

ESTUDIO DEL MATERIAL PARTICULADO EN ÁREAS DE FONDO URBANO CON INFLUENCIA DE EMISIONES INDUSTRIALES (PAÍS VASCO)

A. INZA AGIRRE¹, M. V. ALBIZU², X. QUEROL³, L. A. ORTEGA¹, J. I. GIL¹

¹Dpto. de Mineralogía y Petrología, Universidad del País Vasco/EHU, Sarriena s/n, 48940 Leioa

²Dpto. de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, Gobierno Vasco, Gran Vía 85, 48011 Bilbao

³Instituto de Ciencias de la tierra “Jaume Almera”, CSIC, Lluís Solé i Sabarís s/n, 08028 Barcelona

RESUMEN

Se presentan los niveles de PM₁₀ y PM_{2.5} obtenidos mediante equipos automáticos (Beta) y equipos gravimétricos de alto volumen en tres estaciones de fondo urbano con influencia de emisiones industriales durante el año 2002 (Abanto) y a lo largo de los años 2003-2004 (Basauri y Beasain). La intercomparación de los resultados obtenidos con los equipos automáticos y manuales da factores análogos o inferiores al factor de referencia (1,2). Los niveles de PM₁₀ registrados durante el periodo de muestreo para las tres estaciones están por debajo del valor límite anual correspondiente (directiva 1999/30/CE) e incluso de los 40 µg/m³ establecidos para el 2005. Los datos de composición química del PM₁₀ y PM_{2.5} cumplen la normativa vigente de contenidos en Pb para el periodo de estudio (1) así como la establecida posteriormente para los contenidos en As, Cd y Ni (2).

PALABRAS CLAVE: PM₁₀, PM_{2.5}, intercomparación, áreas urbanas, País Vasco, emisiones industriales

1. INTRODUCCIÓN

La Red de Vigilancia y Control de la Calidad del Aire en la Comunidad Autónoma del País Vasco (Euskadi) está constituida por más de cincuenta estaciones distribuidas a lo largo de 11 zonas geográficas, incluyendo 3 estaciones de fondo. Dentro de las actividades de los responsables de la Red se encuentra la de controlar el Índice de Calidad del Aire a partir de la medición en tiempo real de una serie de parámetros, tales como los contaminantes SO₂, NO_x, CO, PM₁₀ y O₃, mediante equipos ubicados en dichas estaciones. Juntamente con esta actividad, a lo largo de los últimos años se están llevando a cabo estudios puntuales de detalle en áreas seleccionadas a fin de completar los datos disponibles. Los estudios realizados incluyen la realización de muestreos gravimétricos, intercomparación de equipos (automáticos vs. manuales), tratamiento de datos e interpretación de escenarios meteorológicos, análisis químicos del material particulado, etc. La abundancia de industrias siderúrgicas en esta comunidad autónoma brinda una oportunidad inmejorable para la realización de estudios puntuales sobre la influencia de esta actividad industrial en los niveles y composición de material particulado atmosférico. A tal fin, y como parte de los estudios de detalle mencionados, se planteó la investigación de diversas áreas con notable influencia industrial, en particular de tipo siderúrgico. Los principales resultados del estudio realizado se presentan a continuación.

2. METODOLOGÍA

2.a. Ubicación de las estaciones de muestreo y principales focos industriales en el entorno.

Abanto: La localidad de Abanto (Vizcaya) se encuentra situada en el extremo noroeste del valle del río Nervión, cerca de su desembocadura. El valle se orienta NW-SE y la zona de estudio puede considerarse residencial con influencia de emisiones industriales debido a la proximidad de un polígono petroquímico de grandes dimensiones (Petronor), la siderúrgica de Nervacero en el vecino municipio de Valle de Trápaga y el tráfico local o relacionado con la autovía Bilbao-Santander.

Basauri: La estación de Basauri se sitúa a unos 7 km de Bilbao, río arriba con orientación NW-SE en la confluencia del Nervión e Ibaizabal. Destacan una importante instalación siderúrgica (Sidenor), la fabricación de neumáticos (Bridgestone) y diversas instalaciones de fundición de acero moldeado, laminación y tratamientos térmicos así como, próxima a la zona de muestreo aunque fuera del municipio, una gran acería del grupo Arcelor en Etxebarri.

Beasain: El municipio de Beasain se ubica en el interior de la provincia de Guipúzcoa a unos 40 km del mar Cantábrico. La población situada en el valle del río Oria con orientación NE-SW está rodeada de montes con alturas que oscilan entre los 500 y 800 m. El perfil industrial del municipio está caracterizado por las grandes instalaciones de Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles (CAF), y el conjunto de empresas menores relacionadas, así como por las instalaciones siderúrgicas de Arcelor en la localidad vecina de Olaberria.

