

ESTUDIO DE LOS NIVELES DE PM10 Y PM2.5 EN UN ÁREA URBANA CON INFLUENCIA INDUSTRIAL SIDEROMETALÚRGICA (BASAURI, VIZCAYA)



aireaAIRE

2003-2004



EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO

INGURUMEN ETA LURRALDE
ANTOLAMENDU SAILA

DEPARTAMENTO DE MEDIO AMBIENTE
Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO

 ingurumena.net

| | |
|--------------------------|--|
| Documento: | ESTUDIO DE LOS NIVELES DE PM10 Y PM2.5 EN UN ÁREA URBANA CON INFLUENCIA INDUSTRIAL SIDEROMETALÚRGICA (BASAURI, VIZCAYA) |
| Fecha de edición: | 2006 |
| Autor: | Inza Agirre, Ainhoa, Sánchez Lorda, María Eugenia, Menéndez Martínez, Marina, Ortega Cuesta, Luis Ángel, Gil Ibarguchi, José Ignacio |
| | Servicio de Geocronología y Geoquímica Isotópica. Facultad de Ciencia y Tecnología. Universidad del País Vasco (UPV/EHU) |
| Portada: | Foto de la localidad de Basauri (fuente Google Earth Plus) y equipos de la estación de la Red de Control de la Calidad del Aire de la Comunidad Autónoma del País Vasco utilizados en el estudio |
| Propietario: | Gobierno Vasco. Departamento de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Dirección de Planificación, Evaluación y Control Ambiental |

ÍNDICE:

| | | |
|------|--|-------|
| I. | Introducción y objetivos del estudio | p. 1 |
| II. | Marco normativo | p. 7 |
| III. | Localización, metodología y características del área de estudio | p. 21 |
| IV. | Estudio gravimétrico del material particulado atmosférico – Muestreo y medida de niveles de PM10 y PM2.5 e intercomparación de equipos | p. 35 |
| V. | Estudio de las series temporales | p. 53 |

I. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS DEL ESTUDIO

I.a. Consideraciones preliminares

Numerosos estudios epidemiológicos realizados a partir de la década de 1990 (Dockery et al., 1993; Dockery y Pope, 1996; Hoek et al., 2002; Pope et al., 2002) han demostrado la existencia de efectos adversos para la salud derivados de la exposición puntual o prolongada a niveles elevados de material particulado atmosférico (MPA).

Los estudios más recientes (cf. información y enlaces en la dirección <http://www.epa.gov/air/particles/actions.html>) apuntan hacia las partículas de menor diámetro (partículas finas, con diámetro < 2.5 μm) como las causantes de la mayoría de las afecciones respiratorias.

Siguiendo la misma línea de investigación sobre los posibles efectos adversos del material particulado atmosférico, el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, 2001) y autores diversos han demostrado la influencia del MPA sobre el balance radiativo global al producir un efecto de refuerzo, tanto positivo como negativo, en función de la naturaleza de las partículas atmosféricas. Entre los efectos adversos adicionales del material particulado atmosférico se encuentran: la reducción de la visibilidad, la eutrofización y acidificación de los ecosistemas terrestres y acuáticos, y el deterioro de los materiales de construcción.

Las conclusiones alcanzadas por diferentes grupos de trabajo sobre este tema han puesto de manifiesto la necesidad de llevar a cabo un control de la contaminación atmosférica producida por el material particulado. Para ello, los diferentes Gobiernos están desarrollando desde hace unos años la legislación pertinente, siendo el primer paso en este sentido la normativa establecida por la Agencia Americana de protección medioambiental, US-EPA, referente al ozono y material particulado, en 1987 (revisión del *National Air Quality Standards*). En lo referente a la Unión Europea, en el año 1996 fue aprobada la Directiva 96/62/CE, la cual dio lugar al desarrollo de la Directiva Hija 1999/30/CE sobre Calidad del Aire. Esta directiva ha sido transpuesta a la

legislación española por medio del Real Decreto RD 1073/2002 y es la que se encuentra vigente en estos momentos.

La citada normativa tiene como objeto, además de establecer los valores límite de la cantidad de material particulado, el de fijar los umbrales para los contenidos de plomo, dióxido de azufre y dióxido de nitrógeno en el aire, estableciendo los métodos de evaluación de los distintos contaminantes.

Las primeras investigaciones llevadas a cabo con vistas a la transposición de este Real Decreto revelaron el elevado grado de desconocimiento existente en relación a este tema en España. En particular, se comprobó la ausencia de información disponible y fiable acerca de: los niveles, la composición, el origen y las fuentes del material particulado en el territorio español.

I.b. Objetivos

La realización de un estudio sistemático como el que nos ocupa tiene un objetivo general y una serie de objetivos parciales o puntuales. El objetivo general es el de evaluar la situación de la Comunidad Autónoma del País Vasco en relación con la Directiva 1999/30/CE y el correspondiente Real Decreto 1073/2002 (véase Capítulo II) referidos a las partículas en suspensión y Pb en el aire ambiente, así como sus necesidades frente a futuras revisiones de niveles límite o nuevas Directivas (p.e., PM2.5 en lugar de PM10). Estudios previos similares realizados en la Comunidad Autónoma han evidenciado que estaciones consideradas inicialmente de fondo urbano (p.e., Llodio) presentan valores altos en determinados metales pesados. El hecho de que en el País Vasco, y más concretamente en las provincias de Guipúzcoa y Vizcaya, se concentre aproximadamente el 50 % de las acerías y el 50 % de las fundiciones de toda España, hace que se trate del lugar idóneo para evaluar en qué manera las industrias siderometalúrgicas afectan, en general, a la composición químico-mineralógica del material particulado atmosférico y, en particular, a las concentraciones de determinados metales pesados (plomo, níquel, cromo, etc.).

En este contexto, el presente estudio se ha centrado en la realización de un análisis de la contribución de fuentes de emisión sobre los niveles de

PM10 y PM2.5 (material particulado en suspensión inferior a 10 y 2.5 micras, respectivamente) en una zona urbana con influencia esporádica de las emisiones industriales de las industrias siderometalúrgicas adyacentes. La estación de muestreo seleccionada, ubicada en el edificio Calderón de Basauri, está instrumentada para el control de la calidad del aire y pertenece a la Red de Vigilancia y Control de la Calidad del Aire del Gobierno Vasco.

Se ha intentado obtener una estimación de las contribuciones locales urbanas, industriales, así como del aerosol marino y de la resuspensión de partículas naturales (tanto locales como de aporte externo). Esto debería permitir a los responsables del control de la calidad del aire la adopción de las medidas adecuadas ante las exigencias de la nueva normativa sobre los niveles de inmisión de partículas de diferente corte granulométrico registradas en estaciones de control de la calidad del aire. Solamente sí se conoce este balance será posible el control del impacto ambiental de las emisiones locales.

El estudio realizado en Basauri se ha dividido en varias fases. Inicialmente se realizó un estudio comparativo preliminar de los niveles de PM10 registrados en las estaciones de Basauri y Beasain, ambas de tipo urbano y con influencia industrial siderometalúrgica, durante el año 2002. Dicho estudio tenía por objetivo primordial estimar del modo más preciso posible la situación previa en ambas localidades y, eventualmente, dar prioridad a la realización de un estudio de detalle en una u otra localidad. Como conclusión a dicho estudio preliminar se decidió iniciar un estudio de detalle en Basauri que, al poco tiempo, fue seguido por el inicio de un estudio similar (aunque incluyendo únicamente el muestreo de PM10) en la localidad de Beasain.

El estudio propiamente dicho comprendió la obtención de series temporales sincrónicas de niveles de PM10 y PM2.5, mediante muestreo periódico con captadores de alto volumen Andersen y MCV PM1025.

Ante la posibilidad de que la actividad de las empresas del entorno (siderurgias, electrodomésticos, material eléctrico, etc.) tuviese alguna relación con las superaciones, se diseñó una estrategia de muestreo de acuerdo con los responsables de la Administración que permitiese el estudio de los niveles y la composición del material particulado atmosférico en el entorno de la estación de Basauri perteneciente a la Red de Vigilancia y Control de la Calidad del Aire del Gobierno Vasco.

Además, se ha realizado un estudio simultáneo de identificación de patrones de transporte atmosférico para cada día del tiempo de muestreo, así como de caracterización de las condiciones meteorológicas.

Se han determinado, asimismo, retrotrayectorias para cada día mediante el modelo Hysplit, tomando como área receptora Basauri. Además, mediante simulaciones Skiron y NAAPS, mapas de índice de aerosoles TOMS y fotografías del Seawifs se han controlado los posibles aportes de contaminantes externos, con objeto de determinar las eventuales interferencias que enmascaren los aportes de las fuentes locales.

En una segunda fase se ha procedido a la caracterización química de las partículas en suspensión (PM10 y PM2.5), así como la aplicación de modelos receptores para el estudio de la contribución cualitativa de fuentes. Estos son modelos basados en el tratamiento numérico de los resultados que, mediante análisis de componentes principales, permiten detectar en una primera etapa, las fuentes principales de emisión con impacto en los niveles de PM10 y PM2.5.

Con todo ello, los objetivos concretos del estudio pueden resumirse del siguiente modo:

- *Lograr un mejor conocimiento de la situación en el entorno de la localidad de Basauri en relación con los niveles límite establecidos por la normativa vigente para el material particulado atmosférico, esto es, los niveles de PM10 y la cantidad de plomo en el aire.*
- *Aportar datos sobre las características y, en la medida de lo posible, sobre el origen de las superaciones de dichos niveles registrados en la estación de vigilancia y control de la calidad del aire de dicha localidad.*

Como resultado del estudio realizado, se debería llegar a: (i) tener un conocimiento más preciso de las características del material particulado en el área estudiada, y (ii) obtener una aproximación cuantitativa a la contribución de las distintas fuentes en el contenido y composición del MPA.

I.c. Estructura del Informe

Los resultados que ahora se presentan corresponden al estudio de los filtros muestreados a lo largo de los meses de Junio de 2003 a Junio de 2004 en la estación de Basuri, así como del tratamiento de los datos de contaminantes para el mismo período procedentes de los equipos instalados en la estación de dicha localidad.

En el presente Informe se han incluido varios apartados sobre los aspectos generales y normativos del estudio planteado. Se ha considerado conveniente incluir estos apartados a fin de comprender mejor el alcance de los resultados del muestreo y de los análisis efectuados.

Así, el Informe consta de una parte inicial, donde se expone de manera general el marco normativo sobre la contaminación atmosférica por material particulado, junto con una descripción de los principales tipos de partículas presentes en la atmósfera, su composición y los principales emisores de las mismas.

Posteriormente se describe la localización del área objeto de estudio así como la situación de las unidades de captación de partículas empleadas en este estudio para, a continuación, detallar la metodología empleada, tanto para el muestreo como en los análisis de las muestras recogidas.

En las secciones subsecuentes: (i) se exponen los resultados gravimétricos obtenidos y se efectúa una comparación de los datos gravimétricos con los datos del captador automático de la misma estación; (ii) se analizan los datos meteorológicos y de contaminación disponibles para las fechas del estudio; (iii) se presentan los resultados de los análisis químicos correspondientes a cada una de las muestras estudiadas, y (iv) se realiza un análisis de los componentes principales en relación con las posibles fuentes y causas de las superaciones. Con todo ello se extraen las conclusiones expuestas en el último Capítulo del presente informe.

II. MARCO NORMATIVO

Hasta Julio de 2001, en España el control del material particulado atmosférico se realizaba mediante las medidas de los denominados humos negros (HN) y partículas en suspensión totales o PST (Reales Decretos 1613/1985 y 1321/1992, BOE nº 219 y 289 de 12/9/85 y 2/12/92, respectivamente, como incorporación de las Directivas 80/779/CEE y 89/427/CEE a la legislación española).

Desde esa fecha, se encuentra en vigor la directiva hija europea 1999/30/CE, que emana de la Directiva 96/62/CE del Consejo, de 27 de septiembre de 1996, transpuesta a la legislación española por el Real Decreto 1073/2002. Entre los principales objetivos de esta Directiva figura el de establecer nuevos estándares de calidad del aire para el material particulado. En el caso de España, la nueva legislación conlleva un cambio en el parámetro a medir, que pasa de ser los HN y PST a ser el PM10, así como una mayor restricción en los valores límite permitidos (**Tabla II.1**).

