

# Calidad de aire en la Comunidad de Madrid

Ignacio González (Observatorio Crítico de la Energía)

## Estado de la Calidad del aire en la Comunidad de Madrid

La calidad del aire en la Comunidad de Madrid (en adelante, CAM), particularmente en la capital, ha recibido especial atención en los medios de comunicación recientemente y es un tema de preocupación creciente para la ciudadanía vista la asociación existente entre niveles elevados de contaminación y enfermedades respiratorias, alergias, etc. que sufre la población. Sin embargo, la contaminación del aire es un problema recurrente, pues año tras año coinciden en distintos periodos elevados niveles de emisión de gases contaminantes con condiciones meteorológicas que dificultan la dispersión de la contaminación. Como resultado, los niveles de distintos compuestos superan los límites legales establecidos en normas como la directiva europea sobre calidad del aire [1] y los valores recomendados por otros organismos como la Organización Mundial de la Salud (OMS) o el Convenio de Contaminación Transfronteriza y a Larga Distancia (CLRTAP).

La calidad del aire en la CAM se evalúa a partir de las 23 estaciones de medición de la contaminación atmosférica repartidas en 6 zonas (3 aglomeraciones<sup>1</sup> y 3 zonas rurales), más las 24 estaciones de medición de la red del Ayuntamiento de Madrid. Todos los datos se pueden consultar en la página web de la C. de Madrid sobre calidad del aire [2]. A continuación se realiza una breve descripción de los resultados de la evaluación de los niveles de óxidos de nitrógeno (NO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub>), partículas (PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub>)

<sup>1</sup>Conurbación superior a 250.000 habitantes o con una densidad de población determinada [1].

y ozono (O<sub>3</sub>) en la CAM, pues son los contaminantes que han presentado mayores problemas en los últimos dos años. Otros contaminantes atmosféricos que también se analizan en las redes de calidad del aire y que tienen valores límite en la legislación sobre calidad del aire, como el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), el monóxido de carbono (CO), metales pesados o compuestos orgánicos volátiles (COV), presentaron concentraciones inferiores a los límites legales [3].

## Calidad del aire en la ciudad de Madrid

Según los datos de las estaciones de medición del Ayuntamiento, los niveles de contaminación del aire son elevados en la ciudad de Madrid. En el año 2010 se superó la concentración promedio anual (límite de 42  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) de dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) en 18 de las 24 estaciones disponibles.

La concentración de partículas de diámetro inferior a 10 m (PM<sub>10</sub>) permaneció dentro de los límites legales, aunque supera los valores recomendados por la Organización Mundial de la Salud (20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) [4] con un promedio global de 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  [3].

Las partículas finas (de tamaño inferior a 2,5  $\mu\text{m}$ , PM<sub>2,5</sub>) se evalúan en 6 estaciones de medición; si bien no existen umbrales legales para este contaminante según la directiva europea, las concentraciones encontradas en Madrid superan la recomendación de la OMS de 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . La concentración promedio de PM<sub>2,5</sub> para la ciudad de Madrid se situó en 14,4 y 11,8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en 2009 y 2010 respectivamente [4, 5].

En cuanto al ozono troposférico (O<sub>3</sub>), su condi-

ción de contaminante secundario, formado mediante reacciones fotoquímicas en la atmósfera a partir de NO<sub>x</sub> y COV<sup>2</sup>, provoca que los niveles más elevados se produzcan durante los meses de más calor. En el año 2009 se produjeron 57 superaciones del valor límite (media octohoraria máxima de 120 µg/m<sup>3</sup>), sobre un límite legal anual de 25 en la Casa de Campo [5]. En el 2010, con la incorporación de las nuevas estaciones suburbanas se detectaron más de 25 superaciones anuales en las estaciones de Casa de Campo, El Pardo y Juan Carlos I [3].