2.b. Estrategia de muestreo, equipos utilizados, nº de filtros.

Abanto: Desde el 10 de Diciembre de 2001 hasta el 26 de Noviembre de 2002 se efectuaron semanalmente dos muestreos diarios consecutivos de PM10 y uno de PM2.5 utilizando equipos MCV de alto volumen con días de muestreo móviles desplazados un día cada semana; se obtuvieron 75 filtros de PM10 y 43 de PM2.5 válidos.

Basauri: El muestreo de PM10 (captador Thermo Andersen de alto volumen) y PM2.5 (captador MCV de alto volumen) se efectuó entre Junio de 2003 y Junio de 2004 con una frecuencia de 2 filtros por semana para PM10 y 1 filtro para PM2.5, y días de muestreo móviles desplazados un día cada semana; se obtuvieron 83 filtros de PM10 y 39 de PM2.5 válidos.

Beasain: El muestreo de PM10 (captador Thermo Andersen de alto volumen) se efectuó entre Julio de 2003 y Julio de 2004 con una frecuencia de 2 filtros por semana y días de muestreo móviles desplazados un día cada semana; se obtuvieron 80 filtros de PM10 válidos. En todos los casos se utilizó como soporte filtros de fibra de cuarzo.

3. RESULTADOS

3.a. Niveles de partículas.

Los niveles medios de partículas registrados por los equipos automáticos y gravimétricos instalados en las diferentes estaciones durante los años 2001-2002 (Abanto) y 2003-2004 (Basauri, Beasain) fueron los siguientes:

Abanto: 31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM10 ($n = 75$) y 21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM2.5 ($n = 43$), determinados mediante equipos gravimétricos, y 29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM10 ($n = 364$) determinado mediante el equipo de atenuación de la radiación Beta (valores corregidos con el factor de 1,2).

Basauri: 37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM10 ($n = 83$) y 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM2.5 ($n = 39$), determinados mediante equipos gravimétricos, y 39 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM10 ($n = 390$) determinado mediante el equipo de atenuación de la radiación Beta (valores corregidos con el factor de 1,2).

Beasain: 36 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM10 ($n = 80$), determinado mediante el equipo gravimétrico de alto volumen y 36 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM10 ($n=390$), mediante el equipo de atenuación de la radiación Beta (valores corregidos por el factor de 1,2).

3.b. Distribución granulométrica.

En Abanto, el 63 % de la fracción de PM10 correspondía a PM2.5. En Basauri el porcentaje fue del 66 %. Estos datos difieren ligeramente de los obtenidos para otras estaciones del País Vasco, por ejemplo, un 74 % en Llodio durante el 2001, indicando una granulometría más gruesa y, en principio, una menor contaminación de origen antropogénico local.

3.c. Superaciones de los valores límite.

En la Tabla 1 se indican los niveles medios anuales de PM10 para cada estación, corregidos mediante la aplicación del factor 1,2 (véase más adelante), junto con el número de superaciones del valor límite diario establecido por el Real Decreto 1073/2002 (3) ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$), así como el número de días con superaciones debidas a la intrusión de masas de aire cargado de partículas de origen africano (Sahara en la Tabla).

Tabla 1. Niveles medios anuales de PM10, nº de superaciones y días de intrusiones africanas.

	PM10 Beta	N > 50	N > 50 (Sahara)
Abanto	29	46	17
Basauri	39	91	48
Beasain	36	66	23

La Tabla 2 muestra el número de días en que se superaron los valores de PM10 establecidos por la normativa para periodos de 24 horas pero considerando los valores límite vigentes para cada año de muestreo. Esto es (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$), 70 en 2001; 65 en 2002; 60 en 2003 y 55 en 2004. Se indican, asimismo, las superaciones debidas a la intrusión de masas de aire de origen africano (Sahara en la Tabla).

Tabla 2. Días de superación de PM10 correspondientes a los años de muestreo.

	PM10 Beta	N > valor legislado 24 h	N > valor legislado 24 h (Sahara)
Abanto (2001-2002)	46	19	10
Basauri (2003-2004)	39	40	20
Beasain (2003-2004)	36	32	12

De modo similar, en la Tabla 3 se presentan los valores medios de gases contaminantes registrados en las 3 estaciones. En ningún caso se superaron las medias para año civil establecidas por la normativa. Esto es (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$), 125 de SO_2 ; 58, 56, 54 y 52 de NO_2 del 2001 al 2004, respectivamente

Tabla 3. Días de superación de PM10 correspondientes a los años de muestreo.

