos orgánicos volátiles en Cataluña durante el día 15 de agosto de 2000..... | 75 |

| | |
|---|-----|
| Figura 3.19: Perfiles medios de las emisiones biogénicas diarias de enero - marzo de 2000. | 76 |
| Figura 3.20: Perfiles medios de las emisiones biogénicas diarias de abril - junio de 2000. | 77 |
| Figura 3.21: Perfiles medios de las emisiones biogénicas diarias de julio - septiembre de 2000. ... | 78 |
| Figura 3.22: Perfiles medios de las emisiones biogénicas diarias de octubre - diciembre de 2000. | 79 |
| Figura 3.23: Emisiones biogénicas de compuestos orgánicos volátiles en Cataluña durante el año 2000. | 80 |
| Figura 3.24: Evolución de las emisiones medias diarias de isopreno en Cataluña durante el año 2000. | 82 |
| Figura 3.25: Evolución de las emisiones medias diarias de monoterpenos en Cataluña durante el año 2000. | 83 |
| Figura 3.26: Evolución de las emisiones medias diarias de OCOV en Cataluña durante el año 2000. | 84 |
| Figura 3.27: Distribución de la emisión de isopreno en Cataluña durante el año 2000. | 85 |
| Figura 3.28: Distribución de la emisión de monoterpenos en Cataluña durante el año 2000. | 86 |
| Figura 3.29: Distribución de la emisión de OCOV en Cataluña durante el año 2000. | 87 |
| Figura 3.30: Distribución de las emisiones biogénicas totales en Cataluña durante el año 2000. | 88 |
| Figura 3.31: Emisiones biogénicas de compuestos orgánicos volátiles en Cataluña durante el año 2000 por usos del suelo. | 90 |
| Figura 3.32: Distribución porcentual por usos del suelo de las emisiones biogénicas de compuestos orgánicos volátiles en Cataluña durante el año 2000. | 90 |
| Figura 3.33 : Componentes del modelo de emisiones biogénicas de EMICAT2000. | 92 |
| Figura 3.34: Valores horarios e intervalos de confianza del 95 % de las emisiones de monoterpenos para el día 15 de agosto de 2000. | 96 |
| Figura 3.35: Distribución espacial de las emisiones biogénicas de Cataluña durante el año 2000, (a) presente estimación, (b) obtenida del inventario europeo EMEP. | 100 |

Capítulo 4

| | |
|---|-----|
| Figura 4.1: Etapas del funcionamiento de un motor de gasolina: (1-3) admisión de la mezcla aire/combustible, (4-5) compresión, (6, 7) explosión y expansión, (8) expulsión de gases de combustión. | 106 |
| Figura 4.2: Emisiones de HC, CO y NO _x en función de la relación aire/combustible para un motor de gasolina (Johnson, 1988). | 107 |
| Figura 4.3: Red de vías de Cataluña considerada para la valoración de las emisiones por tráfico vehicular durante el año 2000. | 114 |
| Figura 4.4: Mapa de tráfico vehicular utilizado para la valoración de las emisiones por tráfico vehicular de Catalunya durante el año 2000. | 115 |
| Figura 4.5: Perfiles de variación mensual del tráfico de las autopistas de Cataluña en el año 2000. | 118 |
| Figura 4.6: Perfiles de variación mensual del tráfico vehicular en algunas calles de Barcelona. ... | 118 |
| Figura 4.7: Perfiles de variación horaria del tráfico vehicular en autopistas de Cataluña. | 122 |
| Figura 4.8: Perfiles de variación horaria del tráfico vehicular en algunas vías urbanas de Barcelona. | 123 |
| Figura 4.9: Composición del parque automotor de Cataluña para el año 2000. | 124 |
| Figura 4.10: Composición del parque de turismos de gasolina de Cataluña para el año 2000. | 126 |
| Figura 4.11: Comportamiento de los factores de emisión de NO _x en vehículos a gasolina de pasajeros. | 130 |
| Figura 4.12: Comportamiento de los factores de emisión de COV en vehículos a gasolina de pasajeros. | 132 |
| Figura 4.13: Comportamiento de los factores de emisión de CO en vehículos a gasolina de pasajeros. | 134 |
| Figura 4.14: Comportamiento de los factores de consumo de gasolina en vehículos de pasajeros. | 137 |
| Figura 4.15: Fracción de recorrido en frío en función de la temperatura para una longitud diaria de recorrido de 6.31 km. | 141 |
| Figura 4.16: Perfiles de temperatura mensual en el área de Barcelona para el año 2000. | 142 |

