

Aplicación Geográfica de los SIG al Estudio de la Contaminación Atmosférica en el Ámbito Local

*José Garrido Palacios*¹

1. Introducción

La preocupación por el medio ambiente constituye en la actualidad uno de los fenómenos de mayor interés en el conjunto del mundo desarrollado. Buena muestra de ello son los continuos Congresos, Jornadas y actividades del entorno cultural, científico y económico que avalan esta aseveración. Pues bien, las líneas de actuación en España se enmarcan en los principios del V Programa de la Unión Europea y en la Conferencia de Río de Janeiro celebrada en 1992.

En este contexto, una de las preocupaciones crecientes es la mejora de la calidad del aire, evitando la incorporación de sustancias extrañas a su composición normal, como por ejemplo se deriva de las Directiva 96/61 de Prevención y Control Integrados de la Contaminación (I.P.P.C.), y de la Directiva 96/62 de Evaluación y Gestión de la Calidad del Aire.

Esta nueva concepción del desarrollo presente y futuro y de las actividades más perniciosas con el medio ambiente se refleja en diferentes ámbitos geográficos. A escala local, distintas ciudades firmaron el compromiso de la Carta de Aalborg en 1994, integrando la Agenda 21 en sus programas locales y enfatizando la importancia de las auditorías ambientales en el camino que conduce al desarrollo sostenible.

Dentro de esa línea de actuación engarza el análisis que exponemos a continuación, en la inteligencia de que sólo se presenta una parte de un estudio más amplio, pero que refleja los rasgos metodológicos principales y los resultados más esenciales. Todo ello en virtud de que el énfasis de la investigación expuesta se centra en el aspecto cartográfico y en la implementación de un Sistema de Información Geográfica *ad hoc*.

¹ Doctor en Geografía por la Universidad de Zaragoza.

2. Objetivos y metodología

El objetivo general es disponer de una auditoría de la emisión de contaminantes a la atmósfera que permita conocer la aportación de las diferentes fuentes, así como su distribución espacial, con el objeto de sensibilizar a los agentes implicados (industriales, locales, etc.) para que intervengan en la realización de programas de reducción de la contaminación atmosférica.

Ahora bien, ese objetivo general se complementa con unos específicos que se relacionan a continuación:

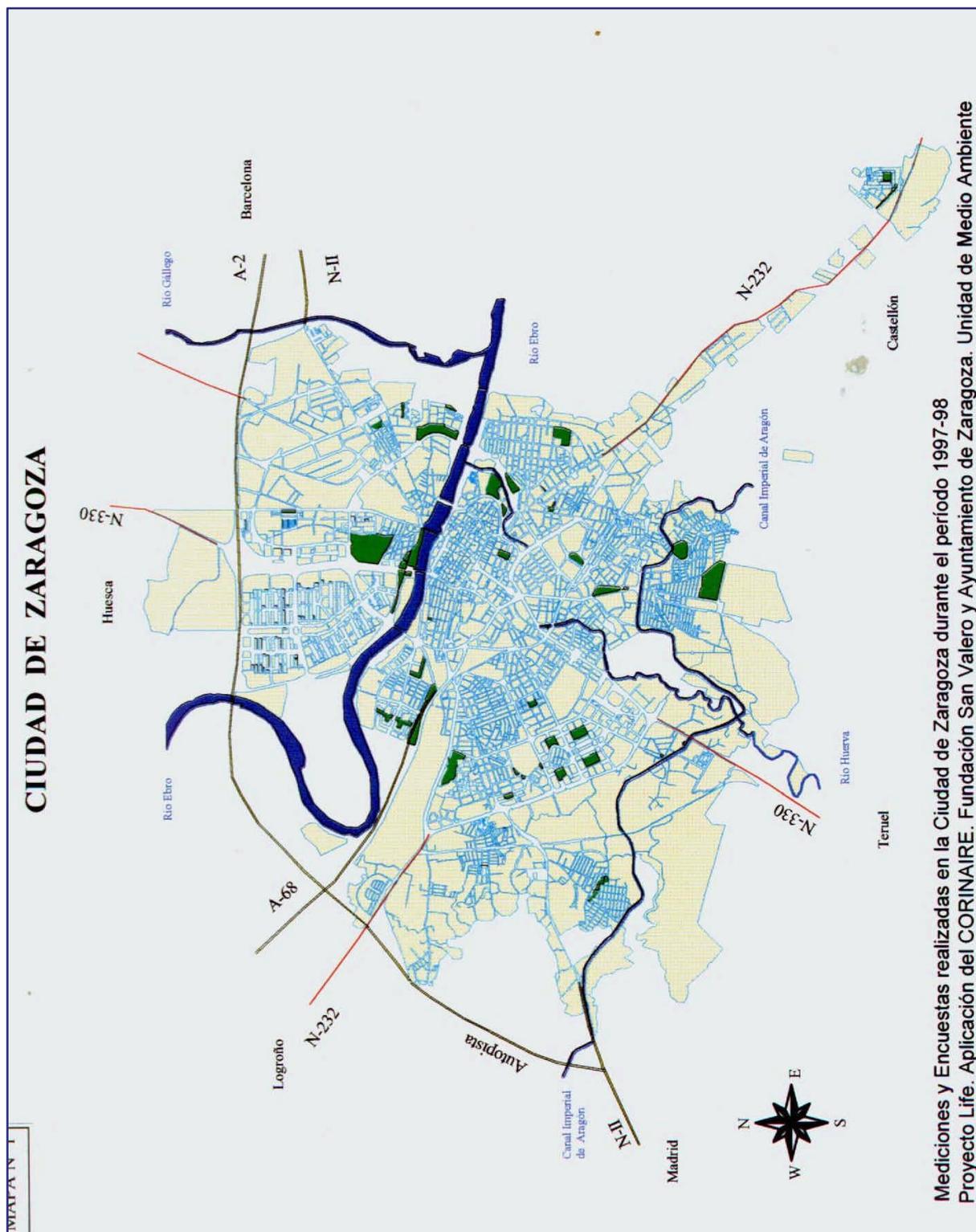
- ✓ Medición directa de las emisiones de los sistemas de combustión, de calefacción y agua caliente sanitaria, de edificios de viviendas y servicios.
- ✓ Preparación de los diversos inventarios parciales a partir de los que se obtendrá el inventario de emisiones a la atmósfera de la ciudad.
- ✓ Análisis y valoración de los inventarios parciales para seleccionar prioridades y acciones en la adopción de medidas encaminadas a mejorar el medio ambiente urbano, según el tipo de fuente, tipo de contaminante, combustible utilizado o la distribución de las emisiones en el tiempo o en el espacio.
- ✓ Preparación del inventario de emisiones a la atmósfera que ha de servir de base para la elaboración del correspondiente mapa de emisiones de la ciudad de Zaragoza.