	PM10 Beta	SO_2	NO	NO_2	O_3
Abanto (2001-2002)	24	19	15	25	36
Basauri (2003-2004)	33	13	19	42	38
Beasain (2003-2004)	30	6	24	32	29

4. FACTORES DE INTERCOMPARACIÓN

En el caso de Abanto la intercomparación se ha realizado utilizando un total de 71 pares de datos válidos (MCV-Beta), el factor global ha sido de 1,37. Para Basauri se dispuso de 79 pares de datos válidos (Andersen-Beta), obteniéndose un factor global de 1,15. Para Beasain se obtuvieron 78 pares de datos válidos (Andersen-Beta) y un factor global de 1,11. A la vista de estos resultados, y teniendo en cuenta lo obtenido para otras estaciones (e.g. Llodio 2001, factor: 1,18 con equipo Andersen y el laboratorio homologado del Instituto Carlos III), en el tratamiento de los datos suministrados por los 3 equipos automáticos considerados se ha utilizado un factor único de 1,2 tal como también recomienda el Real Decreto 1073/2002 (3).

5. IDENTIFICACIÓN DE EPISODIOS DE INTRUSIONES DE PARTÍCULAS

La interpretación de las variaciones de niveles de partículas se complementó con el análisis de los escenarios meteorológicos que las acompañaban y con la identificación del origen de las masas de aire que alcanzaron la zona de estudio según se ha indicado en las Tablas 1 y 2. Para ello, se tuvieron en cuenta los mapas de niveles de presión a 1000, 850, 750 y 500 mbar, proporcionados por el NOAA-CIRES Climate Diagnostics Center (4) y los resultados del cálculo de retro trayectorias isentrópicas. El modelo para la determinación de retro trayectorias utilizado fue el HYSPLIT V3 (5). Las retro trayectorias se obtuvieron para cada día a las 12h, con cálculos a intervalos de 6 horas, tomando el transporte realizado durante los 5 días anteriores. Las alturas de partida de las retro trayectorias isentrópicas fueron 750, 1500 y 2500 m sobre la superficie. Finalmente, y para la identificación de episodios de intrusión de masas de aire de origen africano con altos niveles de partículas procedentes de los desiertos del Sahara y Sahel, se utilizaron mapas de aerosoles, imágenes de satélite y modelos de transporte disponibles en Internet.

Las intrusiones más importantes son por lo general fácilmente identificables a partir de las imágenes diarias de satélite SeaWIFS de la NASA (SeaWIFS Project Image Archive) (6) en las que se distingue con claridad el material particulado africano, especialmente cuando el transporte se produce sobre el Océano. La detección de las plumas de partículas depende de la nubosidad en la zona. A título de ejemplo, la Figura 1 muestra las imágenes de un episodio importante en Julio de 2004, mes durante el cual, en general, son frecuentes estos eventos.

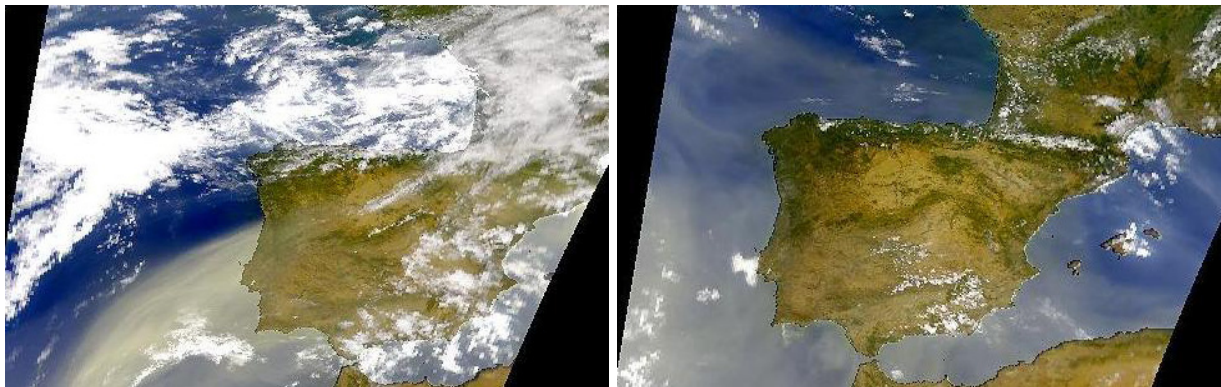


Figura 1. Fotografías del SeaWIFS correspondientes a los días 23 y 25 de Julio de 2004 que reflejan el aporte de material particulado africano en el País Vasco.

En los casos más dudosos ha sido necesario aplicar una metodología más exhaustiva, para lo cual se recurrió, entre otros, a los mapas de aerosoles y predicciones SKIRON (7), las predicciones sobre niveles de polvo mineral en superficie según el Euro-Mediterranean Centre on Insular Coastal Dynamics (ICoD) y los cálculos y mapas de aerosoles NAAPS-NRL (Naval Research Laboratory, USA) que permiten la detección de episodios de aporte de material antropogénico desde Europa central y oriental, además de episodios africanos y de combustión de biomasa.