| | |
|--|-----|
| Figura 4.17: Relación entre los factores en frío y en caliente para la emisión de CO y NO _x | 144 |
| Figura 4.18: Relación entre los factores en frío y en caliente para la emisión de COV y consumo de combustibles. | 145 |
| Figura 4.19: Variación del término “ $\frac{F_j^{\text{frío}}}{F_j^{\text{caliente}}}(ta) - 1$ ” para el cálculo de las emisiones en frío... .. | 146 |
| Figura 4.20: Comportamiento temporal durante el año 2000 de los parámetros que definen los factores de emisión evaporativas. | 150 |
| Figura 4.21: Variación temporal durante el año 2000 de los factores de emisión evaporativas de los turismos de gasolina con emisiones incontroladas. | 151 |
| Figura 4.22: Emisión de NO _x , COV, CO debido al tráfico vehicular en Cataluña para un día laborable y festivo de agosto de 2000. | 155 |
| Figura 4.23: Distribución de las emisiones de NO _x en los días laborables y festivos, debido tráfico vehicular en Cataluña en agosto de 2000. | 156 |
| Figura 4.24: Distribución de las emisiones de COV en los días laborables y festivos, debido tráfico vehicular en Cataluña en agosto de 2000. | 157 |
| Figura 4.25: Distribución de la relación de emisión NO _x /COV de los días laborables y festivos, debido tráfico vehicular en Cataluña en agosto de 2000. | 158 |
| Figura 4.26: Emisión de contaminantes primarios debidas al tráfico vehicular en Cataluña durante el año de 2000. | 160 |
| Figura 4.27: Emisiones de NO _x debidas al tráfico vehicular en Cataluña durante el año 2000. | 162 |
| Figura 4.28: Distribución geográfica de las emisiones de NO _x debidas al tráfico vehicular en Cataluña durante el año 2000. | 163 |
| Figura 4.29: Emisiones de CO debidas al tráfico vehicular en Cataluña durante el año 2000. | 164 |
| Figura 4.30: Distribución geográfica de las emisiones de CO debidas al tráfico vehicular en Cataluña durante el año 2000. | 165 |
| Figura 4.31: Emisiones de COV debidas al tráfico vehicular en Cataluña durante el año 2000. | 166 |
| Figura 4.32: Distribución geográfica de las emisiones de COV debidas al tráfico vehicular en Cataluña durante el año 2000. | 167 |
| Figura 4.33: Emisiones de COV evaporativas debidas al tráfico vehicular en Cataluña durante el año 2000. | 168 |
| Figura 4.34: Emisiones de SO ₂ debidas al tráfico vehicular en Cataluña durante el año 2000. | 170 |
| Figura 4.35: Distribución geográfica de las emisiones de SO ₂ debidas al tráfico vehicular en Cataluña durante el año 2000. | 171 |
| Figura 4.36: Emisiones de partículas debidas al tráfico vehicular en Cataluña en el año 2000. | 172 |
| Figura 4.37: Distribución geográfica de las emisiones de partículas de combustión debidas al tráfico vehicular en Cataluña durante el año 2000. | 173 |
| Figura 4.38: Emisiones de gases de efecto invernadero debidas al tráfico vehicular en Cataluña durante el año 2000. | 174 |
| Figura 4.39: Distribución geográfica de las emisiones de gases de efecto invernadero debidas al tráfico vehicular en Cataluña durante el año 2000. | 175 |
| Figura 4.40: Emisión de NO _x debida al tráfico vehicular en Cataluña durante el año 2000 por categorías de vehículos. | 178 |
| Figura 4.41: Emisión de CO debida al tráfico vehicular en Cataluña durante el año 2000 por categorías de vehículos. | 179 |
| Figura 4.42: Emisión de COV debida al tráfico vehicular en Cataluña durante el año 2000 por categorías de vehículos. | 181 |
| Figura 4.43: Emisiones evaporativas de COV debidas al tráfico vehicular en Cataluña durante el año 2000 por categorías de vehículos. | 182 |
| Figura 4.44: Emisión de SO ₂ debida al tráfico vehicular en Cataluña durante el año 2000 por categorías de vehículo. | 183 |
| Figura 4.45: Emisión de partículas debido al tráfico vehicular en Cataluña durante el año 2000 por categorías de vehículos. | 184 |
| Figura 4.46: Emisión de contaminantes primarios debida al tráfico vehicular en Cataluña durante el año 2000 por categorías de vehículos. | 185 |