Tabla II.1: Valores límite anuales y diarios, así como número de superaciones del valor límite diario, vigentes en España hasta Julio de 2001 y propuestos por la Directiva 1999/30/CE.

| Directiva 1999/30/CE | Antigua Normativa | Normativas Actual y Futura | |
|--|-------------------|----------------------------|--------------|
| | 1992-2001 | Fase I 2005 | Fase II 2010 |
| Parámetro de referencia | PST | PM10 | PM10 |
| Valor límite anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | 150 | 40 | 20 |
| Valor límite diario ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | 300 | 50 | 50 |
| Máximo Nº de días con superación VLD | 18 | 35 | 7 |

VLD: valor límite diario

Junto a los nuevos parámetros y niveles límite, la Comisión Europea ha propuesto planes de reducción tanto en lo que se refiere a las emisiones de partículas como de sus precursores gaseosos. Medidas similares han sido adoptadas en Estados Unidos a raíz de los estudios realizados por la US-EPA (Smith y Sloos, 1998). De hecho, y dado que los estudios epidemiológicos más recientes apuntan a que los efectos perjudiciales del PM10 se encuentran principalmente localizados en la fracción de partículas finas (< 2.5 μm o

PM2.5), algunos países han comenzado ya a controlar la fracción PM2.5 en sus redes de vigilancia de la calidad del aire (por ejemplo, Australia, Canadá o EEUU, incluso España aunque, por el momento, no de forma sistemática; cf. <http://www.epa.gov/air/particles/actions.html> para más información).

Tal como muestra la **Tabla II.1**, la nueva normativa es considerablemente más restrictiva que la que se encontraba vigente en España con anterioridad a la fecha indicada. En primer lugar, el cambio del parámetro de medida supone un mayor grado de control, en concreto de las emisiones de tipo antropogénico, ya que las partículas en suspensión totales (PST) cuentan con una importante fracción de origen natural la cual se reduce sensiblemente en el caso del PM10. Asimismo, la disminución de los niveles límite anuales y diarios es drástica: de una media de 150 µg PST/m³ anuales y 300 µg PST/m³ diarios en 2001, se pasa a 40 µg PM10/m³ anuales en 2005 y a 20 µg PM10/m³ anuales en 2010, con un valor límite diario de 50 µg PM10/m³. La diferencia entre el número de superaciones del valor límite diario no es tan marcada (18 hasta 2001, 35 en 2005 y 7 en 2010), aunque ello se debe a la importante reducción del valor límite diario.

Influencia de los fenómenos naturales

El grado de cumplimiento de los valores límite diarios y anuales establecidos por la Directiva 1999/30/CE puede estar sujeto en ciertas regiones europeas a la influencia de determinados fenómenos naturales. La Directiva considera esta particularidad en su artículo 2.15, donde se define fenómeno natural como: “*las erupciones volcánicas, las actividades sísmicas, actividades geotérmicas, o los incendios de zonas silvestres, los fuertes vientos o la resuspensión atmosférica o el transporte de partículas naturales procedentes de regiones áridas*”.

En lo referente al incumplimiento del valor límite diario establecido durante aquellos periodos en que se estuviese bajo la influencia de los citados fenómenos naturales, el apartado 5.4 de la Norma específica establece: “*cuando se superen los valores límite de PM10 a que se refiere la sección I del anexo III debido a concentraciones de PM10 en el aire ambiente producidas por fenómenos naturales, que supongan concentraciones considerablemente superiores a los niveles de fondo procedentes de*

fuentes naturales, los Estados miembros informarán de ello a la Comisión de conformidad con el apartado 1 del artículo 11 de la Directiva 96/62/CE y facilitarán la justificación necesaria para demostrar que dichos rebasamientos se deben a fenómenos naturales”.

En estos casos, los Estados miembros tendrán la obligación de ejecutar planes de actuación, con arreglo al apartado 3 del artículo 8 de la Directiva 96/62/CE, únicamente cuando se rebasen los valores límite a que se refiere la sección I del anexo III por causas que no sean tales fenómenos naturales.

Consecuentemente, las superaciones del valor límite diario de PM10 registradas durante periodos en los que se demuestre la existencia de uno de los fenómenos naturales contemplados en el artículo 2.15, podrán ser descontadas del cómputo final.

En el caso de España, y en menor medida en la Comunidad Autónoma del País Vasco, el fenómeno natural que con mayor frecuencia incide sobre los niveles de material particulado atmosférico es el transporte de partículas de origen africano por medio de la intrusión de masas de aire procedentes del Norte de África. Estos mecanismos de aporte de material particulado africano, así como la metodología aplicada para su identificación se describen con más detalle en una sección posterior del presente Informe.

La Directiva 1999/30/CE establece también los valores límite de los contenidos en plomo (Pb) para la protección de la salud humana. Según esta normativa, el valor límite es de 0,5 µg/m³, si bien en el momento de entrada en vigor de la misma tiene un margen de tolerancia del 100 % que debe reducirse de manera lineal entre el 1 de enero de 2001 y el mismo día del año 2005, cuando el margen de tolerancia será 0 %. Esto se traduce, para los años 2003 y 2004 en que se realizó el muestreo, en unos valores límite de 0,7 y 0,6 µg/m³ de Pb, respectivamente.

La normativa establece también las directrices para la ubicación de los puntos de muestreo, las cuales en muchos casos pasan a ser las opuestas a las empleadas previamente para el estudio del material particulado. De manera general, en la normativa se propone la elección del punto de muestreo de modo que se evite la medición de microambientes. Además, deben cumplirse, en la medida de lo posible, otra serie de recomendaciones en

cuanto a la microimplantación de las estaciones de muestreo, *debiendo situarse las estaciones al menos a 0,5 m del edificio más próximo, a una altura de entre 1,5 y 4 m, y no han de estar en las proximidades de fuentes de emisión.*

II.a. Características del material particulado atmosférico

El material particulado atmosférico se define como un conjunto de partículas sólidas y/o líquidas (a excepción del agua pura) presentes en suspensión en la atmósfera (Mészáros, 1999). El término material particulado atmosférico (MPA) es un concepto amplio que engloba tanto las partículas en suspensión como las partículas sedimentables (diámetro > 20 µm).

Las partículas atmosféricas pueden ser emitidas por una gran variedad de fuentes, tanto de origen natural como antropogénico. Respecto a los mecanismos de formación, las partículas pueden ser emitidas como tales a la atmósfera, denominándose **partículas primarias**, o bien ser generadas por medio de reacciones químicas, esto es, ser **partículas secundarias**. Dichas reacciones químicas pueden consistir en la interacción entre gases precursores en la atmósfera para formar una nueva partícula por condensación, o entre un gas y una partícula atmosférica para dar lugar a un nuevo aerosol por adsorción o coagulación (Warneck, 1988).

Como resultado de esta variabilidad de fuentes y transformaciones, el MPA consiste en una mezcla compleja de compuestos de naturaleza orgánica e inorgánica con diferentes distribuciones granulométricas y composición química, ambas características condicionadas por la composición de los gases que las rodean. Los niveles de material particulado se suelen expresar en forma de concentración de masa o número de partículas por unidad de volumen de aire: µg/m³ o ng/cm³.

La contaminación atmosférica por material particulado se define como la alteración de la composición natural de la atmósfera como consecuencia de la entrada en suspensión de partículas, ya sea por causas naturales o por la acción del hombre (Mészáros, 1999).

La presencia de las partículas en la atmósfera, así como su posterior deposición, pueden generar efectos tanto en el clima, como en los ecosistemas

o en los seres vivos (Aitken, 1880; Dockery et al., 1993; Schwartz, 1994 y 1996; Dockery y Pope, 1996; Arimoto, 2001). Con objeto de minimizar el impacto ambiental y en la salud es necesario poner en funcionamiento estrategias de control y reducción de las emisiones de material particulado atmosférico, aunque para que éstas sean efectivas deben realizarse de forma paralela a la reducción de las emisiones de gases precursores.

II.b. Tipos de partículas

Materia mineral

El material particulado mineral de origen natural constituye la fracción mayoritaria en cuanto a masa del aerosol atmosférico (44 % de las emisiones globales a nivel terrestre, Duce, 1995; IPCC, 1996). La emisión de partículas minerales se genera por medio de la acción de los vientos sobre la superficie terrestre, en forma de lo que se conoce como emisiones fugitivas. La mayor emisión a escala global de este tipo de partículas se produce en regiones áridas o semiáridas que se concentran en las latitudes comprendidas aproximadamente entre 10-35°N (donde se incluyen el Norte de África, Oriente Medio y Asia Central; Prospero et al., 2002). En zonas áridas ubicadas fuera de estas latitudes, como Australia o los desiertos de Atacama (Chile) o Kalahari (Botswana), no se registra una emisión significativa de material particulado mineral (Prospero, 1999).

La distribución granulométrica de este tipo de partículas, una vez emitidas en el área fuente, es relativamente constante y se concentra principalmente en tres modas cuyos diámetros son 1.5, 6.7 y 14.2 μm , respectivamente (Alfaro et al., 1998). Como se verá más adelante, estas partículas se caracterizan por su granulometría gruesa (si nos referimos a concentraciones básicas de material particulado). La abundancia relativa de partículas dentro de cada una de las modas depende de la velocidad del viento, de modo que a bajas velocidades se produce la resuspensión de las partículas de mayor diámetro, mientras que al incrementar la velocidad se emiten las partículas de menor diámetro. Al margen de la velocidad del viento, la emisión de las partículas de origen mineral depende de la superficie del

suelo, así como de la humedad y la cobertura vegetal entre otros factores (Marticorena et al., 1997).

La composición química y mineralógica de estas partículas varía de una región a otra dependiendo de las características y composición de los suelos, aunque generalmente están constituidas por calcita (CaCO_3), cuarzo (SiO_2), dolomita [$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$], arcillas [sobre todo caolinita, $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$, e illita, $\text{K}(\text{Al},\text{Mg})_3\text{SiAl}_{10}(\text{OH})$], feldespatos [KAISi_3O_8 y $(\text{Na,Ca})(\text{AlSi})_4\text{O}_8$] y cantidades inferiores de sulfato cálcico ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) y óxidos de hierro (Fe_2O_3), entre otros (Glaccum y Prospero, 1980; Schütz y Sebert, 1987; Adedokun et al., 1989; Avila et al., 1997; Caquineau et al., 1998). El origen de estas partículas es primario, ya que son emitidas directamente a la atmósfera.

En general, la composición del material particulado mineral transportado desde regiones desérticas suele estar enriquecida en arcillas, como consecuencia de su mayor tiempo de residencia atmosférica derivado de su menor diámetro de partícula y su morfología específica laminar (Pósfai y Molnár, 2000).

Aunque la mayor parte de las emisiones de materia mineral sea de origen natural, es conveniente tener en cuenta la posible existencia de un cierto número de fuentes de material particulado mineral de origen antropogénico. Así, actividades como la construcción, la minería o la fabricación de cerámicas o cementos generan partículas minerales, ya sea a través de la propia actividad, o bien durante los procesos de manipulación y transporte de materias primas (emisiones fugitivas). El tráfico puede constituir también una fuente de partículas minerales, en particular a través de la erosión del firme de rodadura (Querol et al., 2001).

Aerosol marino

El aerosol marino es el segundo tipo de partícula con mayor importancia en cuanto al volumen total de emisiones a escala global (38 % de las emisiones globales a nivel terrestre; IPCC, 1996). Al igual que el material particulado mineral, las partículas de aerosol marino poseen en su mayoría origen natural y son emitidas directamente a la atmósfera (partículas primarias).

Existen dos mecanismos principales de formación de este tipo de partícula: (i) la ruptura de burbujas de aire que alcanzan la superficie de los

océanos (**Figura II.1**), y (ii) la agitación de la superficie de los mares y océanos por acción del viento.

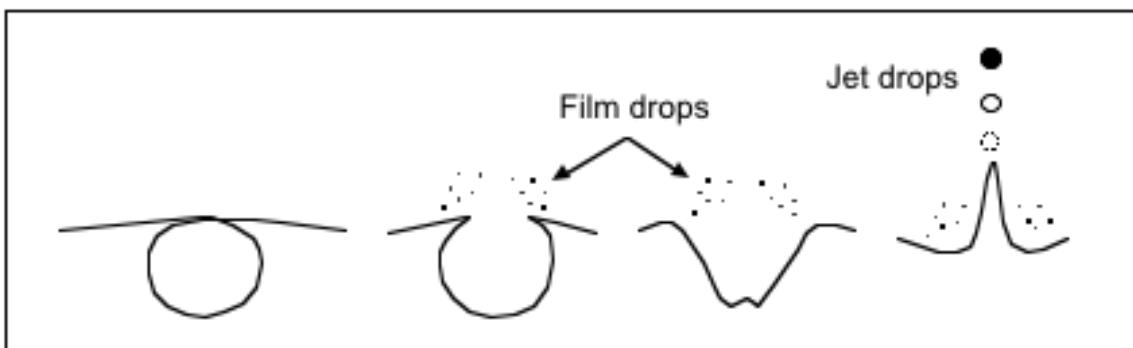


Figura II.1. Formación de partículas de aerosol marino por ruptura de burbujas de aire en la superficie de mares y océanos (según Warneck, 1988). El diámetro de las Jet drops oscila entre 2-4 μm , mientras que las Film drops son de diámetro < 1 μm .