Las Figuras siguientes muestran varios ejemplos de los resultados obtenidos mediante la aplicación de estos métodos de identificación de episodios de intrusiones de partículas. En la Figura 2 se observa cómo en la imagen del SeaWIFS para el 15 de Marzo del 2004 la Península Ibérica no se incluye completamente en la foto del satélite y está parcialmente cubierta de nubes. La masa de partículas de origen africano que se insinúa en la parte inferior de la imagen no es, por lo tanto, detectable.

Las figuras siguientes muestran los mapas generados para el mismo día mediante las herramientas indicadas previamente. En estos mapas sí se aprecia con claridad la presencia de un evento de intrusión de partículas. Por último, la Figura 5 muestra los valores horarios de PM10 y otros contaminantes para el mes de Marzo en la estación de fondo de Izki corroborando la existencia de dicha intrusión para el día mencionado.

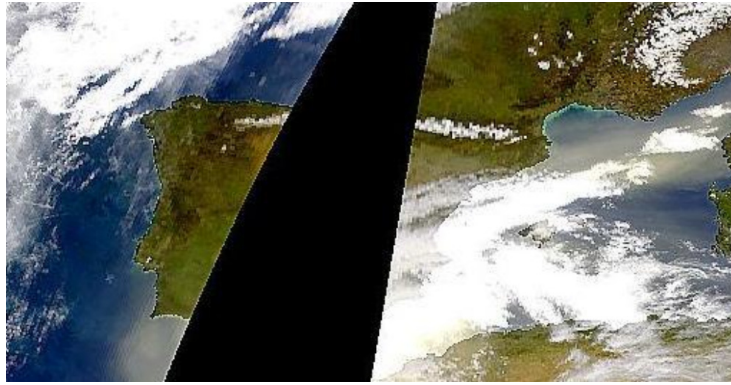


Figura 2. Fotografía del SeaWiFS correspondientes al día 15 de Marzo de 2004, la Península Ibérica aparece en parte fuera de la imagen del satélite y parcialmente cubierta de nubes.

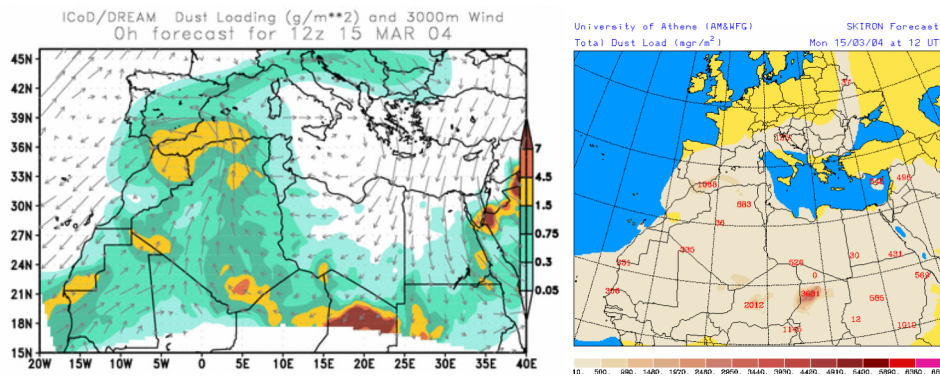


Figura 3. Predicciones según ICoD y SKIRON de un episodio de intrusión de una masa de aire cargada de partículas para el 15 de Marzo de 2004.

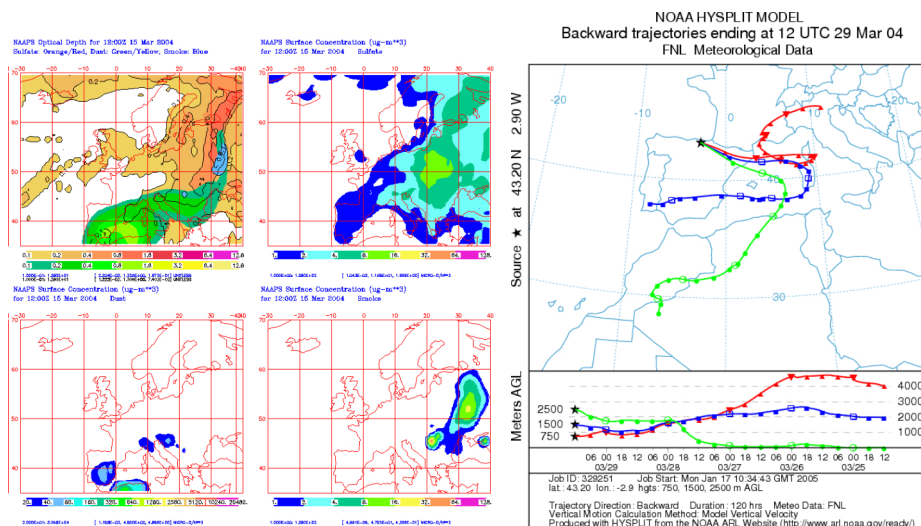


Figura 4. Mapas NAAPS (izquierda) para el 15 de Marzo de 2004. Se refleja la presencia de material particulado y de sulfatos. Retro trayectorias (derecha) correspondientes al día 15 de Marzo de 2004.

