

## Capítulo 9

### Conclusiones

EMICAT2000 es un modelo de emisiones de contaminantes atmosféricos en Cataluña que proporciona inventarios del año 2000 de alta resolución espacial (1 km<sup>2</sup>) y temporal (1 hora), aptos para ser utilizados en modelos de transporte químico. Este modelo de emisiones se estructura con submodelos de cálculo de distinta complejidad, adaptados para describir de la mejor manera el comportamiento de las fuentes de emisión de Cataluña. Aunque en su desarrollo se priorizaron los inventarios horarios de los precursores de O<sub>3</sub>, la integración de las emisiones de los contaminantes primarios y gases de efecto invernadero en los ciclos mensuales y anual, permite adicionalmente el uso de sus resultados con objetivos de política y gestión ambiental.

EMICAT2000 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 residencial - comercial. Estas fuentes definen la configuración de las emisiones mayoritarias y dominantes en Cataluña. La inclusión de nuevas fuentes irá aportando información a nivel de detalle.

EMICAT2000 es potencialmente una poderosa herramienta de gestión ambiental, que goza de total libertad, flexibilidad y control en materia de emisiones. Sus archivos de emisión están siendo explotados exitosamente con Models-3 (desarrollado por la *Environmental Protection Agency* de los Estados Unidos), uno de los más prestigiosos modelos de calidad del aire. El módulo de emisiones de Models-3 en los Estados Unidos, requiere previamente la integración de los resultados de varios modelos de emisiones (como GLOBEIS o BEIS3 para las emisiones de la vegetación, o MOBILE6 para las emisiones de tráfico). La información de las emisiones previamente debe ser procesada con utilitarios como MEPPS o SMOKE. Por lo tanto el uso de Models-3 en otras regiones no es directo, es poco flexible y dificultoso. Uno de los aportes más importantes de EMICAT2000 es haber superado esta dificultad.

Con el desarrollo de EMICAT2000 se cumplieron los objetivos de esta tesis doctoral, ya que:

- ❑ utiliza información y modelos de cálculo actuales y contrastados.
- ❑ define el patrón de las emisiones en Cataluña.
- ❑ los componentes del modelo están debidamente documentados, son transparentes, de fácil actualización y están enlazados de manera versátil.
- ❑ utiliza para la especiación de las emisiones, el mecanismo químico Carbon Bond 4, que proporciona resultados representativos del actual estado del arte de los mecanismos existentes (Jiménez *et al.*, 2003).
- ❑ los inventarios se acompañan de un análisis de incertidumbre.

Con respeto al último punto, no fue posible desarrollar una valoración cuantitativa de la incertidumbre para cada fuente de emisión, debido a la carencia de suficiente información estadística y también en parte por la propia incapacidad de los actuales programas comerciales de SIG que no permiten guardar registros según su distribución estadística. No obstante los componentes más importantes de emisión se acompañan de un análisis cualitativo de la incertidumbre, que identifican claramente aquellos aspectos que pueden ser mejorados.

EMICAT2000 puede ser la base para el pronóstico de la calidad del aire en Cataluña, bajo distintos escenarios, como el efecto del cambio del parque automotor que va incorporando vehículos de diseño más exigente en materia de emisiones, el privilegio a futuro de los vehículos diesel, o la influencia del cambio de las características de los combustibles, por citar algunas posibilidades.

Entre los elementos requeridos para los estudios de simulación fotoquímica, la obtención de inventarios de emisiones de alta resolución espacial y temporal posiblemente es uno de los componentes que demanda mayor esfuerzo y recursos, pero los beneficios y sus potenciales usos justifican plenamente la inversión.

EMICAT2000 fue desarrollado dando prioridad al enfoque *bottom - up*, sin embargo y principalmente debido a la carencia de información a nivel de la resolución espacial adoptada (1 km<sup>2</sup>), en la práctica siempre existe una combinación o complemento del enfoque *top - down*.

En los capítulos correspondientes se incluyeron apartados de discusión por fuente de emisión. De ellos, en las siguientes secciones se recapitulan los aspectos considerados más relevantes con relación a los aportes de EMICAT2000 o las implicaciones de sus resultados.