El número de partículas de origen marino en la capa límite oceánica es así directamente proporcional a la velocidad del viento (Pósfai y Molnár, 2000).

La composición química del aerosol marino está relacionada con la del área fuente de origen: el agua de los mares y océanos. Consecuentemente, las relaciones entre los principales elementos presentes en el agua de los océanos descrita por Mészáros (1999) se observa también en el aerosol marino. Así, la fracción primaria del aerosol marino está compuesta principalmente por cloruro sódico (NaCl), aunque otras formas de cloruros y sulfatos también se encuentran presentes. Dado que los iones y compuestos mencionados son solubles en agua, el diámetro de partícula del aerosol marino en la atmósfera es dependiente de la humedad relativa.

Compuestos de Azufre (S)

Los sulfatos presentes en la atmósfera son generalmente partículas de origen secundario ya que no son emitidos directamente a la atmósfera sino que se generan mayoritariamente como resultado de la oxidación de precursores gaseosos (principalmente SO₂). El diámetro de este tipo de partículas suele ser < 1 μm (EPA, 1996).

También existen fuentes naturales y antropogénicas de sulfatos primarios, como los yacimientos yesíferos o los procesos industriales de

producción de ácido sulfúrico, y la producción y manipulación de productos minerales tales como el yeso.

Los compuestos de S representan aproximadamente el 7-10 % de las emisiones globales a nivel terrestre (IPCC, 1996). Los gases de origen natural precursores de los sulfatos son esencialmente emitidos a través de emisiones biogénicas y durante las erupciones volcánicas (Andrae y Crutzen, 1997).

Los sulfatos de origen no natural, por otra parte, constituyen la fracción principal del material particulado atmosférico antropogénico, y las emisiones antropogénicas a su vez se encuentran en el origen de entre 60-80 % del S en la atmósfera a escala global (Chuang et al., 1997).

La producción antropogénica de gases precursores de los sulfatos de origen secundario se centra esencialmente en los procesos de combustión de combustibles fósiles con alto contenido en S, mayoritariamente carbón y fuel-oil, en centrales térmicas y complejos industriales (la combustión de carbón supone aproximadamente un 60 % de las emisiones de sulfato antropogénico, mientras que el petróleo supone el 28 %, según Warneck, 1988).

Compuestos de Nitrógeno (N)

Los compuestos de N en la atmósfera (principalmente NO_3 y NH_4^+), al igual que los sulfatos, son de origen mayoritariamente secundario y provienen de la reacción de precursores gaseosos naturales y antropogénicos. Estos compuestos representan aproximadamente el 2-5 % de las emisiones globales a nivel terrestre (IPCC, 1996). El diámetro de las partículas atmosféricas resultantes suele ser también $< 1\mu\text{m}$ (EPA, 1996).

Los compuestos nitratados de origen natural se suelen originar a partir de las emisiones de los suelos (nitrificación, N_2O), los incendios forestales (NO_2 , NO), las descargas eléctricas (NO) y las emisiones biogénicas (NH_3) (Seinfeld y Pandis, 1998). Las emisiones naturales de NO y NO_x a escala global constituyen sólo la tercera parte de las emisiones antropogénicas (Mészáros, 1993).

En cuanto a los precursores gaseosos de los nitratos de origen antropogénico, en la actualidad se conocen numerosas fuentes emisoras, entre las cuales destacan la producción eléctrica (combustión de gas, fuel-oil y carbón), así como otros procesos de combustión a temperaturas elevadas

(capaces de oxidar el N₂ atmosférico) tales como los que ocurren en los motores de los vehículos y la quema de biomasa.

Los principales gases emitidos por fuentes naturales y antropogénicas son por lo tanto: NO, NO₂, N₂O y NH₃, cuya oxidación en la atmósfera tiene como resultado más frecuente la formación de ácido nítrico (HNO₃) (Warneck, 1988; Mészáros, 1999) y amonio (NH₄⁺).

Compuestos de Carbono (C)

Los compuestos carbonosos comprenden una amplia variedad de especies naturales y antropogénicas, de composición y estructura diversa, cuya característica común es la presencia de C en su composición. Para su estudio, se distingue generalmente entre carbono elemental (EC) y materia orgánica (OM), y se expresa la masa de carbono total (TC) como la suma de OM + EC.

Con frecuencia, y debido a su elevada capacidad de absorción de la radiación emitida (Sloane et al., 1991), el carbono elemental (grafítico) suele ser denominado *black carbon* (BC). Esta fracción suele ser emitida directamente a la atmósfera (partículas primarias) por procesos de combustión incompleta (gas, carbón y/o fuel-oil) y, por tanto, su origen es esencialmente antropogénico.

Los compuestos de carbono orgánicos, por otra parte, pueden ser emitidos directamente a la atmósfera (por fuentes naturales y antropogénicas) o formarse por condensación de compuestos orgánicos volátiles (COVs, también de origen natural o antropogénico).

El término *soot* (hollín) es utilizado en ocasiones para denominar la suma de OM+EC primario, aunque este término no se encuentra bien definido en la actualidad (EPA, 1996; Pósfai y Molnár, 2000).

Por último, es posible encontrar cantidades limitadas de carbono atmosférico en carbonatos (principalmente CaCO₃ y MgCO₃) naturales y/o antropogénicos.

Los compuestos carbonosos representan aproximadamente el 2-5 % de las emisiones globales a nivel terrestre (IPCC, 1996).

La emisión de compuestos orgánicos de origen natural se produce esencialmente a través de la vegetación, la superficie de los océanos y los

suelos, y puede dar lugar a partículas tanto primarias como secundarias en la atmósfera.

El material particulado carbonoso primario de origen antropogénico en la atmósfera tiene su principal fuente en la generación eléctrica (procesos de combustión). Sin embargo, es necesario considerar también la contribución de otras fuentes de origen industrial así como los aportes del tráfico. Dentro de las ciudades es necesario destacar las emisiones del tráfico y, en especial, las de los vehículos diesel, cuya contribución a los niveles de materia carbonosa es cinco veces superior a la de los motores de gasolina (Kim y Hopke, 2003).

En cuanto a las partículas de carbono antropogénico de origen secundario, aproximadamente el 50 % proviene de la evaporación de gasolina, la gasolina líquida y las emisiones de los vehículos (Watson et al., 2001). Asimismo, contribuyen a los niveles de OM la fabricación y manipulación de pinturas y disolventes.

II.c. Tamaño de las partículas

El tamaño de partícula es uno de los principales factores que inciden en la peligrosidad de las partículas atmosféricas en suspensión como contaminante del aire. Las partículas asociadas a cada fuente de emisión tienden a tener una composición química y tamaño determinados. En la **Figura II.2** se muestra una distribución idealizada de masa de partículas por tamaños, donde puede apreciarse la distinción entre “partículas finas” y “partículas gruesas”.

El modo o moda de partículas finas ($< 2,5 \mu\text{m}$) está principalmente formado por partículas secundarias, generadas mediante procesos de nucleación y condensación de sus precursores gaseosos. Entre las fases secundarias más importantes de este rango destacan los sulfatos y nitratos, originados a través de la oxidación de SO_2 y NO_x , y los aerosoles orgánicos secundarios, como el PAN (Peroxiacetil nitrato) o los HPA (Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos). Son pocas las fuentes que emiten MPA primario en el rango de las partículas finas. Tales emisiones están asociadas a procesos rápidos de condensación de gases (previamente a la emisión) expulsados a altas temperaturas, o bien a procesos industriales de molienda y pulverización.

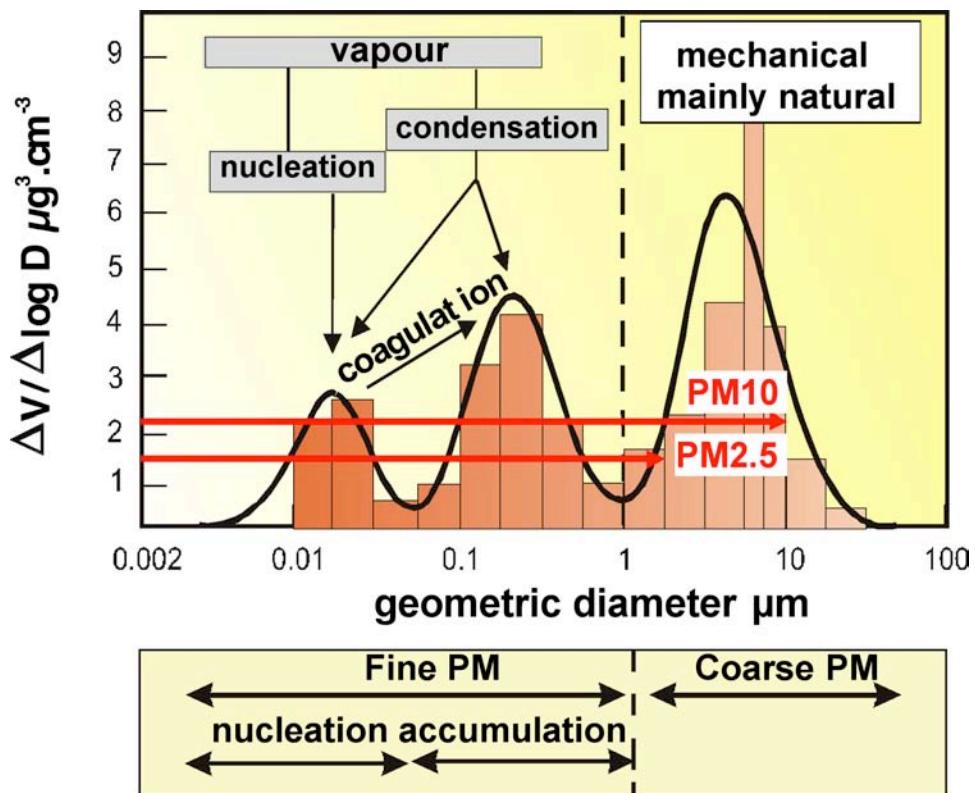


Figura II.2. Distribución idealizada de masa de partículas en función de su tamaño (Wilson y Suh, 1997).

Las partículas gruesas ($> 2,5 \mu\text{m}$) son básicamente primarias y se generan por procesos mecánicos y de evaporación. Los procesos mecánicos de reducción de tamaño encuentran su límite inferior en $1 \mu\text{m}$, por lo que no afectan a partículas inferiores a este tamaño. En este rango las fuentes más importantes son: (i) los aportes minerales crustales, ya sean locales o transportados a larga distancia, (ii) el aerosol marino, (iii) las partículas biológicas (restos vegetales), y (iv) las partículas primarias derivadas de los procesos industriales o del tráfico (e.g., restos de neumáticos, frenos o asfalto). De entre las pocas partículas secundarias que se forman por encima de las $2,5 \mu\text{m}$, hay que destacar a los nitratos, cuya distribución granulométrica se extiende desde $1,0$ hasta $10 \mu\text{m}$, dependiendo de los cationes con los que se combine.

II.d. Principales emisiones de partículas

Según los datos de Brasseur et al. (1999), anualmente se emiten a la atmósfera entre 2.428 y $4.875 \cdot 10^6$ toneladas de material particulado de

diámetro < 25 µm, de las cuales, entre 962 y $2.030 \cdot 10^6$ toneladas (alrededor del 40 %), poseen un diámetro < 1 µm.

De una manera general, las emisiones procedentes de fuentes naturales duplican aproximadamente a las de fuentes antropogénicas, aunque las diferencias se acortan en lo referente a las emisiones de PM1. Asimismo, dentro de las emisiones de origen natural predominan las partículas primarias, concretamente aquellas de origen mineral y marino. En cuanto a las partículas de origen antropogénico, existe un mayor equilibrio entre las emisiones primarias y secundarias, principalmente debido a la contribución a las partículas primarias de los procesos de quema de biomasa y combustión en procesos industriales y de transporte (máximo de $220 \cdot 10^6$ toneladas/año).

En la **Figura II.3** (Second Position Paper on Particulate Matter, EC, 2003) se ha representado, en promedio para los 15 Estados Miembros en aquel momento de la Unión Europea, la contribución de siete de los principales sectores generadores de emisiones a los niveles de PM10 primario y de los principales precursores gaseosos (NO_x , SO_2), compuestos orgánicos volátiles no metánicos (NMVOC) y NH_3 .

Según estos resultados, a escala comunitaria las emisiones de PM10 vienen determinadas por los procesos industriales (29 %), el transporte por carretera (tráfico, 20 %) y “otras” (20 %), que representan, entre otros, los procesos de combustión en zonas residenciales (calefacción) y la agricultura.