## Calidad del aire en la Comunidad de Madrid

En el resto de la CAM los problemas de contaminación atmosférica varían según la zona y la época del año. Los niveles de NO<sub>2</sub> y PM<sub>10</sub> superaron los límites legales en 2009 y 2010 en algunas ciudades de la corona metropolitana de la capital [4] [5]. Destaca especialmente por sus altos niveles de contaminación el corredor del río Henares, donde ciudades como Coslada, Torrejón de Ardoz y Alcalá de Henares superaron alguno de los umbrales legales de contaminación durante el 2009 o el 2010 [4] [5]. La estación de medida de Torrejón de Ardoz registró los valores más elevados de PM<sub>2,5</sub> de la CAM tanto en 2009 (21 µg/m<sup>3</sup>) como en 2010 (15 µg/m<sup>3</sup>) [4, 5].

Al sur de la capital, otras ciudades como Getafe, Valdemoro o Leganés han superado también alguno de los límites legales de NO<sub>2</sub> o PM<sub>10</sub> durante los últimos dos años. En cuanto a las PM<sub>2,5</sub>, Valdemoro presenta valores altos, aunque inferiores a los de Torrejón, con 17 y 13 µg/m<sup>3</sup> en 2009 y 2010 respectivamente, seguido por Collado Villalba (14 y 13 µg/m<sup>3</sup> en 2009 y 2010) en la zona urbana noroeste [4, 5].

Las concentraciones más elevadas de O<sub>3</sub> en la CAM se alcanzan en las zonas rurales, como el valle del río Tajuña o la zona de la Sierra, y la zona urbana noroeste [4] [5], lo que representa un área muy extensa de la Comunidad. En el periodo 2008-2010 se superó el límite de O<sub>3</sub>, como promedio de 3 años, en las estaciones de Alcalá de Henares, Algete, El Atazar, Colmenar Viejo, Majadahonda y Orusco de Tajuña [4]. Además, en 2010 se superó el nivel legal también en Alcobendas, Guadalix de la Sierra y San Martín de Valdeiglesias [4]. Un estudio sobre el gradiente de contaminación desde la ciudad de Madrid hacia la sierra de Guadarrama [6] muestra que las concentraciones detectadas en la sierra superan

ampliamente los valores límite establecidos en la directiva europea de calidad del aire para la protección de la salud humana (106 superaciones del umbral de 120 µg/m<sup>3</sup> en promedio de 3 años en la estación de Cotos) y para la protección de las especies forestales (índice AOT40 de 49.180 ppb.h en 2005 en Cotos, frente a un valor límite de 5.000 ppb.h). La concentración más elevada de ozono troposférico encontrada en este estudio de gradiente se situó en el Parque Natural de la Cumbre, Circo y Lagunas de Peñalara [6]. Los NO<sub>x</sub> también presentan concentraciones superiores a los establecidos para la protección de la vegetación (promedio anual de 35 µg/m<sup>3</sup>) en la mayoría de las estaciones de medida de la calidad del aire [3]. Sin embargo, los niveles son inferiores a 35 µg/m<sup>3</sup> en las estaciones de protección de la vegetación, donde se debe evaluar este parámetro según la directiva de calidad del aire [1].

## Evolución de los niveles de contaminación atmosférica

Los datos de la evolución reciente de estos niveles de contaminación manejados por la CAM [3] indican una tendencia descendente en la mayoría de las estaciones, a pesar de que aún se registren superaciones de los límites legales en algunas zonas. Esta conclusión está en parte apoyada por un análisis de la tendencia de los niveles de contaminación en la CAM de 1999 a 2008, que indica un descenso de los niveles medios de SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO y PM<sub>2,5</sub> [7]. Sin embargo, no se encuentra una tendencia significativa en los niveles de PM<sub>10</sub> y NO<sub>2</sub>, y se muestra una tendencia al alza de las concentraciones de O<sub>3</sub> [7].