### 9.1 Sobre las emisiones biogénicas

EMICAT2000 incorpora una versión reciente de factores de emisión por uso de suelo, estructurados luego de un exhaustivo proceso de recolección, análisis y selección de factores de emisión por especie vegetal, con prioridad de aquellos deducidos en Cataluña o en la zona mediterránea. Para los usos de suelo correspondientes a los bosques, fue posible el uso de reciente información, proveniente del *Inventari Ecològic i Forestal de Catalunya* (CREAF, 2003). Esta información permitió definir el aporte ponderado por especie vegetal para los bosques de coníferas, caducifolias y esclerófilas. Sin embargo, para el matorral mediterráneo (que cubre el 27 % del territorio de Cataluña e incluye especies arbustivas), no fue posible definir pesos ponderados y los factores de emisión para este uso del suelo se definieron con valores medios de las tasas emisoras de las especies vegetales más importantes.

Para los usos del suelo correspondientes a los cultivos herbáceos y frutales los pesos emisores de las especies vegetales se definieron mediante los registros estadísticos oficiales de producción en Cataluña en el año 1999.

Para un grupo de especies vegetales (*Quercus ilex*, *Erica arborea* y *Pinus halepensis*) fue posible incluir la variación de los factores de emisión por estaciones. Este aspecto implica la asignación de menores tasas de emisión en verano con respecto a primavera, debido al estrés del verano seco y caluroso en Cataluña que afecta la capacidad emisora de las especies (Llusia and Peñuelas, 1998, 2000)

El modelo de cálculo incorpora el particular comportamiento emisor de ciertas especies mediterráneas (*Quercus ilex* y *Quercus coccifera*) que curiosamente emiten monoterpenos sólo en presencia de radiación solar. Sería la primera vez que se incluye esta característica en un modelo de emisiones de Cataluña para estudios de simulación fotoquímica.

El comportamiento emisor de la especie *Quercus ilex* es interesante. En Norte América y en el norte de Europa, al género *Quercus* se le considera una especie altamente emisora de isopreno (70 µg g<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>) y poco emisora de monoterpenos (0.2 µg g<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>) (Guenther, 1999). Sin embargo el *Quercus ilex* de la zona mediterránea no emite isopreno, y se le asignaron tasas de emisión de monoterpenos entre 1.7 y 11.3 µg g<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>. Este caso ejemplifica la complejidad de las emisiones biogénicas y la falta de conocimiento que aún existe sobre el tema. Por lo tanto, se resalta la importancia de utilizar en lo posible factores de emisión deducidos en la propia zona de estudio y el

potencial riesgo que implica utilizar factores de emisión de una especie vegetal registrados en regiones con características diferentes a la zona de interés.

EMICAT2000 utiliza una extensa base datos de registros horarios en superficie de la temperatura (81 estaciones) y de la radiación solar (88 estaciones), que describen de manera adecuada su configuración espacial y temporal en la zona de estudio.

La emisión anual de EMICAT2000 (46.9 kt a<sup>-1</sup> de NMCOV, 52 % monoterpenos, 35 % OCOV, 13 % isopreno) es sólo un 10 % inferior al valor presentado por Gómez (1998) (50.9 kt a<sup>-1</sup> de NMCOV, 46 % monoterpenos, 21 % OCOV, 33 % isopreno). Esta aparente similitud no implica que las estimaciones sean equivalentes o que los niveles de incertidumbre sean bajos. De hecho, la participación porcentual, especialmente de isopreno (el COV más reactivo) es diferente, lo que implica que los patrones de emisión sean diferentes, en especial para ámbitos locales y a corto plazo. La estimación de EMICAT2000 es cualitativamente de mayor fiabilidad.

La estimación por medio del inventario EMEP (88.8 kt a<sup>-1</sup>), es el doble del valor obtenido con EMICAT2000. Esta sobre valoración se debe posiblemente al uso de factores de emisión relativamente altos que no incluyen la influencia del estrés hídrico en verano, entre otros.

Debido a la complejidad de la biodiversidad vegetal de Cataluña, la utilización de factores de emisión por categorías de uso de suelo, constituye un enfoque pragmático y efectivo. La estimación de las emisiones mediante el uso de factores de emisión por especie vegetal puede ser viable para otras regiones con menor diversidad vegetal, como sucede en el norte de Europa; o si se dispone de un mapa detallado de cobertura por especies vegetales.

Dentro de la compleja interacción de factores que intervienen en las emisiones de la vegetación, EMICAT2000 solamente incluye la influencia de la temperatura y de la radiación solar, los dos factores abióticos cuyos efectos son los más conocidos e importantes.