| | |
|---|-----|
| Figura 4.47: Emisión de contaminantes primarios debida al tráfico vehicular en Cataluña durante el año 2000 por categorías de vehículos..... | 186 |
| Figura 4.48: Emisión de gases de efecto invernadero debidas al tráfico vehicular en Cataluña durante el año 2000 por categorías de vehículos..... | 187 |
| Figura 4.49: Elementos del modelo de emisiones del tráfico vehicular..... | 195 |

Capítulo 5

| | |
|--|-----|
| Figura 5.1: Composición de la potencia del equipo generador de energía eléctrica en Cataluña en el año 2000..... | 213 |
| Figura 5.2: Composición de la producción bruta de energía eléctrica en Cataluña en el año 2000. | 214 |
| Figura 5.3: Ubicación de las centrales térmicas convencionales de gas natural/fuelóleo bia y de incineración de residuos existentes en Cataluña en el año 2000. | 217 |
| Figura 5.4: Fracción mensual de generación eléctrica de las centrales convencionales de gas natural, fuelóleo Bia y carbón en Cataluña durante el año 2000 (DICT, 2000a; b; c; d; e, f, g; h; i; j; k; l). | 217 |
| Figura 5.5: Perfiles horarios de generación eléctrica para días laborables y no laborables de enero a marzo del año 2000. Fuente: Elaborado con información histórica obtenida de la página Web de Red Eléctrica de España (REE, 2003). | 219 |
| Figura 5.6: Perfiles horarios de generación eléctrica para días laborables y no laborables de abril a junio del año 2000. Fuente: Elaborado con información histórica obtenida de la página Web de Red Eléctrica de España (REE, 2003). | 220 |
| Figura 5.7 : Perfiles horarios de generación eléctrica para días laborables y no laborables de julio a septiembre del año 2000. Elaborado con información histórica obtenida de la página Web de Red Eléctrica de España (REE, 2003). | 221 |
| Figura 5.8 : Perfiles horarios de generación eléctrica para días laborables y no laborables de septiembre a diciembre del año 2000. Elaborado con información histórica obtenida de la página Web de Red Eléctrica de España (REE, 2003). | 222 |
| Figura 5.9: Emisión anual de contaminantes primarios y gases de efecto invernadero, debido a la generación de energía eléctrica en Régimen Ordinario en Cataluña durante el año 2000. | 226 |
| Figura 5.10: Emisión mensual de contaminantes primarios y gases de efecto invernadero, debido a la generación de energía eléctrica en Régimen Ordinario en Cataluña durante el año 2000 (t mes ⁻¹). | 228 |
| Figura 5.11: Emisión mensual de NO _x , SO ₂ y gases de efecto invernadero, debido a la generación de energía eléctrica en las centrales de Régimen Ordinario en Cataluña durante el año 2000. | 229 |
| Figura 5.12: Emisiones horarias de contaminantes primarios durante los días laborables y festivos de enero, debido a la producción de energía en Régimen Ordinario (t h ⁻¹). | 230 |
| Figura 5.13: Emisiones horarias de contaminantes primarios durante los días laborables y festivos de agosto, debido a la producción de energía en Régimen Ordinario (t h ⁻¹). | 231 |
| Figura 5.14: Ubicación de las centrales de cogeneración existentes en Cataluña en el año 2000 . | 236 |
| Figura 5.15: Emisiones horarias de NO y SO ₂ de la chimenea de cogeneración de Repsol Petróleo durante el año 2000. Fuente: procesado de los registros de emisión horario de la red XEAC. | 237 |
| Figura 5.16: Emisiones horarias de NO _x , NMCOV y CO de la chimenea de la Línea 1 de la incineradora de Mataró (TVRM) durante el año 2000. | 240 |
| Figura 5.17: Emisiones horarias de NO _x , CO y PST de la chimenea de la Línea 2 de la incineradora de Mataró (TVRM) durante el año 2000. | 242 |
| Figura 5.18: Emisiones horarias de NO _x y SO ₂ de la chimenea de las Líneas 1 y 2 de la incineradora de Tarragona (SIRUSA) durante el año 2000. | 243 |
| Figura 5.19: Emisión anual de contaminantes primarios y gases de efecto invernadero debido a la generación de energía eléctrica mediante cogeneración en Cataluña durante el año 2000. | 246 |