Si bien estos objetivos aluden al conjunto del estudio, en nuestro trabajo nos referimos con más detalle al aspecto metodológico de la representación gráfica, especificando las entidades y atributos empleados en el proceso.

La metodología aplicada parte de las entidades constituidas por los focos emisores de la contaminación atmosférica, tales como los procedentes de los sistemas domésticos, el tráfico y la industria.

Las emisiones domésticas están desagregadas en grandes edificios y comunidades, de forma que, mediante encuestas y mediciones realizadas en diferentes ámbitos de la ciudad, sea posible caracterizar las entidades por tipo de contaminante y durante un tiempo determinado.

La expresión cuantitativa de estas emisiones se manifiesta por celdas de 500x500 metros, de forma que la ciudad de Zaragoza queda dividida en 289 celdas (17 horizontales y 17 verticales), y el resultado final de cada una es la representación media del conjunto de las emisiones vertidas en ese espacio (*Vid mapa nº 1. Ciudad de Zaragoza*). Estas nuevas entidades constituyen la base cartográfica para representar las emisiones procedentes de los focos precisados.



Mapa 1 . Ciudad de Zaragoza

Los datos obtenidos de los grandes edificios obedecen a trabajos de campo y encuestas del conjunto urbano, al tiempo que los extraídos de las comunidades responden al estudio realizado en

cuatro zonas de la ciudad: Centro, Bombarda, las Fuentes y áreas adyacentes a la Avenida de Cataluña y Alcalde Caballero.

A cada celda se le asigna un atributo en función del grado de emisión de sus componentes; es decir, se consideran los datos resultantes del grado de las emisiones efectuadas *in situ* y de las encuestas, desagregando la información según el tipo de contaminante y el tipo de combustible empleado. A estos resultados se le aplican los factores de emisión recomendados por el Programa CORINE (EMEP-CORINAIR, 1996).

Los tipos de contaminantes que se analizan son los de monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), óxidos de nitrógeno (NO_x), óxido nitroso (N₂O), dióxido de azufre (SO₂), compuestos orgánicos volátiles (COV), metano (CH₄) y partículas. Asimismo, los combustibles que se tienen en cuenta en este proceso son los de gasóleo, gas natural, carbón y fueloil.

Este proceso desarrollado para los grandes edificios y las comunidades es similar al realizado con las industrias, con la particularidad de que el estudio está polarizado hacia puntos concretos de la ciudad, mientras que el resto del casco urbano apenas carece de emisiones de este sector secundario. En el caso del tráfico rodado, los datos extraídos parten de una encuesta realizada al efecto y del cálculo de las emisiones producidas por los vehículos que transitan por la ciudad. Del resultado de la encuesta se deriva una información muestral por tipo de vehículo (turismo o camión), tipo de combustible (gasolina o gasóleo) y antigüedad (en función de la matrícula).