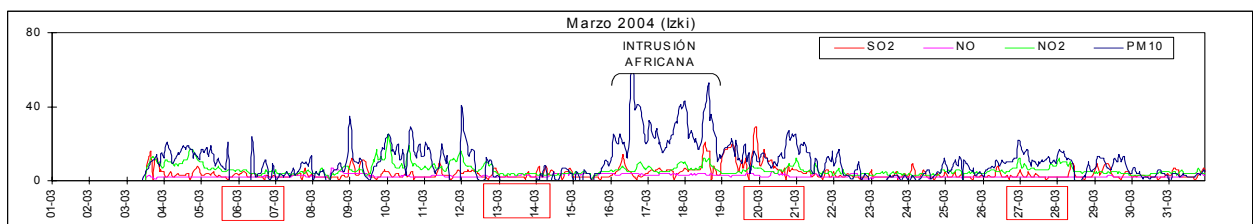


Figura 5. Valores horarios de PM10 y otros contaminantes para el mes de Marzo en la estación de fondo de Izki. Se indican los eventos de tipo antropogénico y africano, y los fines de semana (enmarcados).

6. ROSAS DE LOS VIENTOS

A fin de evaluar mejor la posición e incidencia de las posibles fuentes de contaminantes con respecto a la localización de las estaciones de control se han realizado diagramas del tipo ‘rosas de los vientos’. En estos diagramas se representa la velocidad del viento o concentración del contaminante (CO, NO, NO₂, PM10, O₃ y SO₂) con respecto a la dirección del viento para un periodo determinado (días, meses, etc.). Los resultados obtenidos pueden resumirse como sigue:

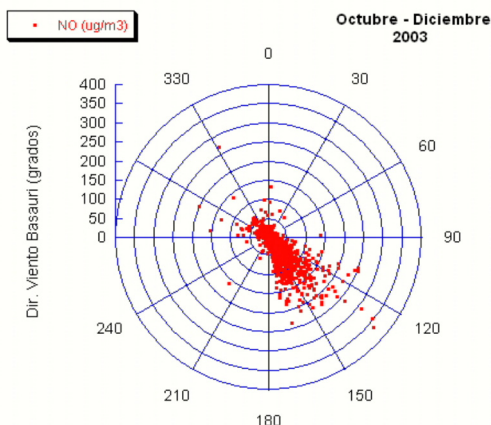
Abanto: Las concentraciones elevadas de partículas y otros contaminantes se orientan paralelamente a la dirección del valle del Nervión (Fig. 6). Este flujo de contaminantes marcado por la orografía es característico del País Vasco (ej., Llodio) (9). Si bien se han observado algunas diferencias en cuanto a concentración de contaminantes en los periodos de invierno y verano, las fuentes se mantienen prácticamente idénticas a lo largo del año. Para el SO₂ existe una fuente muy importante que da lugar a concentraciones medias horarias de hasta 600 µg/m³ en dirección N300, lo que coincide con la situación de la refinería de Petronor. Para el NO la fuente se sitúa en una dirección N110 desde la cabina, esto es, coincidiendo con la situación de la acería Nervacero, y da lugar a concentraciones medias horarias de hasta 300 µg/m³. Para PM10 y NO₂ no se observa un origen muy definido.



Figura 6. Rosas de contaminantes atmosféricos (SO₂ y NO) para la estación de Abanto (centro de las rosas) en función de la dirección del viento para los meses de Enero y Febrero de 2002.

Basauri: Las Figuras 7 y 8 presentan resultados representativos para NO y PM10, únicos contaminantes que muestran una relación clara con la dirección del viento. Los demás contaminantes, además de presentar concentraciones bajas, no muestran ninguna dirección preferente lo que indica un origen principalmente local. Se incluye, asimismo, una foto aérea mostrando la situación de la estación de muestreo en relación con posibles fuentes de contaminantes como pueden ser las grandes vías de tráfico (Autopista A-8 y Carretera N-634) y las fundiciones (ARCELOR-Laminados Velasco y SIDENOR) del área estudiada.

Figura 7. Basauri: Rosa de los vientos para el NO en función de la dirección del viento en Octubre-Diciembre de 2003 y localización de la estación de muestreo.