| | |
|--|-----|
| Figura 5.20: Emisiones horarias de contaminantes primarios debido a la producción de energía mediante cogeneración ($t h^{-1}$)..... | 247 |
| Figura 5.21: Emisión anual de contaminantes primarios y gases de efecto invernadero debido a la incineración de residuos en Cataluña durante el año 2000. | 249 |
| Figura 5.22: Emisión de contaminantes primarios durante los días 14 y 15 de agosto de 2000, debido a la incineración de residuos en Cataluña ($kg h^{-1}$). | 250 |
| Figura 5.23: Composición de la emisión de contaminantes primarios y gases de efecto invernadero por la generación de energía eléctrica en Régimen Especial en el año 2000..... | 251 |
| Figura 5.24: Emisión anual de contaminantes primarios y gases de efecto invernadero debido a la generación de energía eléctrica en Cataluña durante el año 2000..... | 253 |
| Figura 5.25: Ubicación de las plantas de producción de cemento portland en Cataluña..... | 260 |
| Figura 5.26: Emisión de contaminantes primarios y gases de efecto invernadero debido a la producción de cemento en Cataluña durante el año 2000..... | 263 |
| Figura 5.27: Magnitud anual de las emisiones de CO_2 debido a la producción de cemento en Cataluña durante el año 2000..... | 264 |
| Figura 5.28: Emisiones horarias de contaminantes primarios debido a la producción de cemento en Cataluña durante el año 2000 ($kg h^{-1}$). | 264 |
| Figura 5.29: Registros horarios del caudal y de las emisiones de SO_2 de la chimenea de gases de combustión de la refinería de Repsol Petróleo durante el año 2000..... | 268 |
| Figura 5.30: Registros horarios del caudal de la chimenea de gases de combustión de la planta de olefinas de Repsol durante el año 2000. | 269 |
| Figura 5.31: Registros horarios de la opacidad y de las emisiones de NO y SO_2 de la chimenea de gases de combustión de la planta de olefinas de Repsol durante el año 2000. | 270 |
| Figura 5.32: Registros horarios del caudal y de la opacidad de la chimenea de gases de combustión de la planta de olefinas de Dow Chemical durante el año 2000..... | 271 |
| Figura 5.33: Emisión anual de contaminantes primarios y gases de efecto invernadero debido al refinado de petróleo en Cataluña durante el año 2000..... | 275 |
| Figura 5.34: Magnitud anual de las emisiones de CO_2 debido a la producción de cemento en Cataluña durante el año 2000..... | 276 |
| Figura 5.35: Emisiones horarias de contaminantes primarios en los días 15 y 16 de agosto de 2000 debido al refinado de petróleo en Cataluña durante el año 2000 ($t h^{-1}$). | 276 |
| Figura 5.36: Emisión anual de contaminantes primarios y gases de efecto invernadero debido a la producción de olefinas en Cataluña durante el año 2000..... | 278 |
| Figura 5.37: Emisiones horarias de contaminantes primarios en los días 15 y 16 de agosto de 2000 debido a la producción de refinado en Cataluña durante el año 2000 ($t h^{-1}$). | 279 |
| Figura 5.38: Registros horarios del caudal y de las emisiones de NO_x de la chimenea de Basf Española S.A. durante el año 2000. | 281 |
| Figura 5.39: Registros horarios de las emisiones de NO_x de las chimeneas de incineración de efluentes líquidos y gaseosos de Solvay Vinilis durante el año 2000 ($kg h^{-1}$)..... | 282 |
| Figura 5.40: Registros horarios de las emisiones de NO_x y PST de la chimenea del horno de fusión de Saint Gobain Montblanc durante el año 2000 ($kg h^{-1}$). | 283 |
| Figura 5.41: Magnitud de las emisiones de NO_x , NMCOV y SO_2 de algunas industrias de Cataluña ($t a^{-1}$). | 288 |
| Figura 5.42: Composición de los establecimientos incluidos en el <i>Registre d'Establiments Industrials de Catalunya</i> (REIC, 2004)..... | 292 |
| Figura 5.43: Clasificación de los establecimientos incluidos en el <i>Registre d'Establiments Industrials de Catalunya</i> (REIC, 2004)..... | 292 |
| Figura 5.44: Distribución de los establecimientos industriales de Cataluña por rangos de consumo energético (De Juan, 1998)..... | 293 |