Con respecto al cálculo de las emisiones de los vehículos, se parte de las intensidades medias de tráfico registradas en los aforos urbanos, de acuerdo a la información aportada por el Ayuntamiento de Zaragoza (1997), y la aplicación del Programa CORINE (MOPU, 1990), teniendo en cuenta los distintos parámetros estipulados: tipo de vehículo, combustible, antigüedad y potencia de turismos y motocicletas.

Estos atributos se asignan a las mismas celdas mencionadas y se obtiene el resultado final del grado de contaminación en relación con los distintos tipos de emisarios: monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, metano, etc. (*Vid Figura nº 1. Diagrama del proceso*).

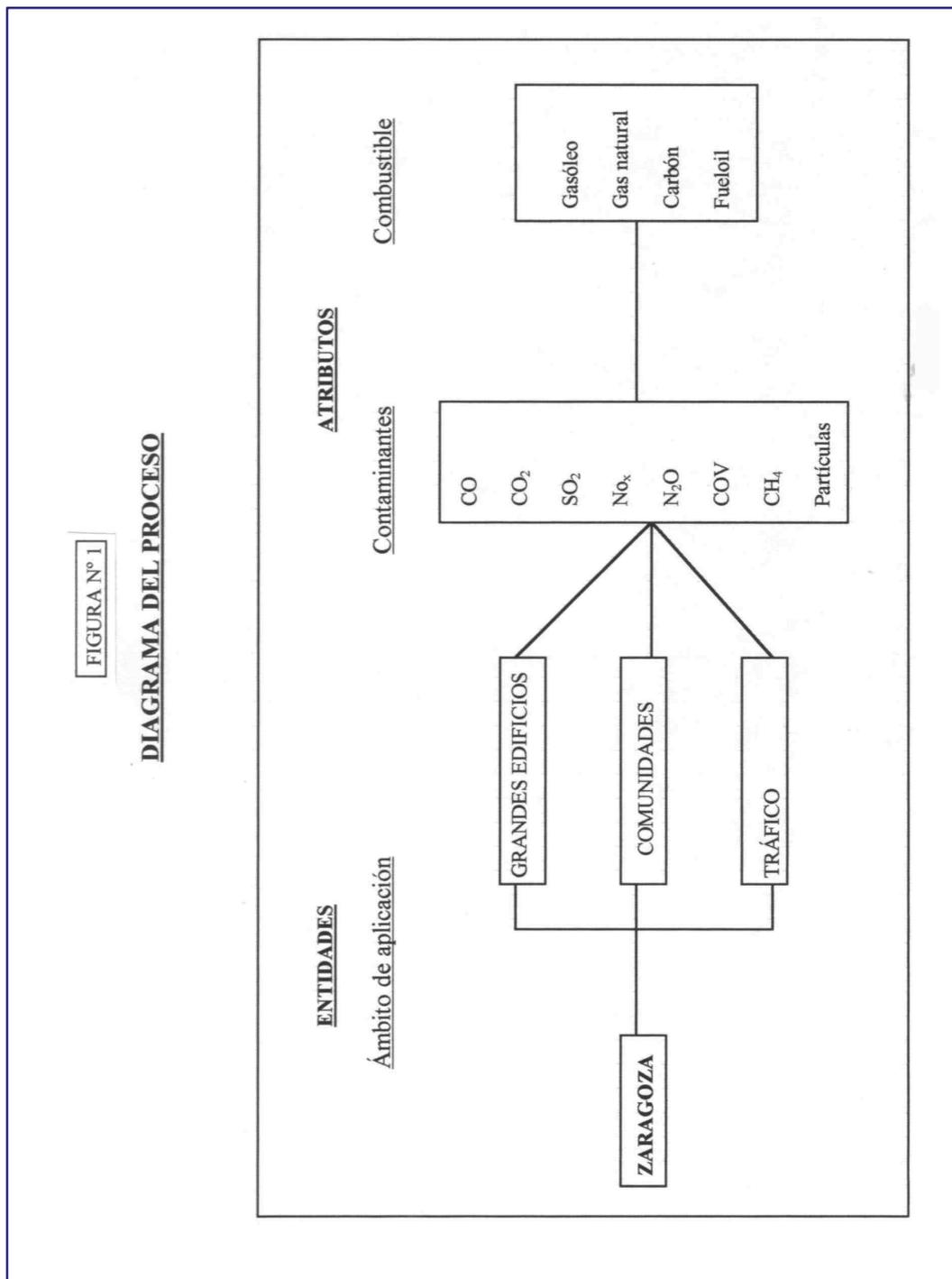
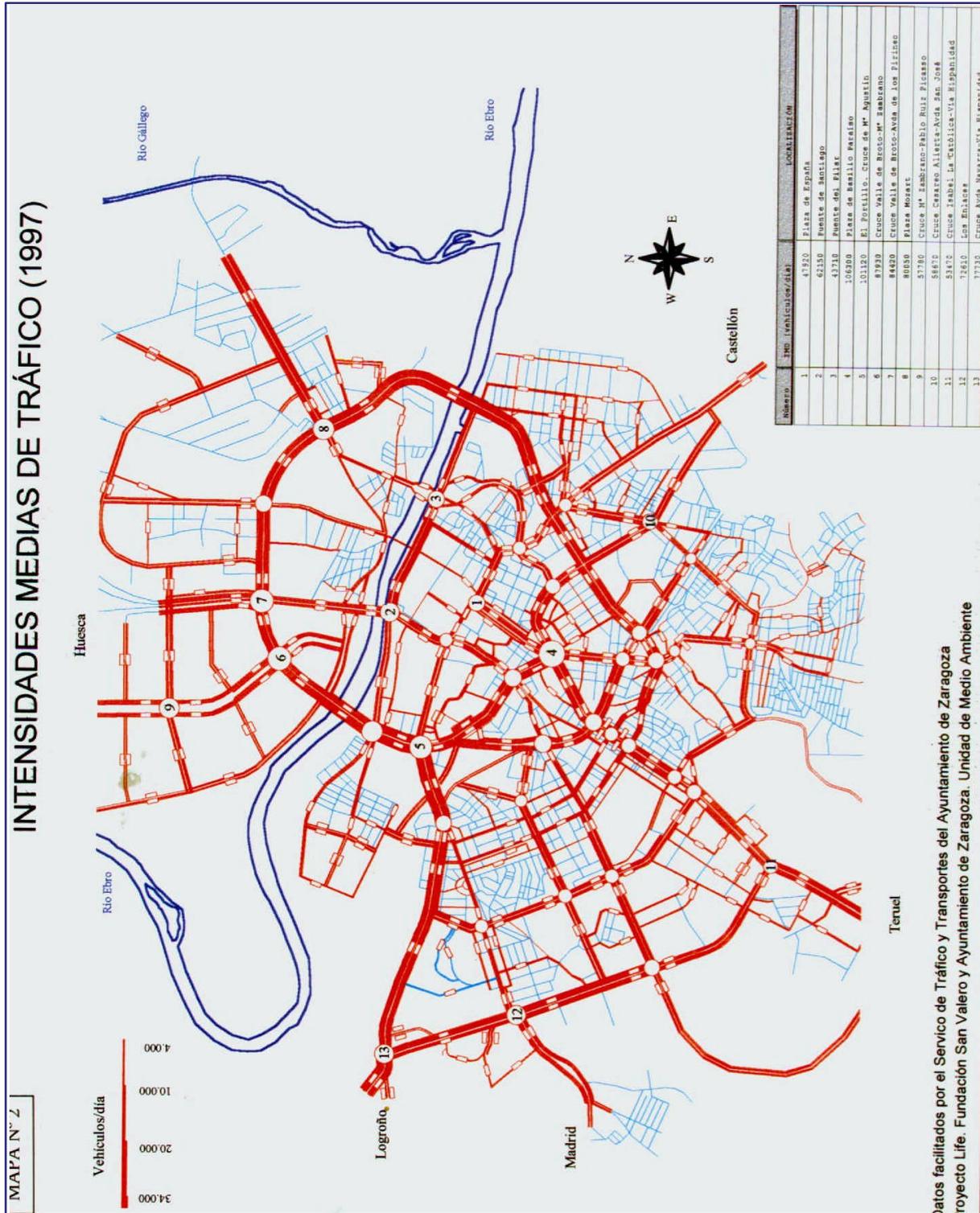