Aproximadamente un 50 % de la emisión anual de NMCOV ocurre en los meses de verano, siendo el matorral mediterráneo (37 %) y el bosque de coníferas (34 %), los usos de suelo emisores más importantes

La disponibilidad de factores de emisión deducidos en Cataluña es aún escasa, especialmente para el isopreno. Se considera por tanto que la determinación de factores de emisión locales de isopreno y la mejor caracterización de las especies arbustivas del matorral mediterráneo, son temas prioritarios de investigación. Adicionalmente es necesario caracterizar la variación estacional de la biomasa foliar.

Se destaca también la menor disponibilidad de factores de emisión para las especies agrícolas. Hay un número limitado de artículos al respecto y los años de publicación no son recientes. Para estas especies, sólo se dispone de algunas mediciones en Cataluña para los olivos.

Por estos motivos, se considera que el uso de modelos de emisiones matemáticamente más desarrollados al momento es prematuro.

En general, se atribuyen altos niveles de incertidumbre a los inventarios de emisiones biogénicas. De la estimación preliminar de la incertidumbre de las emisiones horarias de monoterpenos, presentada en el Capítulo 3, se pueden esperar variaciones de al menos  $\pm 60$  % sobre el valor total de emisión en Cataluña. Se considera que los factores de incertidumbre anuales presentados por Simon *et al.* (2001) (4 para el isopreno, 5 para los monoterpenos y 7 para los OCOV) pueden ser tomados como factores de variación mínimos para Cataluña.

Cualitativamente, se asignan los mejores niveles de certidumbre a las emisiones de monoterpenos. Las emisiones de isopreno y especialmente de los OCOV tienen un nivel alto de incertidumbre.

## 9.2 Sobre las emisiones del tráfico vehicular

EMICAT2000 incorpora un modelo complejo para las emisiones de tráfico vehicular, que se basa en una red digital de todas las autopistas, y de las carreteras y vías urbanas con intensidades medias diarias de tráfico mayores a 3 000 vehículos. Incorpora las emisiones del escape en caliente y en frío, así como las emisiones evaporativas (diurnas, por detención y por recorrido) provenientes de 36 categorías de vehículos.

Los factores de emisión, o las expresiones para su determinación (funciones de la velocidad) provienen fundamentalmente de Ntziachristos y Samaras (2000), que se considera actualmente como la mejor referencia a nivel europeo. No obstante, se esperan actualizaciones y mejoras sistemáticas, a medida que se vaya obteniendo más información y entendiendo mejor las complejas relaciones que definen las emisiones del tráfico vehicular.

Como aporte en relación a estimaciones anteriores, EMICAT2000 utiliza una composición más sustentada del parque automotor circulante, combinando la composición porcentual del parque automotor y las relaciones de distancias de recorrido anuales por grupos de vehículos. En el enfoque utilizado por Costa (1995) y Delgado (1997), se asume que en un tramo de vía, la composición de los vehículos tiene la misma composición porcentual del parque automotor de toda Cataluña. De ello resulta erróneamente que un vehículo de carga a diesel (que es una herramienta de trabajo) tiene un recorrido anual igual al de un vehículo de pasajeros de uso privado. El enfoque de EMICAT2000 corresponde de mejor manera a la realidad y sus resultados se corroboran con los datos estadísticos de consumo de combustibles del sector transporte, que asigna un mayor uso de diesel comparado con la gasolina, a pesar de que los vehículos a gasolina constituyen el 70 % del parque automotor. En los últimos años, sin embargo la proporción de vehículos de gasolina va disminuyendo, debido a la mayor incorporación paulatina de los vehículos de diesel.

En sentido estricto, EMICAT2000 al momento no proporciona inventarios de emisiones completos, ya que no incluye a todas las vías de Cataluña, debido a que no se priorizaron las vías con intensidades de tráfico diarias menores a 3 000 vehículos, la no disponibilidad o entrega de información. La desventaja más importante del enfoque *bottom-up* posiblemente sea el esfuerzo y el detalle de la información requeridos para la inclusión de las vías con menores intensidades de tráfico. No obstante, las emisiones en la zona de influencia directa de los frentes de brisa (borde de la costa), que abarca al Área Metropolitana de Barcelona y los ejes de las autopistas y vías que siguen de manera más o menos paralela el borde de costa, están cubiertos satisfactoriamente, de modo que las emisiones son aptas para ser utilizadas en estudios de modelización fotoquímica. La inclusión paulatina de vías con tráfico bajo, que se emplazan en su mayoría al interior de Cataluña, aportarán un beneficio marginal cada vez menor a un costo cada vez más alto.