Evidentemente, dentro de las ciudades estos porcentajes suelen variar significativamente y predomina la influencia del tráfico. Por otra parte, el 45 % de las emisiones de NO_x proviene del transporte por carretera, el 18 % de otros tipos de transporte y el 17 % de las plantas de producción eléctrica. El sector industrial es el principal responsable de las emisiones de SO_2 en los 15 países del estudio (86 %), distribuido entre la producción eléctrica (62 %) y los procesos industriales (24 %). Los compuestos orgánicos no metánicos son emitidos durante procesos de combustión (tráfico, 30 %) y “otros” procesos industriales (41 %), como por ejemplo la fabricación y manipulación de disolventes. Por último, las emisiones de NH_3 se producen de forma casi exclusiva a causa de la agricultura (94 %).

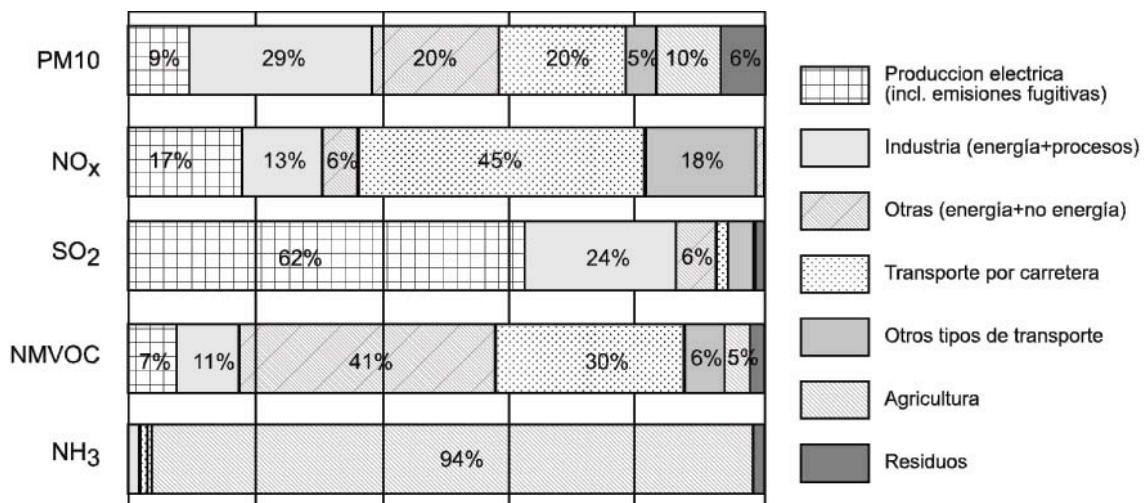


Figura II.3. Contribución media para los 15 Estados Miembros a los niveles de PM10 y precursores gaseosos (EC, 2003). NMVOC: compuestos orgánicos volátiles no metánicos.

III. LOCALIZACIÓN, METODOLOGÍA Y CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

III.a. Zona de estudio

El área metropolitana del Gran Bilbao engloba unos 20 municipios en los que viven cerca de 1 millón de personas. A lo largo de unos 20 km, dicha área ocupa el valle del bajo-Nervión con una orientación aproximada NO-SE. Las grandes industrias siderometalúrgicas y de construcción naval instaladas en esta zona durante un siglo aproximadamente, desde 1870 hasta 1970, se han ido reconvirtiendo en empresas de menor entidad pero más especializadas. Así, además de algunas metalúrgicas que aún siguen funcionando, cabe destacar la existencia de centrales térmicas, refinerías e industrias químicas dedicadas a la fabricación de ácidos, fertilizantes, etc.

Río arriba, a unos 7 km de la capital, formando parte de la comarca metropolitana de Bilbao y en una zona más bien llana en la confluencia de los ríos Nervión e Ibaizabal pero mayoritariamente sobre la orilla izquierda del río Nervión, se sitúa el municipio de Basauri objeto del presente estudio (**Figura III.1**). Esta localidad, que cuenta con una extensión de 7,16 km² contaba en el año 2004 con más de 44.000 habitantes, en claro retroceso demográfico desde los 55.000 que llegó a tener en 1978. El municipio de Basauri se sitúa a 0° 47' 45" de longitud Este y 43° 14' 5" de latitud N a una altitud de 80 m sobre el nivel del mar y limita por el Este con Zarautz, Galdakao y Etxebarri, por el Sur con Arrigorriaga y por el Oeste y Norte con Bilbao. El monte más cercano es el Monte Malmasín con una altura de 316 m.

En cuanto a la actividad industrial de Basauri, además de la importante instalación siderúrgica de Sidenor Industrial, destaca la fabricación de neumáticos (Bridgestone-Firestone Hispania), y diversas instalaciones de fundición de acero moldeado, laminación en frío y tratamientos térmicos, de entre las que sobresalen las plantas de Laminados Velasco y Edesa-Fagor a escasa distancia de la ubicación de la estación de muestreo. Cabe señalar, asimismo, que, próxima a la zona de muestreo, aunque fuera del municipio de Basauri, existe una gran acería del grupo Arcelor en el municipio adyacente de Etxebarri (cf. **Figura III.1**).

Las emisiones atmosféricas industriales que cabe esperar son, por tanto, las características de las industrias siderometalúrgicas principalmente, es decir: NO, CO, material particulado y metales de las fundiciones, así como Cd y Zn relacionados con la fabricación de neumáticos.

III.b. Climatología

La meteorología en la vertiente cantábrica se encuentra con frecuencia influenciada por situaciones advectivas (NW y NE dominantemente). El Golfo de Vizcaya es además una zona de ciclogénesis, siendo frecuente la intensificación de las ondas de depresión formando pequeños núcleos borrascosos (Millán et al., 1989). La frecuencia y desarrollo de circulaciones de brisa suele ser bastante menor que en el caso de las costas mediterráneas, pero son activas en los valles mayores, como Nervión-Ibaizabal. En presencia de un centro de altas presiones al Norte (como el anticiclón escandinavo o británico) se puede registrar un transporte neto de masas aéreas contaminadas procedentes del Norte, Centro y Este de Europa que, al ir desplazándose siguiendo la costa, pueden interaccionar con las circulaciones locales (Millán et al., 1989). Asimismo, la influencia de estos centros de altas presiones puede favorecer la aparición de episodios de contaminación local por efecto de un bloqueo anteciclónico (Gangoiti et al., 2002). Las condiciones de viento Sur suelen estar ligadas a profundas borrascas Atlánticas situadas a bajas latitudes, pudiendo transportar aire del Norte de África hasta esta zona, favorecido por la vía de acceso a través de la cuenca del Ebro.

III.c. Metodología

La red de Control de Calidad del Aire de la Comunidad Autónoma del País Vasco estaba integrada en el año 2003 por 53 ¿? estaciones, localizadas muchas de ellas en el área del Bajo Nervión-Ibaizabal debido a la alta densidad industrial. Estas estaciones están situadas en los principales núcleos de población, por lo que son emplazamientos de tipo urbano y urbano-residencial, con influencia industrial.

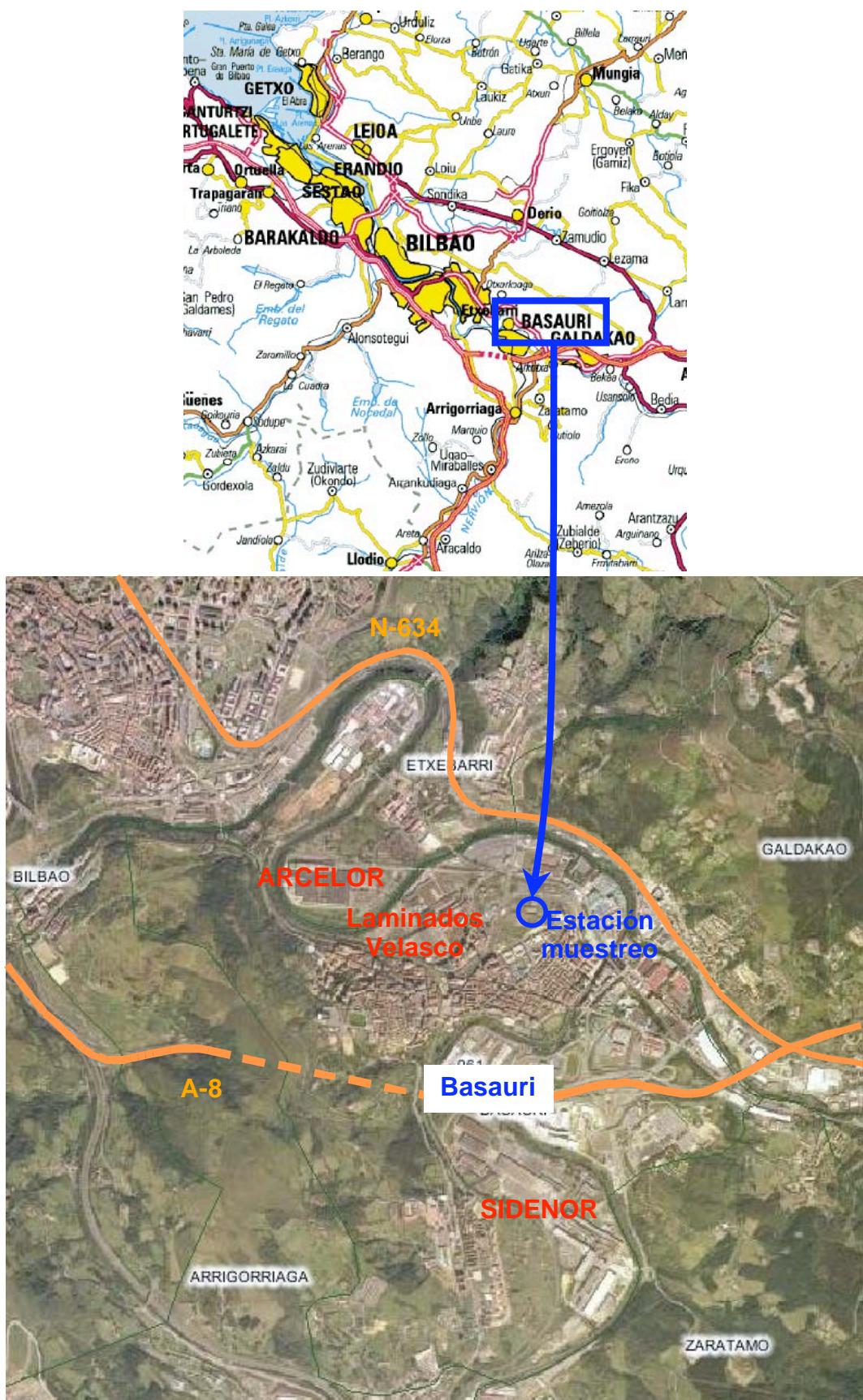


Figura III.1. Localización geográfica de la localidad de Basauri y fotografía aérea de la zona de estudio (fuente, www.pueblos-espana.org/ y web del Gobierno Vasco). Norte: parte superior de la imagen.