Figura nº1 . Diagrama del proceso

La localización del grado de contaminación debería tener una correlación positiva con las intensidades de tráfico de la red viaria de Zaragoza, de modo que los valores más elevados podrían estar ubicados en los nodos principales que articulan el tráfico rodado, tales como la Plaza de Basilio Paraíso, el cruce de El Portillo con la Avenida de Madrid, los Enlaces, el cruce de la Avenida de Hispanidad y Avenida de Navarra, etc.

La representación de estos flujos se puede observar en el mapa de intensidades medias de tráfico (IMD), elaborado por el Servicio de Tráfico y Transportes del Ayuntamiento de Zaragoza y

adaptado en el presente trabajo para esta finalidad concreta. (Vid mapa nº 2. Intensidades medias de tráfico).



Mapa nº2 Intensidades medias de tráfico

El resultado final del mapa de emisiones a la atmósfera de la ciudad de Zaragoza se obtiene por al suma de los datos parciales definidos por los grandes edificios, las comunidades, el tráfico rodado y las industrias. En definitiva, es el resultado de los focos contaminantes más nocivos con la atmósfera y que afectan a la calidad del aire y a la salud de las personas.

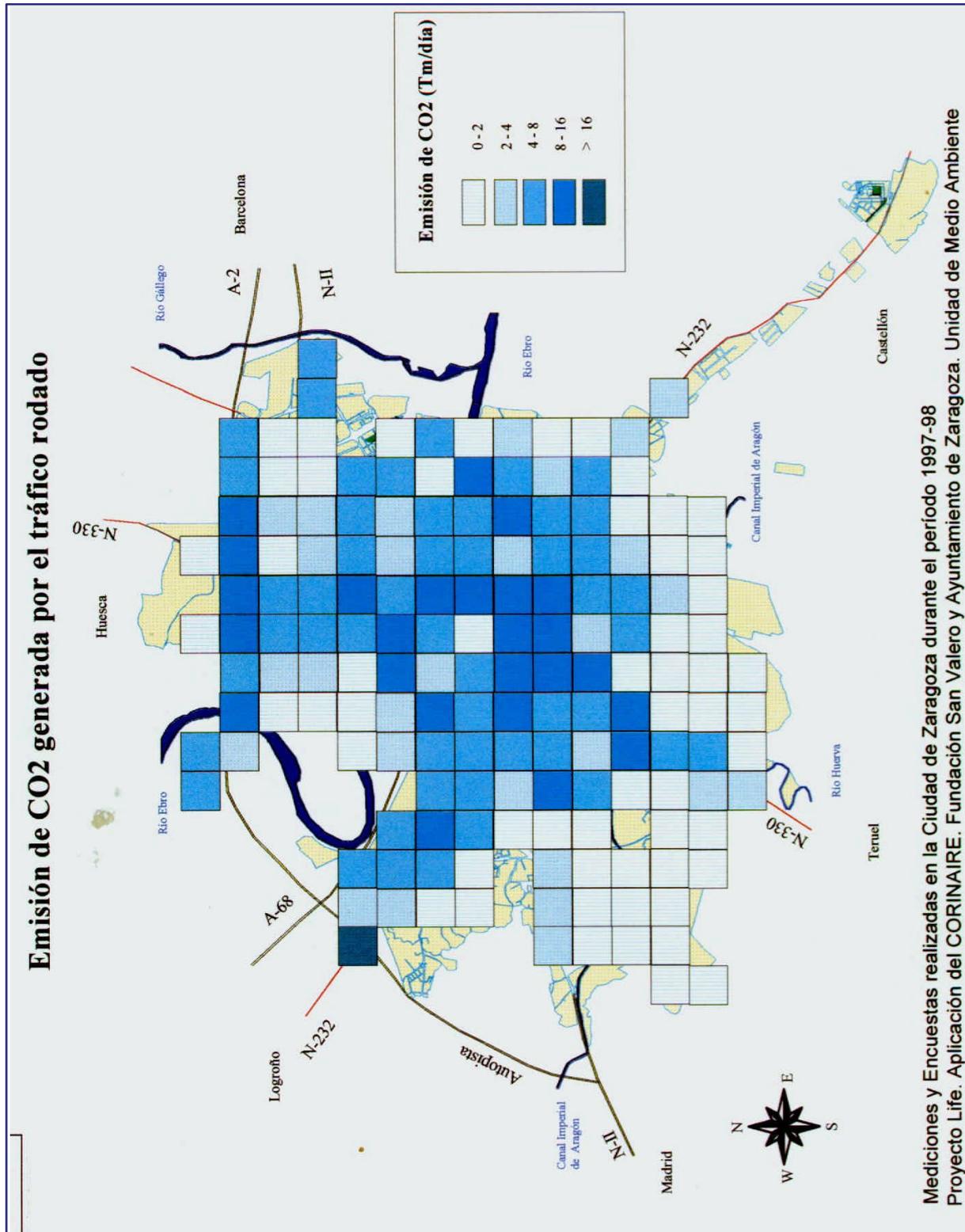
3. Resultados

Como consecuencia de la amplitud de la información y ante la imposibilidad de mostrar el conjunto de resultados de cada contaminante, se ha considerado conveniente seleccionar uno de ellos para observar los datos reales en un caso concreto.

Así pues, se representa el dióxido de carbono por su importancia intrínseca, pues de hecho constituye uno de los contaminantes de mayor preocupación en la humanidad, como es el efecto invernadero y el cambio climático.

En este sentido, el CO₂ emitido por el tráfico en la ciudad de Zaragoza en 1997 ascendió a unas 200.000 Tm/año, de modo que el 75,2 % corresponde al transporte privado de pasajeros (turismos, motocicletas), mientras que el 16,1 % expresa la emisión del transporte público de pasajeros (taxis y autobuses).

Ahora bien, si los datos reales de emisión son interesantes desde el punto global del volumen de sustancias emitidas a la atmósfera, el interés esencial desde el punto de vista geográfico se centra en la distribución espacial de esas emisiones. Así, en el mapa adjunto (*Mapa nº 3. Emisión de CO₂ generada por el tráfico rodado*) se muestra cómo en puntos concretos de la ciudad se concentra la mayor cantidad de dióxido de carbono vertido a la atmósfera.