Adicionalmente, EMICAT2000 aporta una mejor caracterización de las emisiones de precursores de  $O_3$  en los días festivos, considerando la disminución en la circulación de los vehículos de carga. Hay una reducción de un 20 % en las emisiones de  $NO_x$ , aunque las emisiones de COV se mantienen esencialmente similares. Los efectos de esta reducción; que se conoce como el efecto fin de semana (*weekend effect*), actualmente son objeto de un profundo análisis, especialmente en los Estados Unidos. Varios estudios indican que la reducción en las emisiones de  $NO_x$  implica una mayor concentración de  $O_3$  en zonas con régimen limitado por COV (como las zonas urbanas); en tanto que se esperan reducciones de  $O_3$  en zonas con régimen limitado por  $NO_x$ . El primer análisis de este fenómeno en Cataluña está actualmente en desarrollo con la aplicación de las emisiones de EMICAT2000.

La estructura anual de las emisiones de contaminantes primarios se conforma con 62.4 kt a<sup>-1</sup> de  $NO_x$  (16 %), 50.5 kt a<sup>-1</sup> de COV (13 %), 259 kt a<sup>-1</sup> de CO (67 %), 1.3 kt a<sup>-1</sup> de  $SO_2$  (0.3 %) y 15.7 kt a<sup>-1</sup> de PST (4 %). Las emisiones anuales de EMICAT2000 son coherentes con las tendencias de reducción de las emisiones en Europa, en el período 1990 – 2000 (Capítulo 4).

Con respecto a las emisiones de NO<sub>x</sub>, el mayor aporte proviene de los vehículos de carga pesada a diesel (37 %), seguido de los turismos a gasolina sin catalizador (30 %), vehículos de carga pesada a gasolina (20 %), turismos a gasolina con catalizador (7 %) y turismos a diesel (6 %).

Con respecto a las emisiones de VOC, el mayor aporte anual proviene de los turismos a gasolina sin catalizador (38%), motocicletas (30 %), vehículos de carga pesada a gasolina (14 %), turismos de gasolina con catalizador (10 %) y vehículos de carga pesada a diesel (6 %).

La distancia total anual recorrida registrada en EMICAT2000 asciende a 32 202 Mkm; de los cuales, el 25 % corresponde a los turismos a diesel, 23 % a los turismos a gasolina con catalizador, 22 % a los turismos a gasolina sin catalizador, 20 % a los turismos a diesel, 6 % a las motocicletas y 5 % a los vehículos de carga pesada a diesel.

Los vehículos a gasolina representan el 70 % del parque automotor en Cataluña, pero son responsables del 57 % de las emisiones de NO<sub>x</sub> y del 92 % de las emisiones de COV.

Cualitativamente, se obtuvo un mismo nivel de incertidumbre para las emisiones del escape en caliente de NO<sub>x</sub>, COV y CO. Se obtuvo un nivel de mayor de incertidumbre para las emisiones evaporativas de COV. Las estimaciones con mayores niveles de incertidumbre corresponden a las emisiones evaporativas diurnas y por detención.

Debido al cambio permanente en el parque automotor, las nuevas exigencias legislativas en materia de emisiones, la mejor caracterización de los factores de emisión, la propia evolución y mejora del conocimiento del comportamiento emisor de los vehículos; los modelos de emisiones de tráfico demandan permanente actualización.

De los elementos incorporados en EMICAT2000, se puede afirmar que el modelo de emisiones de tráfico es el más complejo, debido a la gran cantidad de información y bases de datos que gestiona, así como a los diferentes enfoques y criterios de tipo *bottom – up* y *top – down* que se complementan para el cálculo final de las emisiones.