Capítulo 6

| | |
|--|-----|
| Figura 6.1: Mapa de densidad de población de Cataluña en el año 2000..... | 297 |
| Figura 6.2: Perfiles mensual y horarios de la demanda energética de combustibles fósiles en los sectores residencial y comercial de Cataluña durante el año 2000 (%). | 298 |

| | |
|--|-----|
| Figura 6.3: Emisión anual de contaminantes primarios y gases de efecto invernadero debido al consumo de combustibles fósiles en los sectores residencial y comercial Cataluña durante el año 2000. | 300 |
| Figura 6.4: Distribución de las anuales de NO _x debido al consumo de combustibles fósiles en los sectores residencial y comercial Cataluña durante el año 2000. | 301 |
| Figura 6.5: Evolución de las emisiones mensuales de contaminantes primarios debido al consumo de combustibles fósiles en los sectores residencial y comercial en Cataluña durante el año 2000 (t mes ⁻¹). | 301 |
| Figura 6.6: Emisiones horarias de contaminantes primarios para un día de enero y agosto debido al consumo de combustibles fósiles en los sectores residencial y comercial durante el año 2000 (kg h ⁻¹). | 302 |
| Figura 6.7: Perfiles de desagregación temporal para las emisiones de NMCOV por uso de disolvente. | 307 |
| Figura 6.8: Emisiones mensuales de NMCOV debido al uso de disolvente en los ámbitos doméstico – comercial en Cataluña durante en el año 2000 (t mes ⁻¹). | 308 |
| Figura 6.9: Perfil de las emisiones horarias de agosto de 2000, debido al uso de disolvente en los ámbitos doméstico – comercial en Cataluña durante (t h ⁻¹). | 309 |