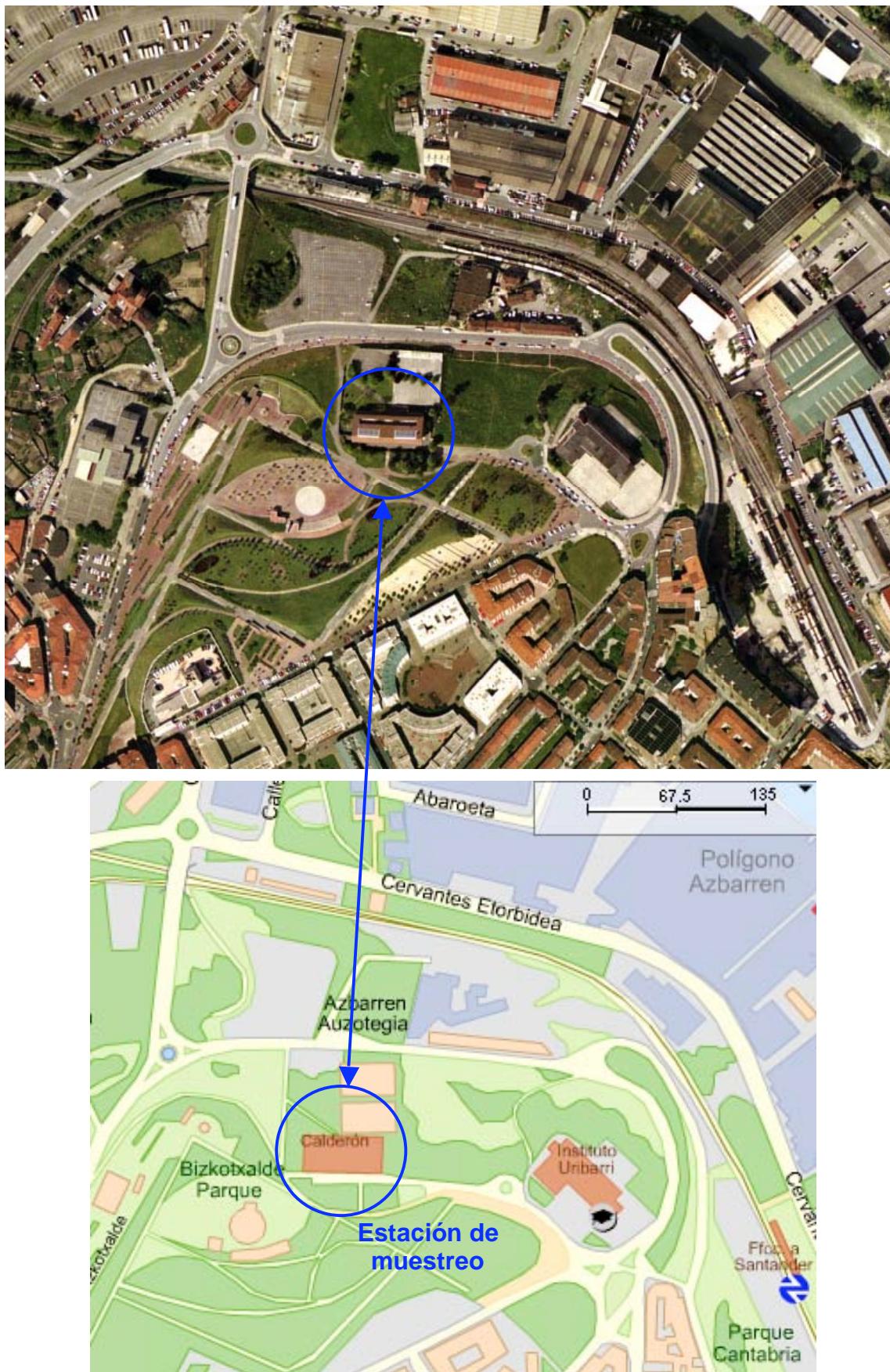


Figura III.2. Situación de la estación de muestreo en el edificio Calderón anexo al Instituto Uribarri de Basauri (fuente, web de la Diputación de Vizcaya y Ayuntamiento de Basauri). Norte: parte superior de la imagen.

La estación de Basauri podría considerarse, a priori, como urbana con influencia esporádica de emisiones industriales debido a la proximidad de las factorías de Laminados Velasco, Fagor-Edesa, Arcelor, etc., junto con una influencia menor del tráfico, ya sea local o relacionado con la carretera N-634 Bilbao – San Sebastián y, en menor medida, con la autopista A-8 Bilbao - Behobia (**Figura III.1**).

La estación se sitúa a varios metros sobre el suelo sobre una azotea orientada al N en la parte posterior del edificio Calderón, anexo al instituto Uribarri de dicha localidad (**Figuras III.2, III.4, III.5, III.6**). En el entorno no existe ningún edificio de altura superior ni existen edificios próximos al de la estación y, aunque el propio edificio Calderón podría actuar en cierto modo de pantalla en relación con eventuales emisiones procedentes de otras direcciones, la situación de los equipos de muestreo, a varios metros de las paredes de la azotea (**Figuras III.5, III.6**), en principio garantiza que el muestreo se efectúa en las condiciones adecuadas, considerándose que la interferencia del mismo sobre las condiciones meteorológicas debería ser mínima.

La localización concreta de la estación empleada, en el parque de Bizkotxalde (**Figura III.2**) y a más de 80 m de cualquier edificio (a excepción del colegio, en cuya azotea está situada), garantiza que el muestreo es representativo de la contaminación de fondo de la localidad y que no está directamente influenciado por ningún agente contaminante cercano. En dirección norte, y a unos 100 m en línea recta se encuentra el ferrocarril, sin embargo éste se sitúa en una cota notablemente más baja, por lo que la influencia sobre el muestreo no es directa.

La carretera más cercana es la N-634 Bilbao – San Sebastián que discurre por el norte de la localidad, se encuentra a una distancia de unos 400 m de la estación y presenta tráfico denso tanto de camiones como turismos (**Figura III.3**).

Los equipos ofrecían un buen estado exterior y habían venido presentando en los últimos tiempos un excelente grado de operatividad. Además de los captadores, la estación estaba plenamente equipada con diversos sistemas de medida automáticos, tanto de gases contaminantes (dióxido de azufre, ozono y óxidos de nitrógeno) como de partículas, además de una estación meteorológica para medida de temperatura y humedad relativa

y velocidad y dirección del viento (**Figura III.4**). Los niveles promedios anuales de TSP durante el periodo 1995 a 1998 en la estación de Basauri fueron relativamente bajos variando entre 59 y 71 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, con un valor medio de 63 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (equivalente a 50 $\mu\text{g PM10}/\text{m}^3$) para el total de los 4 años considerados. Mientras que los niveles de NO_x y SO_2 promedio entre 1995 y 2000 habían sido 90 y 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente.



Figura III.3. Situación de la estación de muestreo en el edificio Calderón anexo al Instituto Uribarri de Basauri en relación con las industrias del Polígono Azbarren (Edesa-Fagor) y la Carretera N-634 (fuente, página web del Ayuntamiento de Basauri). Norte: parte superior de la imagen.



Figura III.4. Aspecto externo del edificio y vista de los equipos de la estación automática de la Red de Control de la Calidad del Aire del Gobierno Vasco situada en Basauri.

A pesar de que los niveles promedio de PST se mantuvieron relativamente bajos en la estación de Basauri, es necesario reseñar que el número de superaciones en relación con las exigencias de la directiva CE/30/1999 es muy elevado. Así, por ejemplo, para el año 2002 el número de superaciones fue de 88 con un nivel medio de PM10 de $39 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (corregido; datos suministrados por equipos Beta, corregidos de manera que sean equivalentes a los datos de los captadores de alto volumen homologados), posiblemente debido a la influencia de las industrias siderúrgicas o de algún otro foco cercano de contaminación.

Para la medida de los niveles de PM10 y PM2.5 se han utilizado dos tipos de captadores manuales, un Thermo-Andersen y un MCV, respectivamente, así como un medidor automático de PM2.5 mediante atenuación de la radiación beta.

Medida gravimétrica de PM10

Se ha utilizado un equipo de alto volumen Thermo-Andersen con cabezal de corte PM10 y caudal de aspiración de $68 \text{ m}^3/\text{h}$, para la determinación de niveles y muestreo de PM10 con resolución diaria (24h; **Figura III.5**). Este es el equipo de referencia de alto volumen para el muestreo de PM10 de la norma EN-1234-1.

El funcionamiento de este equipo es el siguiente: el aire penetra a través de la abertura ubicada en la parte superior del cabezal de corte (PM10 o PM2.5, en este caso PM10) por efecto de la aspiración de la bomba, siendo aspirado en forma simétrica, esto es, independientemente de la dirección del viento, durante 24 horas (**Figura III.5**). Una vez dentro del cabezal de muestreo, el flujo de aire se acelera a través de una serie de boquillas impactadoras para después ser dirigido hacia la superficie de impactación.

Debido a su momento de inercia, aquellas partículas que poseen diámetros aerodinámicos mayores de $10 \mu\text{m}$ quedan retenidas en la superficie de la cámara mientras que las restantes poseen la suficiente inercia como para continuar a través de las boquillas inferiores hacia un filtro de fibra de cuazo. Las partículas de diámetro seleccionado (PM10 en este caso) son retenidas sobre el filtro mientras que el aire limpio es finalmente expulsado por el extremo opuesto del equipo.

El equipo cuenta con una bomba de vacío, la cual se encuentra conectada a un sensor de masa que permite no solo seleccionar el flujo o caudal de aire al cual se realiza el muestreo, sino que también regula la potencia de la bomba para mantenerlo constante a través de todo el período de muestreo. Además, el muestreador tiene incorporado un reloj programador y un cronómetro con el fin de contabilizar el tiempo total de muestreo.

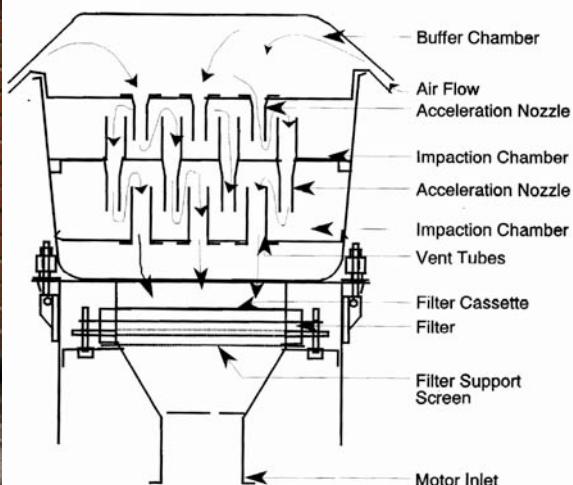


Figura III.5. Aspecto del muestreador de alto volumen Thermo-Andersen empleado en la recolección del material particulado PM10 en la localidad de Basauri y esquema del funcionamiento de dicho muestreador (cf. texto).

Medida gravimétrica de PM2.5

Se ha utilizado un equipo de muestreo manual de alto volumen MCV modelo CAV-A/M (**Figura III.6**). Este equipo posee un caudal de aspiración regulable de 20 a 80 m³/h, habiéndose utilizado a un régimen de 30 m³/h (24h; ca. 720 m³ por periodo de muestreo). El sistema de captación está formado por un conjunto de aspiración con bomba centrífuga y circuitería de control electrónico

del sistema. El funcionamiento, medida y regulación del caudal están controlados por medio de un microprocesador. Efectúa una regulación automática del caudal programado con compensación automática de la pérdida de carga por colmatación del filtro o fluctuaciones de la red y una normalización del caudal aspirado por corrección de presión y temperatura.

El funcionamiento de este equipo es el siguiente: el aire penetra por el cabezal de corte (en este caso PM2.5) por efecto de la aspiración de la bomba y atraviesa el filtro para ser finalmente expulsado por el extremo opuesto del equipo al que se conecta un tubo alargador para evitar efectos de retorno. Las partículas del diámetro seleccionado ($< 2.5 \mu\text{m}$) son retenidas sobre el filtro. El equipo cuenta con un sensor para la medida del caudal de aspiración y un reloj programador para el control del tiempo de muestreo.



Figura III.6. Aspecto del muestreador de alto volumen MCV empleado en la recolección del material particulado PM2.5 en la localidad de Basauri.

El muestreo de PM10 y PM2.5 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. La programación de los aparatos utilizados permite la realización del muestreo durante el periodo deseado, en este caso 24 horas, con días de muestreo móviles y desplazados un día cada semana. Entre cada tanda de muestreo se procedió a limpiar el cabezal de cada muestreador, recubriendo de vaselina las paredes internas del mismo para minimizar la entrada de insectos, vegetales, etc.

Los filtros utilizados para el muestreo fueron filtros de fibra de cuarzo de la marca Schleicher and Schuell, de 203x254 mm para el muestreador Andersen (PM10) y de 150 mm de diámetro para el MCV (PM2.5). Los filtros, después de ser acondicionados y pesados son colocados en su correspondiente soportes y sujetos mediante juntas de goma y el cierre metálico adecuado.

Para cada filtro se utiliza un sobre individual y se elabora una ficha en la que se incluye la siguiente información:

1. Código de muestra (número del filtro): la fecha de comienzo del muestreo.
2. Condiciones meteorológicas.
3. Tiempo de duración (si no hay ningún problema será de 24 horas) y hora de cambio del filtro.
4. Caudal de aire programado: 30 m³/h
5. Lectura volumétrica inicial del captador (m³ totales registrados en el contador acumulativo antes del muestreo).
6. Lectura volumétrica final del captador (m³ totales registrados en el contador acumulativo después del muestreo).
7. Total m³ Display: m³ muestreados correspondientes al total de m³ del display (tiene que coincidir con la diferencia de 8 – 7).
8. Observaciones: las incidencias durante el muestreo (si las hubiera)
9. Peso en blanco del filtro antes del muestreo.
10. Peso del filtro después del muestreo.

Previamente al muestreo los filtros fueron acondicionados, mediante su secado a 205 °C durante 5 horas, y pesados en las instalaciones del Servicio de Geocronología y Geoquímica Isotópica de la UPV/EHU, utilizando una balanza Sartorius LA 130S-F, específica para este fin (**Figura III.7**). Todas las pesadas se realizan por duplicado a intervalos de 24 horas. Tras el muestreo,

y como paso previo a la pesada de la muestra, los filtros son acondicionados durante al menos 72 horas en condiciones constantes de temperatura y humedad, tras lo cual se realiza la pesada.