### 9.3 Sobre las emisiones industriales

EMICAT2000, en relación a los niveles de emisión de contaminantes del aire, incluye a los centros industriales más importantes de Cataluña. Considera las emisiones debido a la generación eléctrica tanto de la infraestructura en Régimen Ordinario (centrales convencionales de fuelóleo, gasóleo, gas natural y carbón) como en Régimen Especial (cogeneración e incineración de residuos) más importantes en materia de emisiones. Incluye también las emisiones de combustión y de proceso/fugitivas de las refinerías, plantas de olefinas, cementeras, algunas industrias químicas y otros focos.

Incorpora los medidas en continuo de 12 grandes chimeneas (1 planta de cogeneración, 1 refinería, 3 incineradoras, 2 plantas de olefinas, 3 químicas y 2 fábricas de vidrio) de industrias que se emplazan en su mayoría en Tarragona. Estos registros varían en cuanto a los contaminantes y parámetros de funcionamiento medidos. La cobertura en el ciclo anual es variable y existen períodos intermedios sin medidas. Conociendo que el funcionamiento de estas chimeneas fue continuo en el año 2000, previo a la incorporación de esta información en EMICAT2000, se llenaron los datos faltantes, asumiendo perfiles medios obtenidos con los registros existentes.

Para la estimación de las emisiones de los otros focos se desarrolló un trabajo específico para asegurar la calidad de los factores de emisión seleccionados, de los niveles de actividad y de los criterios de desagregación temporal.

En conjunto, este grupo aporta 41.2 kt a<sup>-1</sup> de NO<sub>x</sub> (29 %), 22.8 kt a<sup>-1</sup> de NMCOV (16 %), 7.3 kt a<sup>-1</sup> de CO (5 %), 61.1 kt a<sup>-1</sup> de SO<sub>2</sub> (44 %) y 7.5 kt a<sup>-1</sup> de PST (5 %). Comparativamente representan el

85 % y 101 % de las emisiones de NO<sub>x</sub> y NMCOV respectivamente, atribuibles a Cataluña mediante el inventario EMEP.

El consumo de energía es bastante desequilibrado entre los 9 500 establecimientos industriales (con más de 9 trabajadores) registrados en Cataluña. El 2 % de los establecimientos industriales (aproximadamente 160 centros) consumen el 68 % de la energía y por tanto son los de mayor interés en relación a la emisión de contaminantes del aire. Dentro de los 170 centros industriales que incluye EMICAT2000, se agrupan justamente aquellos con mayor demanda energética. Por lo tanto, los focos de emisión que actualmente incorpora EMICAT2000, cubrirían satisfactoriamente las emisiones de este sector. La falta de otras industrias con niveles de emisión menores se atenúa en agosto, mes de vacaciones durante el cuál las actividades de las industrias pequeñas se reduce al tiempo que hay los eventos más importantes de contaminación por O<sub>3</sub>. La inclusión de nuevas fuentes es deseable, pero cada vez irán contribuyendo a la carga emisora en menor proporción.

Se ratifica la dificultad en la obtención de información. De manera generalizada el nivel de colaboración de los centros industriales es bajo o nulo, especialmente en la difusión de información de producción, que en muchos casos se considera confidencial y no se incluye inclusive en los propios documentos oficiales de estadísticas del sector industrial.

Recientemente ha empezado la difusión de los primeros resultados del inventario de emisiones europeo EPER. De acuerdo al análisis indicado en el Capítulo 5, este inventario podría potencialmente aportar otros focos de emisión a EMICAT2000, aunque se prevé que el número no será significativo.

Cualitativamente, se asignaron niveles similares de incertidumbre a la estimación de las emisiones de generación eléctrica en Régimen Ordinario e incineración de residuos. Las emisiones provenientes de la cogeneración y del refino de petróleo tienen los niveles más altos de incertidumbre.

A nivel operativo, los modelos eulerianos como Models-3, tienen aún dificultades para la incorporación satisfactoria de las emisiones de grandes chimeneas. Asumen que las masas de emisión, normalmente ricas en NO<sub>x</sub>, se mezclan inmediatamente en las celdas del dominio y distorsionan por tanto lo que ocurre en la realidad. Los MTQ incorporan módulos de uso optativo denominados *Plume in Grid "PiG"*, que utilizan un enfoque de tipo lagrangiano dentro del dominio de análisis euleriano para simular el comportamiento de las emisiones de grandes chimeneas, asumiendo que las masas de contaminantes no participan activamente en los procesos fotoquímicos hasta un determinado tiempo después de su emisión. Por lo tanto, en los resultados de la modelización fotoquímica pueden presentarse valores dudosos en las zonas de directa influencia de las chimeneas grandes.