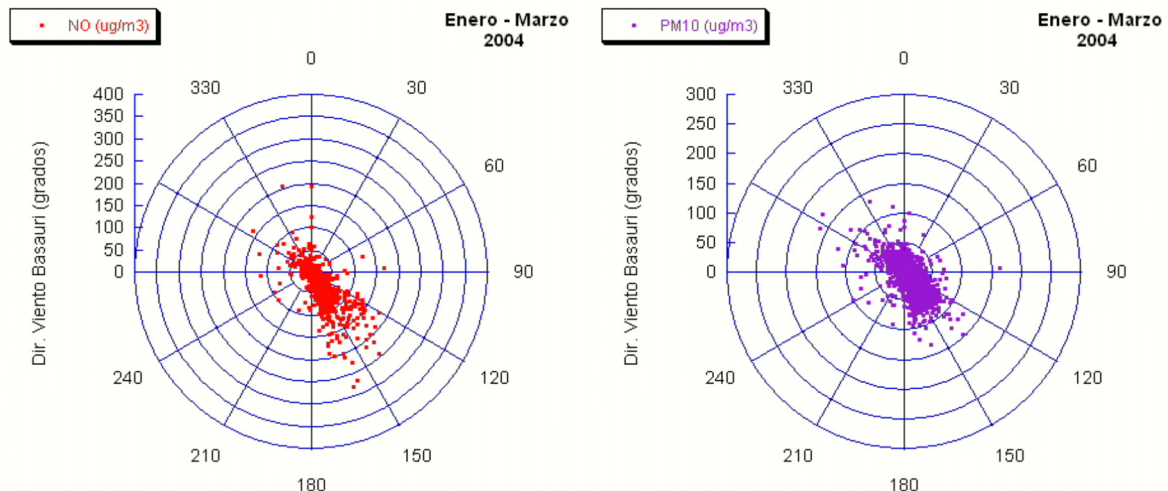


Figura 8. Rosas de los vientos para el NO y el PM10 en función de la dirección del viento entre Enero y Marzo de 2004 para la estación de Basauri.

Como puede observarse en las Figuras 7 y 8, para el NO se registra un aporte constante a partir de una fuente situada al SSE (ca. N130) de la ubicación de la estación de muestreo. Teniendo en cuenta la rápida oxidación de NO a NO₂ la fuente tiene que ser una fuente cercana. A la vista de la situación de las principales vías de tráfico parece claro que existe un foco continuo de contaminación por NO relacionado con el tráfico a lo largo de las rutas A-8 y N-634.

En cuanto al PM10 (Figura 8), los niveles son más constantes a lo largo de las estaciones y, a diferencia del NO, no existe una sola dirección de los aportes. Una dirección, aproximadamente N140, coincide con la señalada para los aportes del NO y, por lo tanto, debe estar relacionada con el tráfico a lo largo de las rutas A-8 y N-634. La otra, más o menos opuesta (N320) y con una intensidad de aportes similar a la anterior, no está relacionada con aportes de NO y sugiere una fuente importante de PM10 desde el noroeste, esto es desde el área de Bilbao-Etxebarri. Con menor frecuencia aparecen puntos de intensidad variable representativos de aportes de PM10 procedentes de otras dos direcciones, ca. N170 y N300, que coinciden con la orientación de las plantas siderúrgicas de Sidenor y Arcelor.

Beasain: En la Figura 9 se muestra la situación de la estación de muestreo en relación con posibles fuentes de contaminantes como la Carretera N-1, las fundiciones (Arcelor) y la industria metalúrgica (CAF) del área estudiada junto con una rosa de los vientos que indica el fuerte control ejercido por la dirección del valle del río Oria sobre la circulación del viento local.

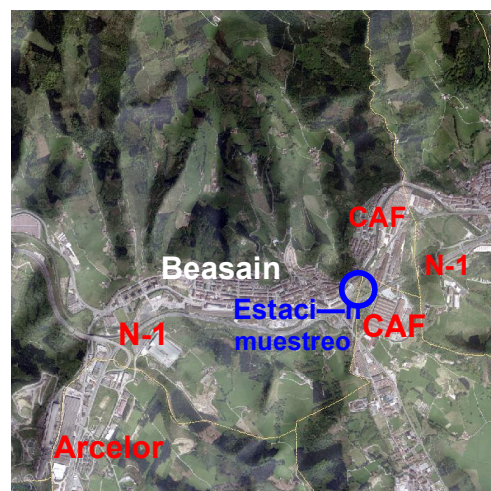
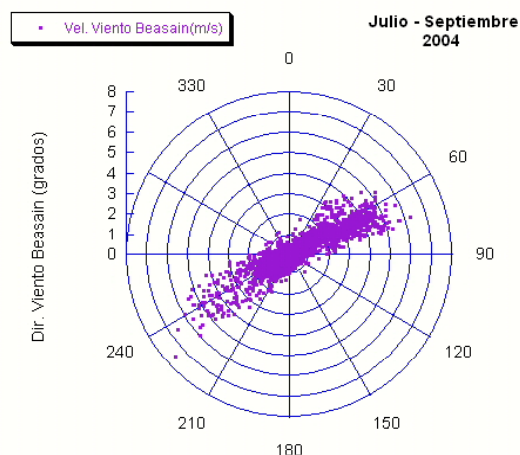