Mapa nº 3. Emisión de CO₂ generada por el tráfico rodado

De manera especial destaca el cruce de la autovía de Logroño (N-232) y la autopista A-68, en la zona oeste de la ciudad, con más de 16 Tm/día. En segundo lugar destaca la zona centro de Zaragoza, sobre todo la Plaza Basilio Paraíso, Gran Vía, Paseo Sagasta y El Portillo; amén de otros enclaves como los de la autopista A-68 con la Avenida Pirineos, por la zona norte de la ciudad, y el cruce de Casablanca, por la parte sur. En general, las celdas de estas zonas tienen una emisión en torno a 8-16 Tm/día.

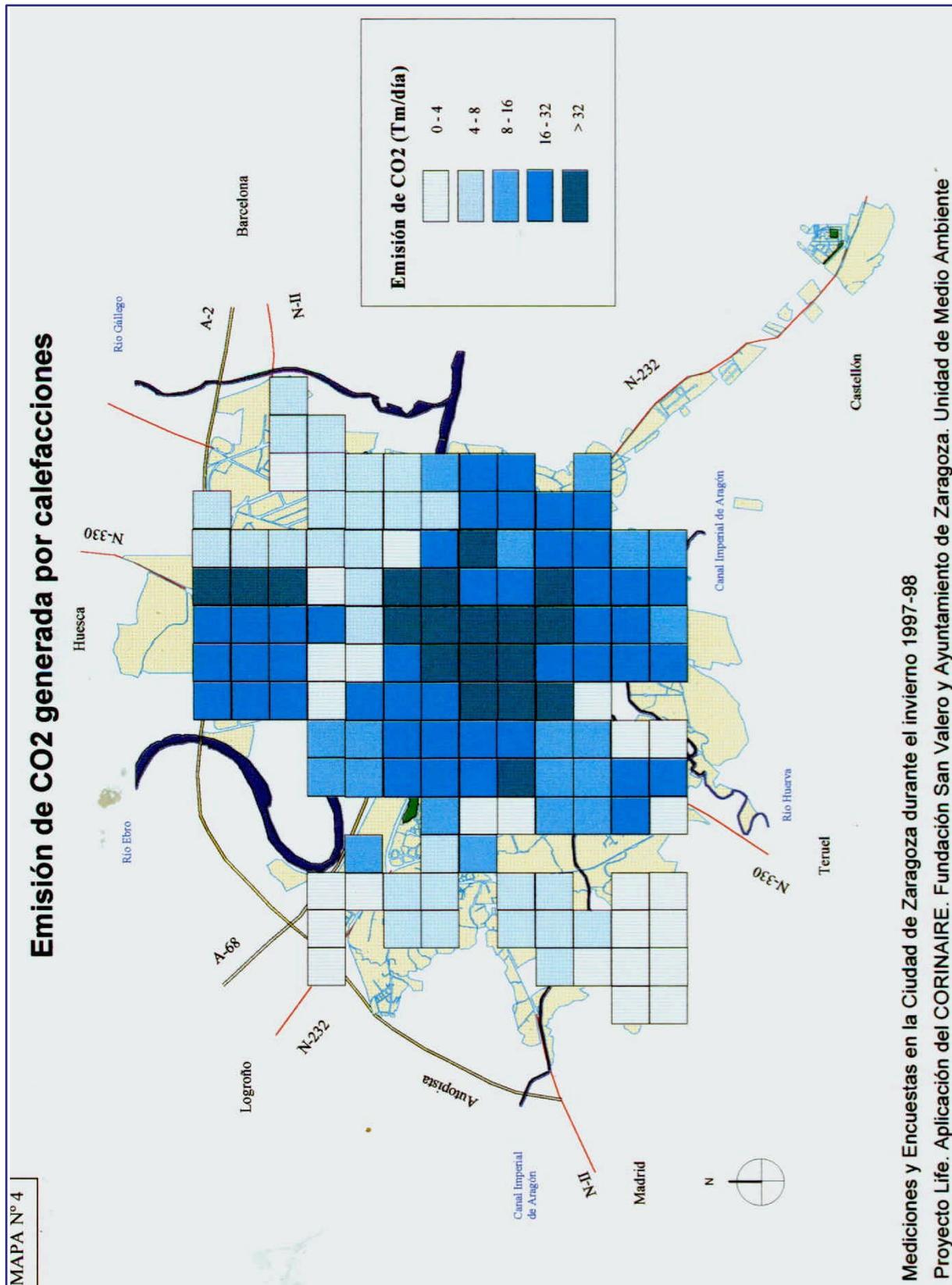
Estos mayores umbrales se correlacionan positivamente con las intensidades medias de tráfico, dado que la circulación por esas zonas es la más elevada del conjunto de las vías urbanas, como ya se ha precisado. Por tanto, existe una correspondencia lógica entre el flujo de tráfico que transita por la ciudad y las emisiones que generan los vehículos. Todo ello, por supuesto, teniendo en cuenta la desagregación por tipo de vehículos y el distinto combustible que utilizan en los desplazamientos.