Los datos de calidad del aire indican una mejora especialmente intensa en el año 2010. Sin embargo esta situación puede resultar coyuntural, motivada por las condiciones meteorológicas reinantes durante el 2010, año calificado como un año húmedo a muy húmedo en la mayor parte de España por la Agencia Estatal de Meteorología [8] y por la bajada de la actividad económica debido a la crisis. Como ejemplo de esta circunstancia, en el periodo 1 de enero del 2011 al 12 de marzo del 2011, el límite de 200 µg/m<sup>3</sup> de NO<sub>2</sub> de la directiva fue sobrepasado en la estación de Coslada en 21 ocasiones [2], mientras que durante todo el 2010 sólo lo hizo en 11 ocasiones [3] (figura 1).

<sup>2</sup>NO<sub>x</sub> y COV se denominan precursores del O<sub>3</sub> troposférico pues su presencia es necesaria para que éste se forme.

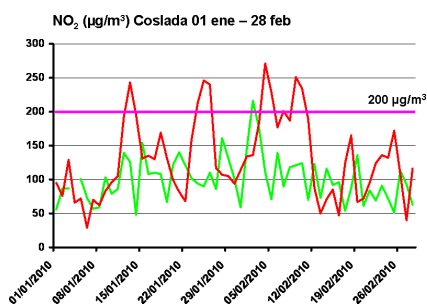


Figura 1: Concentración horaria de NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) en la estación de Coslada entre el 1 de enero y el 28 de febrero de 2010 (verde) y 2011 (rojo). La línea horizontal señala el límite horario para NO<sub>2</sub> establecido en la directiva 2008/50/CE.

## Efectos de la contaminación del aire

Existen varios ejemplos de los efectos perjudiciales que la elevada concentración de contaminantes está provocando sobre distintos receptores, de acuerdo con los datos del diagnóstico sobre la calidad del aire en la Comunidad de Madrid.

### Salud

Las primeras referencias a los efectos nocivos de la mala calidad del aire en la ciudad de Madrid se pueden encontrar en la obra de Juan Bautista Juanini (1636-1691), que publicó un libro en 1689 sobre *“las causas que perturban las benignas y saludables influencias que goza el ambiente de esta Villa de Madrid, de que resultan las frecuentes muertes repentinas, breves y agudas enfermedades, que se han declarado en esta Corte de cincuenta años a esta parte”* [9].

En la actualidad, las PM, en especial las PM<sub>2,5</sub>, son el contaminante más preocupante desde el punto de vista de la salud de la población. Un estudio realizado entre 2003 y 2005 en la población residente en Madrid capital muestra una relación entre la concentración media diaria de PM<sub>2,5</sub> y la mortalidad debida a problemas del sistema circulatorio [10]. Esta relación provoca un aumento significativo del riesgo de mortalidad debido a problemas del sistema circulatorio a partir de una concentración de PM<sub>2,5</sub> de 10 µg/m<sup>3</sup> mientras que este riesgo se incrementa de forma muy acentuada a partir de una media diaria de 25 µg/m<sup>3</sup>, el valor máximo recomendado por la OMS para PM<sub>2,5</sub> [10]. Existen otros ejemplos sobre los efectos que las concentraciones medidas de PM<sub>2,5</sub>

en Madrid provocan sobre la admisiones hospitalarias de niños entre 0 y 10 años [11] o la mortalidad en la población mayor de 75 años [12], los sectores de la población más vulnerables.

Otros contaminantes pueden provocar efectos indirectos. Los NOx pueden formar partículas de nitrato, que constituyen una parte importante de los compuestos inorgánicos secundarios que forman las PM<sub>2,5</sub>, un 22,5 % en masa, en la CAM [7]. Los NOx también actúan como precursores del ozono, cuya incidencia es más importante sobre zonas relativamente alejadas de las principales zonas de emisión de contaminantes, y por lo tanto extendiendo los efectos que la contaminación provoca en un territorio.

Los contaminantes también incrementan la actividad alérgica de algunas sustancias. Las partículas emitidas por los vehículos diésel provocan la liberación de sustancias alérgicas del polen y las transportan, favoreciendo su entrada en las vías respiratorias e incrementando su actividad [13]. Aunque existen evidencias científicas de esta relación, aún faltan los estudios epidemiológicos necesarios para comprobar y cuantificar estos efectos.