Figura III.7. Aspecto de la balanza de 5 cifras Sartorius utilizada para pesar los filtros estudiados. La balanza se encuentra en una cabina de flujo laminar horizontal dentro de un laboratorio presurizado con temperatura y humedad constantes (sala blanca).

Medida automática de PM10

La estación de Basauri cuenta con un medidor automático de partículas de PM10 tipo Beta, lo que permite la intercomparación entre el equipo automático y el Andersen utilizado en el estudio (véase más adelante). El equipo automático realiza la medida de la concentración de PM10 por medio del cálculo de la atenuación de la radiación Beta al atravesar una muestra recogida sobre un filtro de fibra de vidrio durante 1 hora. Los filtros se encuentran montados sobre un rodillo que avanza una posición cada hora, de modo que las medidas se realizan de forma automática (**Figura III.8**). Por diferentes problemas, el muestreo no ha sido continuo durante todo el periodo del estudio, sino que diversas paradas del equipo de muestreo automático han hecho que la disponibilidad de datos sea del ¿? %.

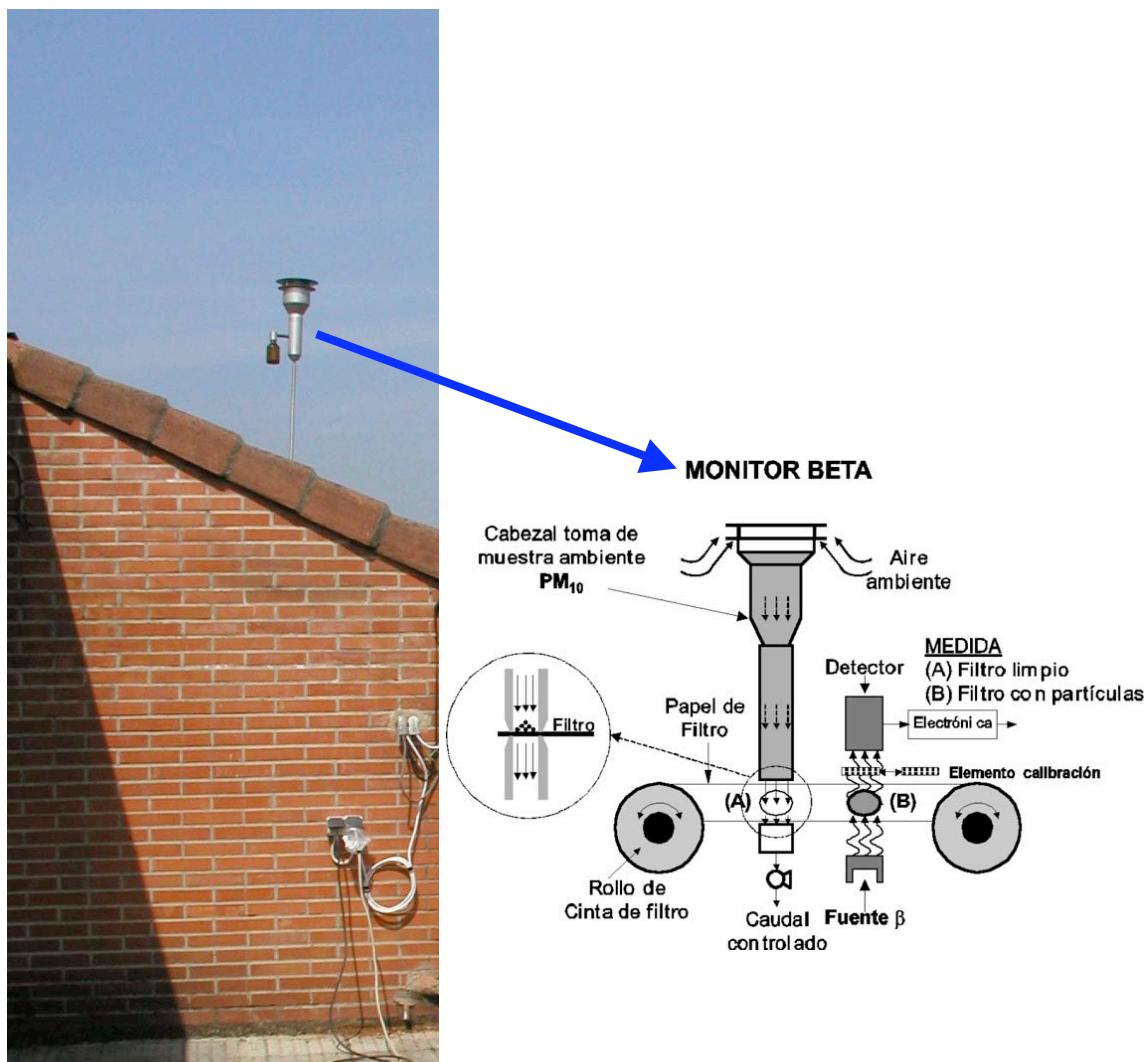


Figura III.8. Izquierda: cabezal del equipo de medida automática de PM10 mediante atenuación de la radiación beta utilizado en este estudio, situado en el tejado del edificio Calderón de Basauri. A la derecha, esquema del funcionamiento de dicho medidor (cf. texto).

Además de los equipos de muestreo de PM10 y PM2.5, la estación de Basauri disponía de equipos para la medida de contaminantes gaseosos (dióxido de azufre, ozono y óxidos de nitrógeno), y de una estación meteorológica para la medida de la temperatura, humedad relativa y velocidad y dirección del viento (**Figura III.4**)

En síntesis, los métodos de trabajo más relevantes aplicados en la realización del estudio han sido:

- El análisis gravimétrico del material particulado a partir del muestreo en filtros.

- El estudio de series temporales a partir de los datos obtenidos mediante los muestreadores automáticos instalados en la estación de Abanto de la Red de Vigilancia y Control de la Calidad del Aire del Gobierno Vasco.
- El análisis químico del MPA recogido en los filtros.
- El análisis de contribución de fuentes y de las causas de las superaciones.

Los detalles técnicos sobre los métodos empleados en la realización de cada una de estas fase se describen más adelante en relación con cada apartado.

III.c. Dinámica atmósferica de la zona de estudio

Los datos disponibles indican que el clima de la zona de estudio es templado-húmedo, de la variante oceánica occidental. Los vientos procedentes del Norte y Noroeste son los predominantes e inciden en que las lluvias sean abundantes.

La dinámica atmósferica del País Vasco y del resto de la costa cantábrica se encuentra bajo la influencia dominante del anticiclón de las Azores y de su movilidad a lo largo del año. Así, durante el invierno el anticiclón de las Azores se localiza sobre la costa portuguesa quedando el Golfo de Vizcaya expuesto al paso de sucesivos frentes asociados a las borrascas atlánticas. Durante el verano el anticiclón asciende a latitudes mayores abarcando bajo su influencia el Norte peninsular y la mitad Occidental de la Península.

Como resultado de estos hechos, en invierno se dan escenarios meteorológicos que permiten una mejor ventilación del territorio de la Comunidad Autónoma del País Vasco mediante el sucesivo paso de frentes y borrascas. Además, la curvatura cóncava del Golfo de Vizcaya favorece la ciclogénesis, de tal forma que hay borrascas que se forman en ella y, si llegan formadas, incluso se refuerzan en ella. Estas borrascas y frentes impiden la acumulación de partículas en suspensión (debido a la deposición húmeda y a la entrada de aire oceánico limpio).

Por el contrario, en verano la influencia del anticiclón sobre el Noroeste de la Península Ibérica favorece el desarrollo de circulaciones mesoescalares de brisas en toda la cordillera Cantábrica. La dinámica de estas brisas se desencadena por las diferencias de temperatura mar-tierra. La entrada de brisas de mar a tierra puede alcanzar grandes distancias hacia el interior de la Península arrastrando consigo contaminantes emitidos en latitudes superiores más cercanas a la costa.

Además, en presencia de un centro de altas presiones situado hacia el norte (anticiclón escandinavo o británico) se puede registrar un transporte neto de las masas aéreas contaminadas procedentes del Norte, Centro y Este de Europa, las cuales, al ir desplazándose siguiendo la costa, pueden interaccionar con las circulaciones locales (Millán et al., 1989).

Las condiciones ligadas a vientos del Sur suelen aparecer asociadas a profundas borrascas atlánticas situadas a bajas latitudes, pudiendo transportar aire del Norte de África hasta esta zona.

Otro aspecto a destacar en el escenario geográfico son los valles y las montañas que también generan una circulación térmica con "un ciclo diurno". Este hecho determina que la dispersión de contaminantes pase a depender del movimiento vertical del aire.

Todas estas peculiaridades suelen repercutir de manera notable en la calidad del aire de la Comunidad Autónoma del País Vasco.

IV. ESTUDIO GRAVIMÉTRICO DEL MATERIAL PARTICULADO ATMOSFÉRICO - MUESTREO Y MEDIDA DE NIVELES DE PM10 Y PM2.5 E INTERCOMPARACIÓN DE EQUIPOS

IV.a. Intercomparación de equipos de muestreo de PM10

ESTACIÓN DE BASAURI: BETA – ANDERSEN

Periodo de muestreo: Junio 2003 - Junio 2004

Introducción

La Directiva 1999/30/CE, primera Directiva Hija de la Directiva Marco de Calidad del Aire 1996/62/CE, requiere que los Estados Miembros implementen programas de medidas de material particulado en aire ambiente a partir del 19 de Julio de 2001. También requiere que presenten anualmente los datos obtenidos a través de estos programas en la Comisión y que esta información sea pública. La Directiva establece las metodologías y técnicas para medir niveles de partículas, ya sea utilizando la instrumentación del método de referencia, o bien utilizando equipos que puedan demostrar su equivalencia a un instrumento de referencia.

A la hora de describir el método de muestreo y de medida de PM10, la Directiva 1999/30/EC remite a la norma EN12341. En términos generales, la metodología EN12341 está basada en la toma de la fracción de partículas inferiores a 10 µm (PM10) en suspensión en la atmósfera sobre un sustrato filtro usando uno de los siguientes aparatos:

- un sistema de Bajo Volumen: captador LVS-PM-10
- un sistema de Alto Volumen: captador HVS PM-10
- un sistema de Superalto volumen: captador WRAC-PM10

seguida de la determinación gravimétrica de la masa de material particulado recogido.

Sin embargo, la norma EN12341 no trata sobre los equipos de medida automática, tales como los equipos de atenuación de la radiación beta o los TEOM, comúnmente utilizados en las redes de control de calidad del aire. El uso de tales equipos de medida automática, simultáneamente con alguno de los equipos de referencia, proporcionaría un valor de intercomparación entre ambos equipos.

Entre las recomendaciones que hace el grupo de trabajo en Material Particulado, a fin de efectuar la intercomparación entre los equipos candidatos y los equipos de referencia, cabe citar:

- Debe haber, al menos, dos grupos de medidas para la intercomparación:
 - (i) un primer grupo debe ser realizado durante una estación fría (invierno, por ejemplo) y, (ii) un segundo grupo debe estar realizado durante una estación cálida (como puede ser el verano).
- El número mínimo de datos validados (pares de medias diarias) para verano e invierno no debe ser inferior a 30.
- La correlación entre el equipo candidato y el del método de referencia será considerada válida si los resultados permiten obtener un coeficiente de correlación $R^2 > 0,8$.
- Si las ecuaciones/factores de corrección son iguales o casi iguales para las dos estaciones, se podrá aplicar un único factor/ecuación de corrección para todo el año. El grupo de trabajo recomienda utilizar este único factor sólo cuando la diferencia de medias diarias corregidas con los dos factores/ecuaciones esté comprendida en un rango de $\pm 10\%$.
- Si son necesarios factores/ecuaciones de corrección estacionales (diferencias entre las medias diarias corregidas superiores a $\pm 10\%$) se recomienda el uso de medias móviles de los factores/ecuaciones de corrección para evitar discontinuidades en las series temporales al cambiar de estación.
- Es necesario que el Estado Miembro o Región compruebe que las ecuaciones/factores de corrección mantengan una relación lineal. En el caso de que las relaciones no sean lineales se recomienda utilizar ecuaciones de corrección en vez de factores de corrección.
- Los Estados Miembro o Regiones deberán, en cualquier caso, revisar durante las operaciones rutinarias de la red que los factores/ecuaciones de corrección se mantienen estables una vez determinados.

De no obtenerse un factor de corrección, el grupo de trabajo en Material Particulado, tras analizar los datos disponibles, **aconseja la aplicación de un factor de corrección de 1,3 tanto para corregir las medias diarias como las medias anuales obtenidas mediante instrumentos TEOM o de atenuación beta.** No obstante, la normativa vigente en el caso que nos ocupa (Real Decreto 1073/2002) **establece un factor de 1,2** que es el que se ha utilizado a lo largo de los capítulos que siguen en el tratamiento de los datos suministrados por los equipos automáticos de la red de control de calidad del aire.