Por el contrario, los valores más débiles se localizan en la periferia del casco urbano y al margen de la intersección de las principales arterias de salida o entrada a la capital, lo cual es obvio por su propia naturaleza al carecer de vías de comunicación de calidad que conecten los barrios periféricos.

Esta es la situación en los momentos actuales, pero sin duda se modificará en los próximos años como consecuencia de la construcción de los Cinturones III y IV previstos, con especial hincapié en la variación de la movilidad en el interior de la ciudad al terminar el III Cinturón, denominado de Hispanidad, por cuanto tiene como función la conexión de los barrios periféricos de Zaragoza, y está previsto que alivie el 15 % del tráfico interior de la actualidad.

En lo que atañe a las calefacciones, el total de CO₂ en el mismo año de referencia supera las 400.000 Tm/año, siendo algo más de la mitad imputable al gas natural y la tercera parte al gasóleo. Por su parte, es menester señalar que en la actualidad la mitad de las calefacciones son de carbón y que en su mayoría están siendo sustituidas por el gas natural, por lo que los valores de dióxido de carbono son superiores en este concepto.

La localización de las emisiones de este contaminante se concentra de nuevo en el centro de la capital, pues existe una mayor densidad de viviendas que en el extrarradio urbano, al igual que es destacable la salida norte de la ciudad, alrededor de la Avenida de Pirineos, con umbrales superiores a las 32 Tm/día (*Mapa n° 4. Emisión de CO₂ generada por calefacciones*).