### Ecosistemas

Los contaminantes atmosféricos pueden provocar efectos directos sobre la vegetación y acidificar y eutrofizar el suelo y las masas de agua. Los dos contaminantes más importantes desde el punto de vista de sus efectos sobre los ecosistemas en la CAM son el O<sub>3</sub> y los NOx. El O<sub>3</sub> reduce el crecimiento de las plantas y puede sensibilizarlas frente a la sequía o las enfermedades [14]. Sus niveles en la CAM superan ampliamente los límites para la protección de la vegetación, incluyendo zonas de alto valor de conservación. Los NOx pueden, entre otros efectos, provocar cambios en la composición de las especies vegetales de los ecosistemas y reducir la calidad de las aguas superficiales [15]. A pesar de que se han descrito todos estos efectos, aún no se han determinado las implicaciones que tiene este elevado aporte de gases contaminantes sobre los ecosistemas de la CAM.

### Materiales y patrimonio cultural

Otro de los efectos de la contaminación atmosférica, frecuentemente subestimado, consiste en los daños que se producen sobre los materiales y el patrimonio cultural. En la ciudad de Madrid, las condiciones climáticas mantienen los niveles de corrosión del bronce y la piedra caliza dentro de unos

límites tolerables a pesar de los niveles de contaminación registrados [16]. Sin embargo, una reducción de los niveles de contaminación podría resultar beneficiosa desde el punto de vista del mantenimiento y la restauración del patrimonio cultural [16].

## Costes

Algunos trabajos han tratado de establecer el coste económico que supone la contaminación del aire, como método de evaluación de los efectos que se registran. En el Ayuntamiento de Madrid los costes estimados alcanzan los 219.700 euros por tonelada (t) de NO<sub>x</sub>, 301.000 por t de PM<sub>10</sub> o los 45.000 por t de COV [17]. Los costes más importantes identificados son los relacionados con la salud. Como ejemplo de estos costes, la estimación económica de la mejora de la calidad del aire como consecuencia de la aplicación de la Estrategia de Calidad del Aire del Ayto. de Madrid entre 2002 y 2010 [17], se cifra en más de 1.100 millones de euros anuales (en euros de 2005). Estos beneficios se logran con una reducción del 13 % de los NO<sub>x</sub>, 10 % de PM<sub>10</sub>, 15 % de CO, 12 % de SO<sub>2</sub> y 5 % de los COV y requeriría, según estimaciones del Ayuntamiento, una inversión de algo más de 500 millones de euros en 5 años. Sin embargo, es preciso puntualizar que en la estimación de los costes de la contaminación atmosférica existen muchos procesos que no se encuentran cuantificados, como los relacionados con el funcionamiento de los ecosistemas y los beneficios que éstos nos brindan (disponibilidad de agua y aire no contaminados, fertilidad del suelo, polinización de los cultivos, control de plagas o disponibilidad de lugares de esparcimiento), la conservación de la biodiversidad o las interacciones con los procesos del calentamiento global. Por ello estas estimaciones probablemente reflejen sólo los costes mínimos de la contaminación del aire para el conjunto de la sociedad.

## Fuentes de emisión de contaminantes atmosféricos en la CAM

Según los datos del inventario de emisiones de la CAM del 2007, el transporte por carretera es el principal sector de emisión de los gases que más problemas de calidad del aire provocan, con un 62 % de los NO<sub>x</sub>, un 79 % de las PM<sub>10</sub> y un 85 % de las PM<sub>2,5</sub> [18]. Otros sectores con una contribución significativa, aunque menor que la del transporte por carretera, son los procesos industriales, como plantas de combustión industrial (9 % de las emisiones de NO<sub>x</sub>) y otros procesos industriales sin combustión (8 % de las emisiones de PM<sub>10</sub> y el 4 % de las