IV.b. Resultados de la Intercomparación para la estación de Basauri

El presente informe recoge los resultados obtenidos desde el 10 de Junio de 2003 hasta el 29 de Junio del 2004 para el estudio de intercomparación entre el equipo de referencia de medida de PM10 (Andersen) y el equipo de atenuación de la radiación beta, ambos instalados en la estación de la red de control de calidad del aire del Gobierno Vasco en la localidad de Basauri.

Los datos del equipo Beta fueron suministrados por el Gobierno Vasco, mientras que los datos gravimétricos del equipo Andersen se obtuvieron mediante la pesada en la Universidad del País Vasco de los filtros de cuarzo empleados en el muestreo.

Los resultados se presentan a continuación en forma de tabla (Tabla 1), en la que se han especificado los siguientes datos:

- **Periodo:** Periodo considerado.
- **N:** Número de datos válidos.
- **PM10:** Concentración Media de PM10 (en $\mu\text{g m}^{-3}$) del equipo AUTOMÁTICO para el periodo considerado.
- **NS:** Número de días con valores medios diarios superiores al límite diario establecido por la Directiva EC 1999/30 ($50 \mu\text{g PM10 m}^{-3}$) obtenidos con el equipo AUTOMÁTICO.
- **PM10:** Concentración Media de PM10 (en $\mu\text{g m}^{-3}$) del equipo REFERENCIA para el periodo considerado.

- **NS:** Número de días con valores medios diarios superiores al límite diario establecido por la Directiva EC 1999/30 ($50 \mu\text{g PM } 10 \text{ m}^{-3}$) obtenidos con el equipo de REFERENCIA.
- **Ecuación de regresión** obtenida a partir de las medidas del equipo AUTOMÁTICO y las del equipo de REFERENCIA ($y = ax + b$; donde y se refiere a los valores obtenidos con el equipo automático y x a los obtenidos con el equipo de referencia, siendo a la pendiente y b la ordenada en el origen), junto con el coeficiente de correlación (R^2).
- **Ecuación de regresión en el origen**, obtenida a partir de las medidas del equipo AUTOMÁTICO y las del equipo de REFERENCIA ($y = ax$; donde y son los valores obtenidos con el equipo candidato y x los obtenidos con el equipo de referencia) y coeficiente de correlación (R^2).
- **Factor:** factor de correlación obtenido a partir de la relación (ratio) entre los valores obtenidos con el equipo de REFERENCIA y el AUTOMÁTICO.

En las gráficas de correlación obtenidas para cada uno de los períodos considerados (cf. **Figuras IV.2 a IV.5**) se incluyen tanto la ecuación de regresión como el coeficiente de correlación iniciales, así como la ecuación de regresión y el coeficiente de correlación obtenidos forzando a la ecuación a pasar por el origen.

Como puede observarse en dichas Figuras, existe cierta variación estacional en los resultados obtenidos para el estudio de intercomparación en Basauri. Por ello, a priori podría considerarse más adecuado el uso de los factores correspondientes a cada estación del año a la hora de corregir los datos automáticos.

A fin de verificar este punto, se efectúa un nuevo tratamiento de los datos considerando esta posibilidad. Los resultados de este nuevo tratamiento de los datos se recogen en la **Tabla IV.1** donde se presentan:

1. Los datos obtenidos por el equipo automático Beta, corregidos mediante la aplicación de los distintos factores obtenidos en el estudio previo de intercomparación de equipos, esto es, el factor global y los factores estacionales.

2. Los datos gravimétricos obtenidos por el método de referencia (Andersen) para su comparación con los resultados de las distintas correcciones.

Se puede analizar de este modo el grado de coincidencia entre el número de días de superación obtenido mediante la corrección de los datos automáticos con un factor determinado, con el número de días de superación obtenidos por el método gravimétrico. Esto permite evaluar la fiabilidad de los datos corregidos mediante la aplicación del factor de corrección (sea este global o estacional) obtenido en el estudio previo de intercomparación, incluso en los días de elevada concentración de partículas PM10 (cf. **Tabla IV.2**).

Si el número de superaciones, deducido a partir de los datos corregidos, coincide con el número de superaciones obtenidas a partir del método gravimétrico, es lógico pensar que los datos automáticos corregidos reflejan de forma adecuada la realidad.

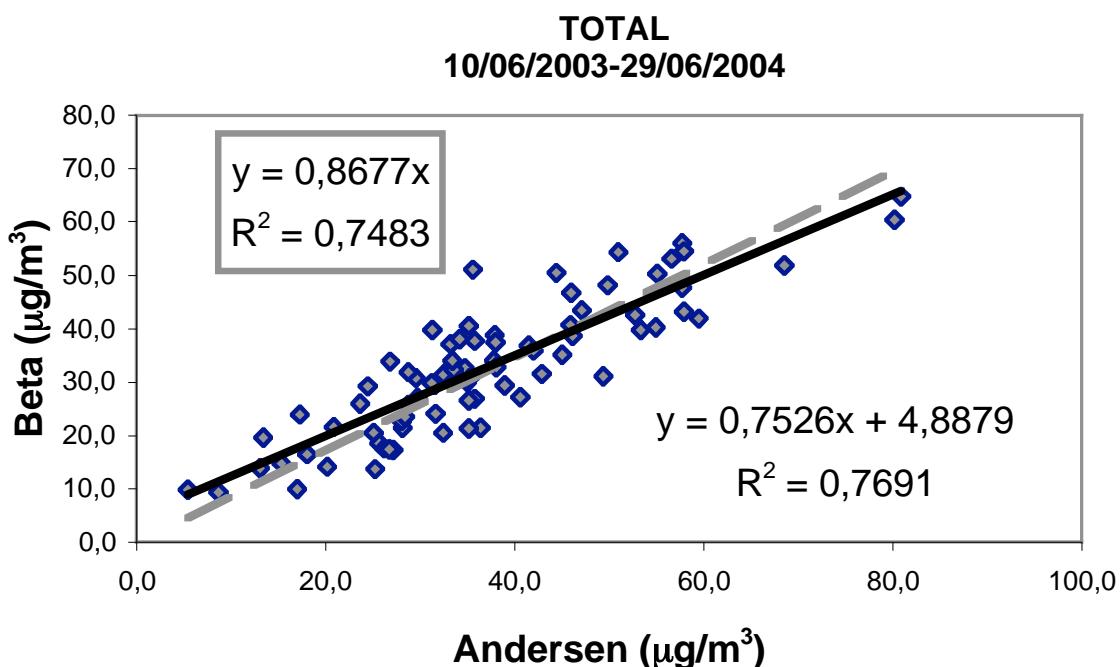
Para el caso de Basauri se observa que el PM10 corregido sobreestima la masa obtenida por el método gravimétrico, lo que se traduce en un mayor número de días de superación a partir de los datos corregidos.

Por otra parte, los resultados obtenidos para los distintos factores aplicados son muy similares (tanto en lo que se refiere a la media como al número de días de superación). Por lo tanto, podremos trabajar con un solo factor para todo el periodo de muestreo, en lugar de con diferentes factores para cada estación. El factor único o global sería en este caso:

FACTOR PARA LA ESTACIÓN DE BASAURI = 1,15

Tabla IV.1. Resultados de la intercomparación BETA-ANDERSEN para la estación de Basauri.

| Periodo | N | Automático | Referencia | Ecuación | Ecuación origen | Factor |
|----------------|----------|--|------------|--|-----------------|-------------------------------------|
| | (válido) | PM ₁₀ ($\mu\text{g m}^{-3}$) | NS | PM ₁₀ ($\mu\text{g m}^{-3}$) | NS | Media ref./ Media automát. |
| TODO | 79 | 32.6 | 9 | 36.9 | 15 | $y = 0.75x + 4.89$ $R^2 = 0.770$ |
| JUN-SEP | 22 | 36.1 | 5 | 37.5 | 5 | $y = 0.97x + 0.22$ $R^2 = 0.884$ |
| OCT-DIC | 22 | 31.7 | 1 | 31.2 | 1 | $y = 0.83x + 5.82$ $R^2 = 0.887$ |
| ENE-MAR | 13 | 33.3 | 1 | 40.4 | 3 | $y = 0.68x + 5.75$ $R^2 = 0.936$ |
| ABR-JUN | 22 | 29.4 | 2 | 39.76 | 6 | $y = 0.81x - 2.73$ $R^2 = 0.830$ |

**Figura IV.1.** Representación gráfica de las medidas de PM10 del equipo Beta frente al equipo de referencia (Andersen) de la estación de Basauri para el periodo del 10 de Junio de 2003 al 29 de Junio de 2004. Se indican los valores del coeficiente de correlación (R^2) y la ecuación de la recta de regresión. Datos no enmarcados y línea de trazos: regresión pasando por el origen.

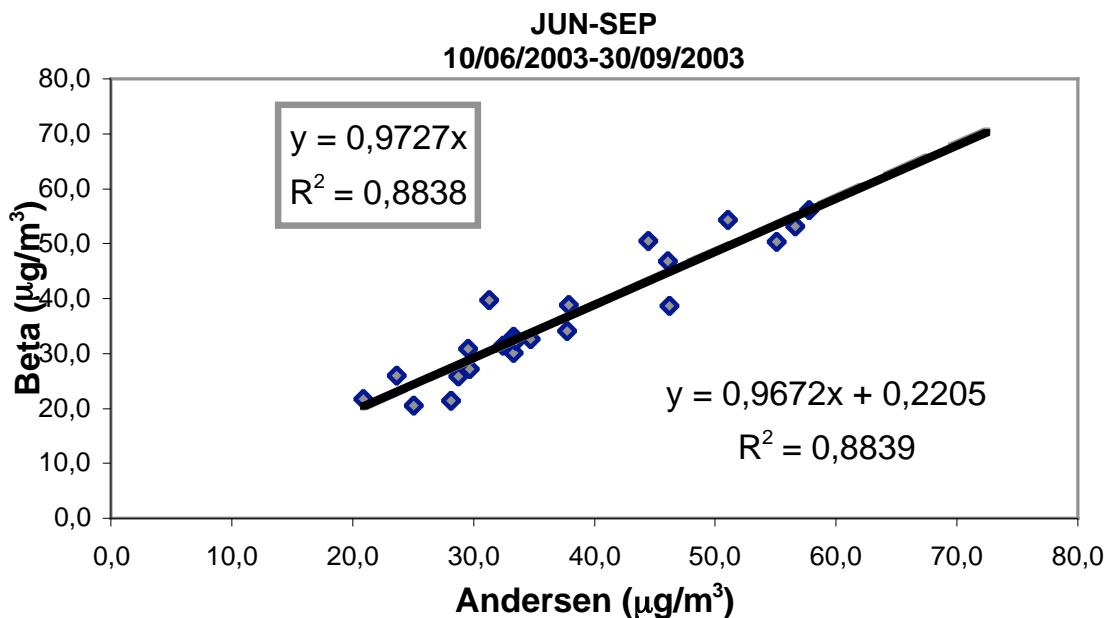


Figura IV.2. Representación gráfica de las medidas de PM10 del equipo Beta frente al equipo de referencia (Andersen) de la estación de Basauri para el periodo del 10 de Junio de 2003 al 30 de Septiembre de 2003. Se indican los valores del coeficiente de correlación (R^2) y la ecuación de la recta de regresión. Datos no enmarcados y línea de trazos: regresión pasando por el origen.