Figura 9. Beasain: Rosa de los vientos para la velocidad del viento en función de la dirección entre Julio y Septiembre de 2004, y esquema de posición de la estación de muestreo en relación con las principales industrias siderúrgicas y vías de tráfico en el sector estudiado.

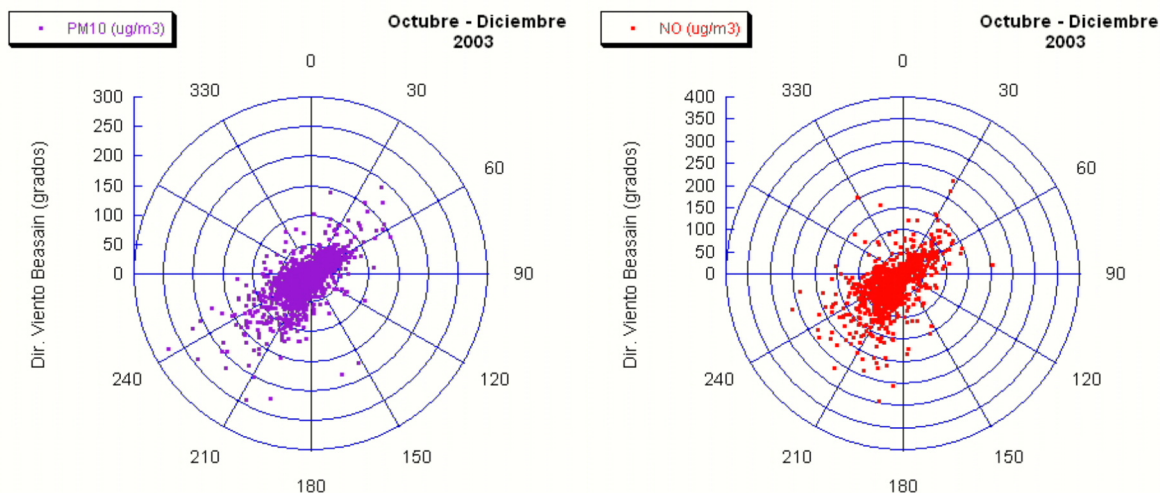


Figura 10. Rosas de los vientos para el NO y el PM10 en función de la dirección del viento entre Octubre y Diciembre de 2003 para la estación de Beasain.

Como en el caso de Basauri, aunque se observaron algunas diferencias en cuanto a concentración de contaminantes entre los periodos de invierno y verano, los datos de concentración y dirección sugieren que las fuentes fueron las mismas y se mantuvieron prácticamente constantes a lo largo del año. Para el NO se registró un aporte constante a partir de dos fuentes mal definidas situadas hacia el NE y el SO de la estación de muestreo que, en principio, pueden relacionarse con el tráfico a lo largo de la N-1. En cuanto al PM10, se observa que los niveles disminuyeron significativamente durante los meses que incluían las vacaciones de verano, no existiendo durante dichos meses una dirección clara de los aportes. Para el resto de las estaciones se aprecia una coincidencia con las direcciones del NO, esto es, en dirección NE-SO y, de modo peor definido, en dirección E-ESE. Por lo tanto, los aportes de PM10 estarían relacionados, junto con el tráfico a lo largo de la N-1, con las instalaciones de CAF al Noroeste de la estación de muestreo. En cuanto a los puntos indicativos de aportes desde el SO y E-ESE, corresponderían a la posición del núcleo urbano de Beasain y, a mayor distancia y por tanto con menor fiabilidad como fuente, la factoría de Arcelor en Olaberria.

7. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL MPA

Se han procesado para su análisis químico 46 filtros de PM10 y 35 de PM2.5 de la estación de Abanto, 81 de PM10 y 39 de PM2.5 de Basauri, y 80 de PM10 de Beasain. Los resultados obtenidos indican que a lo largo del periodo de estudio los valores registrados se encuentran muy por debajo de los valores medios anuales establecidos por la Directiva 1999/30/CE (1) para el Pb, o bien de los recomendados por la Directiva 2004/107/CE (2) para Ni, As y Cd.