### **9.4 Sobre las emisiones integradas**

La evolución mensual de los precursores de O<sub>3</sub> indica que en las emisiones de NO<sub>x</sub> hay un dominio claro del tráfico durante todo el año, y que las industrias tienen mayor influencia en los meses de invierno. El perfil mensual de las emisiones de NMCOV tiene una influencia importante de las emisiones biogénicas. Las mayores emisiones de NMCOV en los meses de verano se deben principalmente a las mayores temperaturas y tasas de radiación solar, que implican tanto mayores emisiones biogénicas y evaporativas del tráfico vehicular.

### **9.5 Sobre la especiación de las emisiones**

La especiación de las emisiones según el mecanismo CB4, a más de garantizar resultados representativos del actual estado del arte de los mecanismos químicos, permite un fácil análisis sobre el aporte de los numerosos compuestos emitidos por sectores (Capítulo 7). Para un día del

mes de agosto se obtuvo que la categoría ISOP (isopreno); que proviene casi exclusivamente de la vegetación, representa solamente el 1 % de las emisiones especiadas de NMCOV. Las emisiones de la categoría PAR (enlace parafínico), que recibe el aporte de todos los sectores, representa la mayoría de las emisiones especiadas de NMCOV (82 %). El uso del modelo de transporte químico posiblemente sea la única manera de comprender la influencia de las bajas emisiones de una categoría muy reactiva, en relación con las emisiones comparativamente altas de otra poco reactiva, habiendo otras categorías con reactividades y niveles de emisión intermedios, en un entorno de muy compleja configuración tanto en materia de emisiones y de campos de viento.

Las emisiones evaporativas de fuentes aún no consideradas (como las provenientes de las estaciones de servicio) o el uso de disolventes del sector industrial, aportarán principalmente más emisiones de la categoría menos reactiva PAR (enlace parafínico).

## 9.6 Propuestas de continuidad

Las potenciales actividades por desarrollar son numerosas. A más de la mejora de los aspectos identificados en cada sector de emisión, de acuerdo a la evaluación cualitativa de su incertidumbre, a continuación se identifican adicionalmente otras actividades para mejorar los resultados de EMICAT2000:

- ❑ analizar en profundidad los resultados recientemente difundidos del inventario de emisiones EPER en Cataluña, y de ser el caso, para su potencial incorporación a EMICAT2000. No obstante, a más de las actividades de comparación, hay la necesidad de desarrollar la especiación y la desagregación temporal de las emisiones, ya que se presentan los valores anuales.
- ❑ inclusión de nuevas fuentes: especialmente las vías a cargo de las diputaciones de Tarragona, Gerona y Lleida; las emisiones de combustión de las maquinarias agrícolas y equipos de construcción (*off-road traffic*), las emisiones naturales y de origen agrícola de NO<sub>x</sub>, uso de disolventes en la industria, tráfico marítimo y aéreo.
- ❑ analizar la influencia y los potenciales beneficios del módulo PiG en la incorporación de las emisiones de las grandes chimeneas al modelo de transporte químico.

EMICAT2000 se focalizó en la generación de las emisiones para la simulación de la contaminación de O<sub>3</sub> fotoquímica para la fase gas. La siguiente etapa podría incluir la interacción existente entre la fase gaseosa y los aerosoles. Esta actividad es compleja y se prevé un gran esfuerzo, para lo cual se podría empezar con:

- ❑ la especiación de las emisiones de partículas. EMICAT2000 incluye el desglose de las emisiones de PM<sub>2.5</sub> y PM<sub>10</sub> y > PM<sub>10</sub> de las emisiones de tráfico (emisiones de combustión, desgaste de neumáticos, frenos y pavimento). Este desglose se requiere para las otras fuentes, siendo necesario además caracterizar el aporte de *black carbon* y de la materia orgánica.
- ❑ la inclusión de las emisiones de sulfatos, nitratos, amonio y resuspensión de partículas.
- ❑ la inclusión de los aerosoles de origen marino.
- ❑ las emisiones de los incendios forestales.
- ❑ la caracterización e incorporación del aporte externo de partículas.

La proyección a futuro de EMICAT2000 requiere adicionalmente de la actualización sistemática de la información base y de los modelos de cálculo, al menos cada tres años.