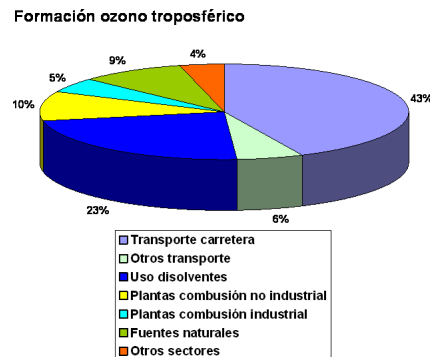


Figura 2: Contribución de distintos sectores a la formación de ozono troposférico (O<sub>3</sub>) en la CAM en el año 2007. Fuente de los datos [18].

PM<sub>2,5</sub>). También destacan las plantas de combustión no industrial (17 % de las emisiones de NO<sub>x</sub>) y otros modos de transporte (fundamentalmente aviación civil) que genera un 10 % de las emisiones de NO<sub>x</sub>.

Si en el caso de los óxidos de nitrógeno y las partículas, la fuente dominante es el transporte por carretera, en el caso de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles distintos del metano (COV), la fuente más importante la constituyen los procesos industriales que emplean disolventes, con un 55 % de las emisiones totales, seguido de fuentes naturales (21 %) y, en tercer lugar, el transporte por carretera, con un 15 % [18]. Los COV, a pesar de mantener sus concentraciones por debajo de los límites legales, tienen un fuerte potencial de formación de ozono troposférico.

Según los valores de emisión de COV, NO<sub>x</sub> y otros precursores del O<sub>3</sub>, se estima que el transporte por carretera es el principal responsable de la formación de O<sub>3</sub>, con un 43 % de las emisiones totales de precursores, mientras que de las industrias que utilizan disolventes contribuyen en un 23 % [18]. El 34 % restante del potencial de formación de O<sub>3</sub> lo componen principalmente las plantas de combustión no industrial (sector comercial, institucional, residencial y agrícola) con un 10 %, las fuentes naturales (9 %), otros modos de transporte (6 %) y las plantas de combustión industrial (5 %) [18] (2).

La distribución de estas emisiones no es homogénea por todo el territorio de la Comunidad. Las emisiones procedentes del tráfico se generan fundamentalmente en las grandes vías de comunicación radiales y de circunvalación en el entorno de Madrid y su corona metropolitana, de acuerdo con los flujos principales de desplazamiento de la población y las

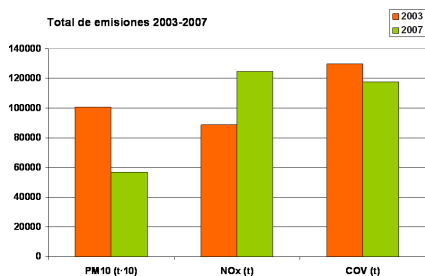


Figura 3: Emisiones totales de PM<sub>10</sub>, NO<sub>x</sub> y COV en la Comunidad de Madrid según los inventarios de emisiones del 2003 y 2007. Los valores de PM<sub>10</sub> se han multiplicado por 10 para homogenizar la escala de representación. Fuente de los datos: [18] [19].

mercancías. En cuanto a las emisiones industriales, los principales focos se concentran en el corredor del Henares, la zona urbana sur y la zona urbana noroeste [19].

La evolución de las emisiones en el periodo 2003-2007 muestra un aumento de los NO<sub>x</sub> (3), un 62 % del mismo es atribuible al aumento de las emisiones del transporte por carretera [18] [20]. Las emisiones de PM<sub>10</sub> del transporte por carretera también aumentan durante ese periodo, sin embargo las emisiones globales disminuyen un 40 % [18] [20].

Asociadas a las emisiones de gases contaminantes también se generan emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). De nuevo, el transporte es el principal emisor, con un 58 % del total de GEI en la CAM en 2007 (4). Otros sectores importantes son la industria manufacturera y la construcción (9 %), productos minerales (5 %) o el tratamiento y eliminación de residuos, (4 %) [18].