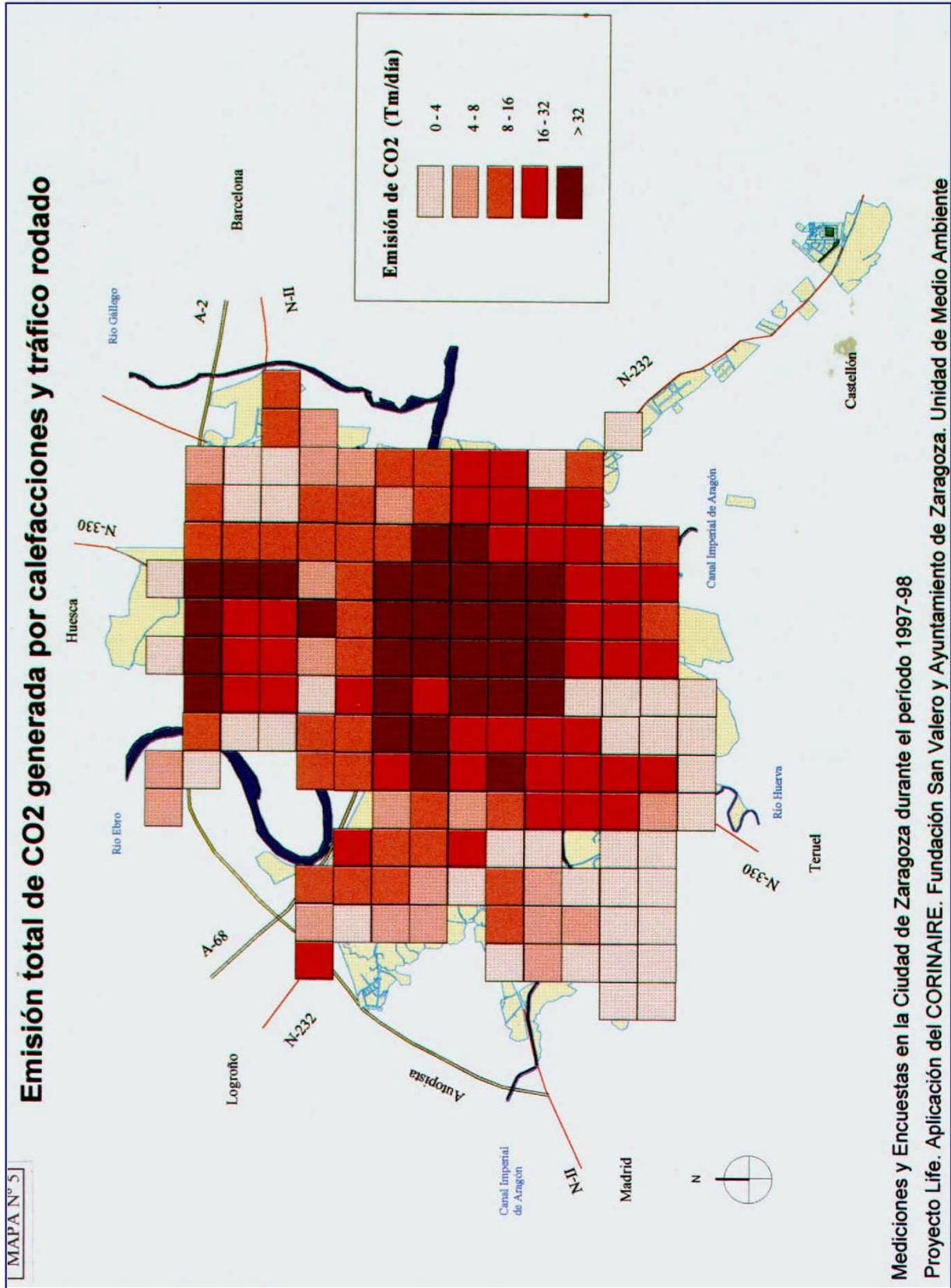


Mapa nº4. Emisión de CO₂ generada por calefacciones

En el caso opuesto, las emisiones más bajas se localizan en la parte occidental de Zaragoza, dado el predominio de tipo de vivienda, en particular de carácter unifamiliar, y los espacios libres, bien por zonas verdes, bien por estar en una fase de construcción incipiente.

Todo lo anterior conduce a la obtención de los datos globales por tipo de contaminante, de modo que el cómputo total de CO₂ asciende a 1.013.563 Tm/año, desagregados en 413.000 Tm/día en sistemas de calefacción, 261.00 Tm/día de tráfico rodado y 339.000 Tm/día procedentes de las industrias.

Estos resultados se pueden observar en la cartografía que se adjunta (*Mapa nº 5. Emisión total de CO₂ generada por calefacciones y tráfico rodado*), de forma que la suma de los focos parciales precitados tienen su máxima expresión en el núcleo central de la capital, con valores superiores a las 32 Tm/día, al tiempo que se manifiesta el mismo fenómeno en ciertas áreas del norte de la capital.



Mapa nº 5. Emisión total de CO₂ generada por calefacciones y tráfico rodado

Al mismo tiempo se aprecian umbrales inferiores a las 4 Tm/día en zonas periféricas de la ciudad, donde existe una menor intensidad de tráfico, salvo los cruces de acceso principal al interior urbano y las áreas de conexión de las principales vías de comunicación y con baja densidad de construcción de viviendas.

4. Conclusiones

Del análisis de las emisiones atmosféricas en la ciudad de Zaragoza se deriva que la metodología aplicada ha sido adecuada al objetivo propuesto, si bien ha sido muy laboriosa y no exenta de grandes dificultades por la falta de datos en ciertas ocasiones. Sin embargo, desde el punto de vista cartográfico, la representación por celdas y la desagregación de la información por cada tipo de contaminante se considera que ha sido de gran utilidad para este análisis, por cuanto permite a la par disponer de una visión global de la situación urbana y de observar con detalle el umbral de contaminación.

Así, el contaminante de CO₂ analizado con mayor detalle es el que se emite en cantidad más elevada, siendo superior el umbral en el caso de las industrias y calefacciones con respecto al tráfico.

Otros resultados interesantes son, por ejemplo, que el tráfico genera el 87 % del monóxido de carbono y el 72 % de los óxidos de nitrógeno, siendo los turismos responsables de las tres cuartas partes del dióxido de azufre y de la mitad del óxido nítrico.

En definitiva, sin entrar en más detalles que requieren un análisis más profundo que supera este trabajo, lo que sí está claro es la decidida apuesta que debe hacerse hacia los transportes colectivos en las ciudades como medio fundamental para aminorar la emisión de contaminantes, sin obviar que el peatón es el actor principal y el servicio público el medio de servir a todos los ciudadanos.

En la misma línea de reducir los niveles de contaminación a la atmósfera cabe integrar el caso de las calefacciones y las industrias, como bien se propugna en todos los foros organizados *ad hoc*. De cualquier forma, los primeros pasos en este largo camino parten de un diagnóstico de la situación inicial y de una mayor concienciación de todos los ciudadanos.

5. Bibliografía

MOPU (1990): *El Programa CORINE de la CEE*. Monografías de la Secretaría General de Medio Ambiente. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. Madrid.

EMEP-CORINAIR (1996) *Atmospheric Emission Inventory Guidebook*, edited by Gordon Mc Innes, European Environment Agency, First Edition. Copenhagen.

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE (1997): *Informe CORINAIR 91/2/3*, Dirección General de Calidad Ambiental, Madrid.

MINISTERIO DEL INTERIOR (1996): *Anuario Estadístico General*, Servicio de Estadística, Dirección General de Tráfico, Madrid.

MINISTERIO DE FOMENTO (1996): *Mapa de tráfico 1995*, Dirección General de Infraestructuras, Madrid.

AYUNTAMIENTO DE ZARAGOZA (1997): *Aforos 1996*, Servicio de Tráfico y Transportes, Zaragoza.