8. CONCLUSIONES

El estudio del material particulado atmosférico (PM10 y PM2.5) llevado a cabo durante los años 2002 a 2004 en tres estaciones de la Red de Vigilancia y Control de la Calidad del Aire en la Comunidad Autónoma del País Vasco ha permitido verificar la adecuación de los factores de intercomparación aplicados a los equipos automáticos de la red. Se ha comprobado la existencia de cierta variación estacional en los datos obtenidos aunque, en conjunto, corrigiendo los datos automáticos mediante los factores estacionales, los resultados son muy similares (media y días de superación) a los obtenidos utilizando el factor único global. En el caso de la estación de Abanto, el factor anual supera ligeramente al obtenido con un equipo de referencia Andersen y en un laboratorio homologado (Instituto Carlos III) para Llodio en 2001 ($f = 1,2$), mientras que para Basauri y Beasain se obtuvieron factores algo más bajos.

Los niveles medios de PM10 registrados en las tres estaciones se situaron por debajo de los valores límite anuales respectivos, e incluso por debajo de los $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM10 correspondientes al año 2005

de entrada en vigor de la nueva normativa.

En cuanto a los días de superación de los valores de PM10 por causas antropogénicas (no coincidentes con intrusiones africanas), también se estaría por debajo del número de días para cada anualidad e incluso, en los casos de Abanto y Beasain, por debajo del máximo admitido por el Real Decreto de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ durante 35 días para el año 2005.

Los niveles de NO, NO₂ y O₃ presentaron una tendencia estacional propia de entornos urbanos. Así, durante el invierno, las mayores tasas de emisión y las menores condiciones dispersivas de la atmósfera favorecieron la acumulación de contaminantes como el NO y NO₂. El ozono mostró una tendencia inversa. Como es habitual los valores anuales más altos de ozono se registraron durante los meses de primavera debido al aumento de la actividad fotoquímica.

Las altas correlaciones entre partículas en suspensión (PM10) y NO permiten asumir que gran parte del PM10 registrado en las estaciones de Abanto, Basauri y Beasain tiene un origen en el tráfico local y las industrias del entorno. Los datos de concentraciones de partículas y otros contaminantes indican la existencia de un flujo de contaminantes marcado por la orografía, esto es, NO-SE paralelamente a la dirección del Valle del Nervión en el caso de Abanto y Basauri y en dirección NE-SO siguiendo el valle del Oria en el caso de Beasain.

Los valores medios anuales de los contenidos en Pb, Ni, As y Cd se encuentran por debajo de los establecidos por las directivas 1999/30/CE y 2004/107/CE; puntualmente se registraron superaciones importantes del valor medio anual, así como valores elevados de algunos otros elementos metálicos como Fe y Zn.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) Directiva 1999/30/CE del Consejo de 22 de Abril de 1999 relativa a los valores límite de dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno y óxidos de nitrógeno, partículas y plomo en el aire ambiente.
- (2) Directiva 2004/107/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 15 de Diciembre de 2004 relativa al arsénico, el cadmio, el mercurio, el níquel y los hidrocarburos aromáticos policíclicos en el aire ambiente.
- (3) Real Decreto 1073/2002, de 18 de Octubre, sobre evaluación y gestión de la calidad del aire ambiente en relación con el dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, óxidos de nitrógeno, partículas, plomo, benceno y monóxido de carbono.
- (4) Kalnay, E.; Kanamitsu; R. Kistler; W. Collins; D. Deaven; L. Gandin; M. Iredell; S. Saha; G. White; J. Woolen; Y. Zhu; M. Chelliah; W. Ebisuzaki; W. Higgins; J. Janowiak; K.C. Mo; C. Ropelewski; J. Wang; A. Leetmaa; R. Reynolds; R. Jenne and D. Joseph (1996) The NCEP/NCAR 40-year Reanalysis project. Bull. Amer. Meteor. Soc., 77, 437-471
- (5) Draxler, R.R. and Rolph, G.D. (2003) HYSPLIT (HYbrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory) Model access via NOAA ARL READY Website (<http://www.arl.noaa.gov/ready/hysplit4.html>). NOAA Air Resources Laboratory, Silver Spring, MD.
- (6) McClain, C.R., Cleave, M.L., Feldman, G.C., Gregg, W.W., Hooker, S.B., Kuring, N. (1998) Science Quality SeaWiFS Data for Global Biosphere Research Sea Technology, 39, 10-15
- (7) Kallos, G., Kotroni, V., Lagouvardos, K. (1997) Proceedings of the Symposium on Regional Weather Prediction on Parallel computer Environments. University of Athens, Greece, 109-122.
- (8) Viana, M., Querol, X., Alastuey, A., Gangoiti, G., Menéndez, M. (2003) PM levels in the Basque Country (Northern Spain): analysis of a 5 year data record and interpretation of seasonal variations. Atmospheric Environment 37, 21, 2879 – 2891