## Planes de mejora de la calidad del aire

La CAM y el Ayuntamiento de Madrid disponen de sendas estrategias sobre Calidad del Aire y Cambio Climático [17] [20], finalizado en 2010 en el caso del Ayuntamiento. En ambos planes se proponen numerosas medidas que actúan en su mayoría sobre el transporte, aunque también se incluyen otras para mejorar la eficiencia energética o reducir las emisiones industriales. A pesar de estos planes, los objetivos cuantitativos sobre los niveles de contaminación para el año 2010 del Plan Azul de la Comunidad de Madrid (2006-2012) no se cumplen para el NO<sub>2</sub> (promedio anual de 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) en Madrid, Coslada y Leganés, ni para el O<sub>3</sub> (25 superaciones al año de la

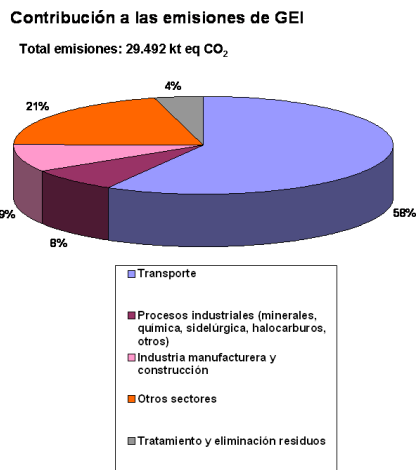


Figura 4: Contribución de distintos sectores a la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) en la CAM año 2007. Fuente de los datos [18].

media octohoraria máxima de 120  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) en otros 7 municipios (incluyendo Madrid) en el periodo 2008-2010. Estos objetivos sí se cumplieron en 2010 para las PM<sub>10</sub>.

En cuanto al resto de objetivos cuantitativos de reducción de emisiones y el cumplimiento de las medidas propuestas en el Plan Azul, falta desarrollar evaluaciones conjuntas para comprobar su marcha y el impacto que están teniendo sobre la calidad del aire. La disolución de la Comisión de Calidad del Aire de la CAM [21], organismo encargado de estas evaluaciones en el Plan Azul es un mal paso en este sentido. Además, es necesario disponer de un inventario de emisiones actualizado (en desarrollo para 2008, 2009 y 2010 [2]) para evaluar el impacto de las medidas y analizar las tendencias de los últimos años, extrayendo de estos análisis el impacto sobre las emisiones del descenso de la actividad económica provocado por la crisis.

En vista de la finalización del periodo de actuación del Plan Azul (2012), resulta muy importante para futuras revisiones de la estrategia la consideración del impacto que otros planeamientos como los desarrollos urbanísticos, la construcción de infraestructuras o el plan energético tienen sobre la calidad del aire en la Comunidad, dentro del marco de la Evaluación Ambiental Estratégica de estos planes y programas. Para ello es necesario el desarrollo de aplicaciones del modelo de predicción de la contaminación atmosférica, como herramienta para cuantificar los impactos de estos planes sobre las emisiones y la idoneidad de las propuestas para la mejora

de la calidad del aire. Además es vital disponer de un presupuesto detallado, acompañado de un análisis de coste-beneficio de cada medida, y un calendario de desarrollo. Asimismo, es necesario establecer un plan de acción a corto plazo para la reducción de la duración y la intensidad de los episodios de contaminación atmosférica.

## Jornadas “Ideando un Madrid Sostenible”

El análisis de la situación de la calidad del aire en la CAM muestra problemas de contaminación, con grandes efectos negativos para el conjunto de la sociedad, fuertemente relacionados con el transporte por carretera y con otros aspectos relativos al modelo de desarrollo de la CAM. Sobre algunos de estos temas se discutirá a lo largo de estas jornadas.