Capítulo 7

| | |
|--|-----|
| Figura 7.1: Emisión en el año 2000 de contaminantes primarios por sectores (kt a ⁻¹). | 313 |
| Figura 7.2: Emisiones mensuales de NO _x en Cataluña durante el año 2000 (t mes ⁻¹). | 316 |
| Figura 7.3: Emisiones mensuales de NMCOV en Cataluña durante el año 2000 (t mes ⁻¹). | 316 |
| Figura 7.4: Emisiones mensuales de CO en Cataluña durante el año 2000 (t mes ⁻¹). | 317 |
| Figura 7.5: Emisiones mensuales de SO ₂ en Cataluña durante el año 2000 (t mes ⁻¹). | 317 |
| Figura 7.6: Emisiones mensuales de partículas en Cataluña durante el año 2000 (t mes ⁻¹). | 318 |
| Figura 7.7: Perfiles de especiación de las emisiones de NMCOV de la vegetación, tráfico vehicular y uso de disolvente, según las categorías del mecanismo CB4 (%). | 320 |
| Figura 7.8: Perfiles de especiación de las emisiones de NMCOV industriales, según las categorías del mecanismo CB4 (%). | 321 |
| Figura 7.9: Aporte de los precursores de ozono en Cataluña durante el 14 de agosto de 2000 (kmol d ⁻¹). | 323 |
| Figura 7.10: Distribución de las emisiones de las categorías ALD2, OLE, PAR y XYL en Cataluña durante el 14 de agosto de 2000. | 324 |
| Figura 7.11: Evolución horaria de emisiones de la categoría ALD2 durante el 14 de agosto de 2000. | 325 |
| Figura 7.12: Mapas de la concentración de ozono en superficie obtenidos con Models-3 con las emisiones de EMICAT2000 (13 de agosto de 2000). | 327 |
| Figura 7.13: Concentraciones de ozono en superficie observados vs simulados, en las estaciones de Vic, Barcelona, Alcover y Manlleu, durante el 13 de agosto de 2000. | 328 |
| Figura 7.14: Mapa de ozono en superficie a las 16:00 horas del 13 de agosto de 2000. | 328 |

Capítulo 8

| | |
|--|-----|
| Figura 8.1: Estructura del modelo de emisiones EMICAT2000. | 331 |
| Figura 8.2: Entorno de trabajo de EMICAT2000. | 332 |
| Figura 8.3: Configuración de filas y columnas del sistema de referencia para el archivo de emisiones. | 334 |
| Figura 8.4: Ejemplo de configuración general del bloque de los datos de emisión por especie. | 334 |
| Figura 8.5: Organización de la información para una especie por horas. | 334 |
| Figura 8.6: Organización de la información para una especie por capas. | 334 |
| Figura 8.7: Organización de la información para una especie por filas. | 335 |
| Figura 8.8: Organización de la información para una especie por filas. | 335 |
| Figura 8.9: Ejemplo de bloque de datos de emisión. | 336 |
| Figura 8.10: Emisiones de la categoría PAR (enlace parafínico) para las 12 horas del día 15 de agosto de 2000, con celdas de 1 y 2 km | 338 |

| | |
|--|-----|
| Figura 8.11: Emisiones de la categoría PAR (enlace parafínico) para las 12 horas del día 15 de agosto de 2000, con celdas de 4 y 8 km..... | 339 |
| Figura 8.12: Dominio de análisis para la generación de las condiciones iniciales y de contorno .. | 340 |
| Figura 8.13: Coeficientes de desagregación mensual de las emisiones EMEP del año 2000 para España. (EMEP, 2003)..... | 342 |
| Figura 8.14: Coeficientes de desagregación diaria para las emisiones EMEP del año 2000 para España (EMEP, 2003)..... | 342 |
| Figura 8.15: Coeficientes de desagregación horaria para las emisiones EMEP del año 2000 (EMEP, 2003). | 343 |
| Figura 8.16: Mapa de las emisiones biogénicas del día 15 de agosto de 2000, de la Península Ibérica, norte de Africa y sur de Francia..... | 346 |
| Figura 8.17: Mapas de las emisiones de las 12:00 horas de las categorías NO y TOL del día 13 de agosto de 2000, de la Península Ibérica, norte de Africa y sur de Francia..... | 346 |