Asuntos de capital importancia con respecto al modelo de transporte actual, como son el urbanismo o la movilidad, serán tratados de forma monográfica durante el desarrollo de estas jornadas. En la mesa de discusión sobre calidad del aire se evaluarán distintas soluciones planteadas recientemente relativas a las emisiones del sector del transporte, como la reducción de velocidad máxima permitida, la utilización de combustibles alternativos, la mejora de la congestión del tráfico o el fomento del transporte público y otros modos de transporte alternativos al vehículo privado. En cuanto a la contribución del sector residencial, comercial e institucional, sus emisiones contaminantes se podrían reducir si se aplicaran cambios en su forma de consumo energético. Estas cuestiones se tratan en las ponencias sobre eficiencia energética y generación de energía mediante fuentes renovables.

## Referencias

- [1] Directiva 2008/50/CE de 21 mayo 2008 relativa a la calidad del aire ambiente y una atmósfera más limpia en Europa.
- [2] Área de Calidad Atmosférica. Página web de la CAM: <http://gestionaria.madrid.org/aireinternet>
- [3] Informe Anual sobre la Calidad del Aire en la Comunidad de Madrid 2010. Plan Azul. CAM, 2011.
- [4] Calidad del aire y Salud. Organización Mundial de la Salud. Nota descriptiva 313. 2008.
- [5] Calidad del aire en el estado español 2009. Ecologistas en Acción, 2010.
- [6] Alonso et al., 2009. La contaminación atmosférica en la sierra de Guadarrama. VI Jornadas Científicas Parque Natural de Peñalara. CAM.
- [7] Salvador et al., 2011. Spatial and Temporal Trends in PM<sub>10</sub> and PM<sub>2,5</sub> across Madrid Metropolitan Area 1999-2008. *Procedia Environmental Sciences*, en premsa.
- [8] Avance meteorológico del 2010. Agencia Estatal de Meteorología, 2011.
- [9] López-Piñero, JM. 2006. Juan Bautista Juani: análisis químico de la contaminación del aire en Madrid (1679). *Revista Española de Salud Pública* 80: 201-204.
- [10] Maté et al., 2011. Short-term effect of fine particulate matter (PM<sub>2,5</sub>) on daily mortality due to diseases of the circulatory system in Madrid (Spain). *Science of the Total Environment* 408, 5750-5757.
- [11] Linares et al., 2009. Impact of particulate matter with diameter less than 2,5 microns (PM<sub>2,5</sub>) on daily hospital admissions in 0-10 year-olds in Madrid (Spain) (2003-2005). *Gaceta Sanitaria* 23 (3), 192-197.
- [12] Jiménez et al., 2009. Short-term impact of particulate matter (PM<sub>2,5</sub>) on daily mortality among the over -75 age Group in Madrid (Spain). *Science of the Total Environment* 407 (21), 5486-5492.
- [13] Bartra et al. 2007. Air Pollution and Allergens. *J. Investig. Allergol. Clin. Immunol.* 17 (2) : 3-8.
- [14] El ozono troposférico y sus efectos en la vegetación. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid, 2009.74 pp.
- [15] European Nitrogen Assessment. Sources, effects and policy perspectives. 2011. Editores: Sutton, M. et al. ESF - Nitrogen in Europe. 664 pp.
- [16] de la Fuente et al. 2011. City scale assessment model for air pollution effects on the cultural Heritage. *Atmospheric Environment* 45: 1242-1250.

- [17] Estrategia local de calidad del aire de la ciudad de Madrid (2006-2010). Ayuntamiento de Madrid.
- [18] Actualización del inventario de emisiones de contaminantes a la atmósfera en la C. de Madrid, 2007. Documento de síntesis. Plan Azul. CAM.
- [19] Registro estatal de emisiones y fuentes contaminantes. PRTR-España. [www.prtr-es.es/](http://www.prtr-es.es/)
- [20] Estrategia de Calidad del Aire y Cambio Climático de la C. de Madrid (2006-2012). Plan Azul. CAM.
- [21] Ley 9/2010, sobre Medidas Fiscales, Administrativas y Racionalización del Sector Público. Actualizada 7 enero 2011. CAM.