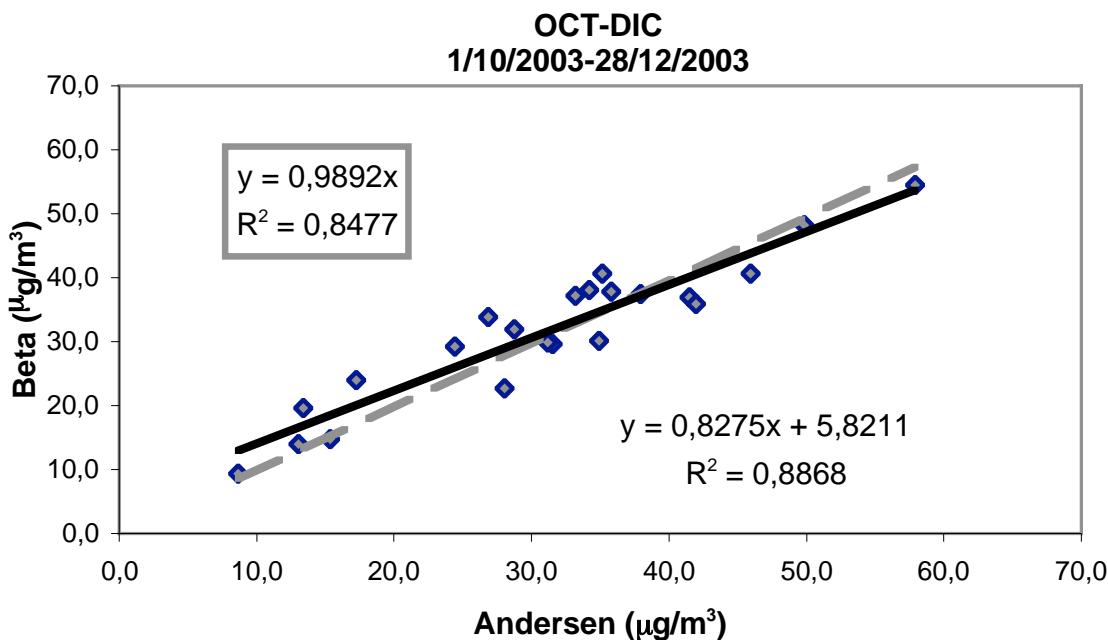


Figura IV.3. Representación gráfica de las medidas de PM10 del equipo Beta frente al equipo de referencia (Andersen) de la estación de Basauri para el periodo del 1 de Octubre de 2003 al 28 de Diciembre de 2004. Se indican los valores del coeficiente de correlación (R^2) y la ecuación de la recta de regresión. Datos no enmarcados y línea de trazos: regresión pasando por el origen.

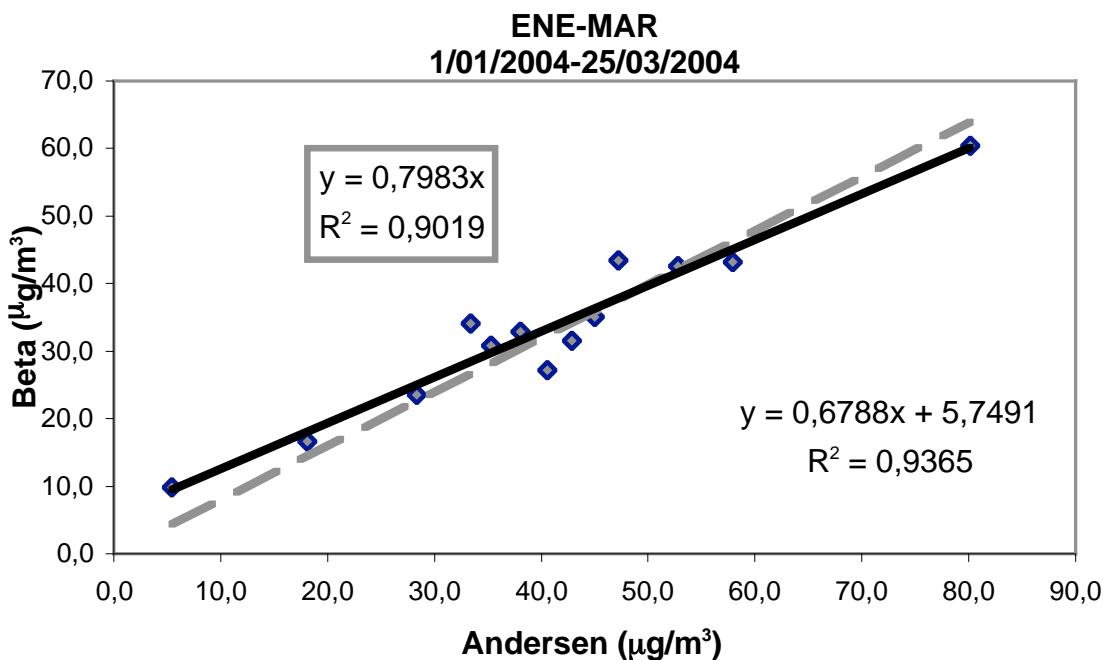


Figura IV.4. Representación gráfica de las medidas de PM10 del equipo Beta frente al equipo de referencia (Andersen) de la estación de Basauri para el periodo del 1 de Enero de 2004 al 25 de Marzo de 2004. Se indican los valores del coeficiente de correlación (R^2) y la ecuación de la recta de regresión. Datos no enmarcados y línea de trazos: regresión pasando por el origen.

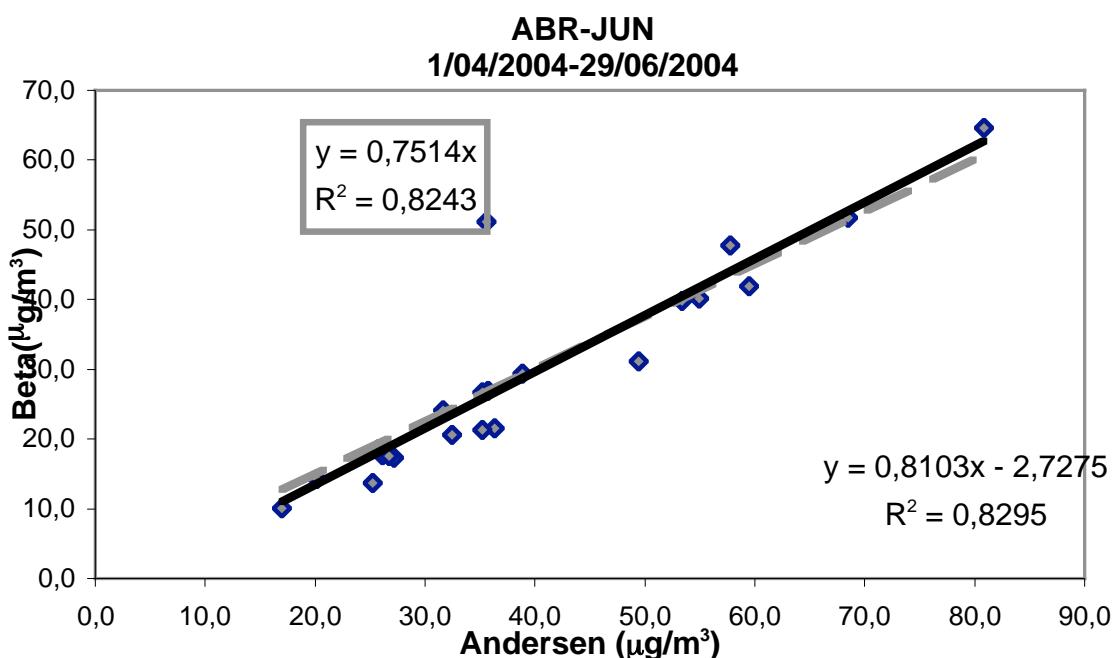


Figura IV.5. Representación gráfica de las medidas de PM10 del equipo Beta frente al equipo de referencia (Andersen) de la estación de Basauri para el periodo del 1 de Abril de 2004 al 29 de Junio de 2004. Se indican los valores del coeficiente de correlación (R^2) y la ecuación de la recta de regresión. Datos no enmarcados y línea de trazos: regresión pasando por el origen.

Tabla IV.2: Datos obtenidos por el equipo automático Beta, corregido por los distintos factores obtenidos en el estudio de intercomparación de equipos, y datos gravimétricos obtenidos por el método de referencia para la estación de Basauri. Periodo: Junio 2003 a Noviembre de 2003.

| Fecha | PM10 Automático | PM10 Automático corregido 10/06/03-29/06/04 | | PM10 Referencia |
|------------|-----------------|---|------------------------|-----------------|
| | | Factor global 1.15 | Factor estacional 1.03 | |
| 10/06/2003 | 50,42 | 57,98 | 51,93 | 44,47 |
| 11/06/2003 | 46,79 | 53,81 | 48,20 | 46,05 |
| 18/06/2003 | 27,13 | 31,19 | 27,94 | 29,72 |
| 19/06/2003 | 38,79 | 44,61 | 39,96 | 37,87 |
| 26/06/2003 | 30,08 | 34,60 | 30,99 | 33,32 |
| 04/07/2003 | 26,00 | 29,90 | 26,78 | 23,62 |
| 12/07/2003 | 54,29 | 62,44 | 55,92 | 51,04 |
| 13/07/2003 | 32,67 | 37,57 | 33,65 | 34,71 |
| 20/07/2003 | 21,71 | 24,96 | 22,36 | 20,86 |
| 21/07/2003 | 25,79 | 29,66 | 26,57 | 28,77 |
| 29/07/2003 | 31,38 | 36,08 | 32,32 | 32,41 |
| 05/08/2003 | 56,08 | 64,50 | 57,77 | 57,78 |
| 06/08/2003 | 53,13 | 61,10 | 54,72 | 56,61 |
| 13/08/2003 | | | | 72,49 |
| 14/08/2003 | 50,28 | 57,82 | 51,79 | 55,09 |
| 21/08/2003 | 30,80 | 35,42 | 31,72 | 29,53 |
| 22/08/2003 | 33,00 | 37,95 | 33,99 | 33,30 |
| 29/08/2003 | 20,56 | 23,65 | 21,18 | 25,03 |
| 30/08/2003 | | | | 21,02 |
| 06/09/2003 | 21,46 | 24,68 | 22,10 | 28,16 |
| 07/09/2003 | 38,67 | 44,47 | 39,83 | 46,20 |
| 14/09/2003 | 34,08 | 39,20 | 35,11 | 37,75 |
| 15/09/2003 | 32,38 | 37,23 | 33,35 | 33,53 |
| 22/09/2003 | 39,71 | 45,67 | 40,91 | 31,31 |
| 30/09/2003 | | | | 26,56 |
| 01/10/2003 | 31,94 | 36,74 | 32,26 | 28,75 |
| 08/10/2003 | 24,00 | 27,60 | 24,24 | 17,25 |
| 16/10/2003 | 36,88 | 42,41 | 37,24 | 41,49 |
| 17/10/2003 | 48,17 | 55,39 | 48,65 | 49,83 |
| 24/10/2003 | 37,13 | 42,70 | 37,50 | 33,18 |
| 25/10/2003 | 33,83 | 38,91 | 34,17 | 26,85 |
| 01/11/2003 | 29,29 | 33,69 | 29,58 | 24,42 |
| 02/11/2003 | 19,63 | 22,57 | 19,82 | 13,42 |
| 09/11/2003 | 40,58 | 46,67 | 40,99 | 35,14 |
| 10/11/2003 | 38,08 | 43,80 | 38,46 | 34,22 |
| 17/11/2003 | 35,96 | 41,35 | 36,32 | 41,96 |
| 18/11/2003 | 54,50 | 62,68 | 55,05 | 57,90 |
| 25/11/2003 | 37,83 | 43,50 | 38,20 | 35,80 |
| 26/11/2003 | 13,96 | 16,05 | 14,10 | 13,02 |

Tabla IV.2 (continuación): *Datos del equipo automático Beta, corregido por los distintos factores, y datos gravimétricos por el método de referencia para la estación de Basauri. Periodo: Diciembre 2003 a Junio 2004.*

| Fecha | PM10 Automático | PM10 Automático corregido 10/06/03-29/06/04 | | PM10 Referencia |
|------------------------|--------------------|---|---------------------------|--------------------|
| | | Factor global 1.15 | Factor estacional 1.03 | |
| 03/12/2003 | 37,45 | 43,07 | 37,83 | 37,91 |
| 04/12/2003 | 22,75 | 26,16 | 22,98 | 28,06 |
| 11/12/2003 | 30,08 | 34,60 | 30,38 | 34,93 |
| 12/12/2003 | 40,67 | 46,77 | 41,07 | 45,91 |
| 19/12/2003 | 29,58 | 34,02 | 29,88 | 31,56 |
| 20/12/2003 | 29,83 | 34,31 | 30,13 | 31,16 |
| 27/12/2003 | 9,42 | 10,83 | 9,51 | 8,64 |
| 28/12/2003 | 14,78 | 17,00 | 14,93 | 15,35 |
| 04/01/2004 | 23,54 | 27,07 | 29,43 | 28,38 |
| 05/01/2004 | 34,08 | 39,20 | 42,60 | 33,35 |
| 12/01/2004 | 9,83 | 11,30 | 12,28 | 5,43 |
| 13/01/2004 | 16,58 | 19,07 | 20,73 | 18,08 |
| 20/01/2004 | 43,46 | 49,98 | 54,32 | 47,18 |
| 21/01/2004 | 32,88 | 37,81 | 41,09 | 38,01 |
| 28/01/2004 | 35,08 | 40,35 | 43,85 | 45,04 |
| 29/01/2004 | 30,83 | 35,46 | 38,54 | 35,27 |
| 05/02/2004 | 31,50 | 36,23 | 39,38 | 42,89 |
| 06/02/2004 | 42,58 | 48,97 | 53,23 | 52,76 |
| 13/02/2004 | 43,21 | 49,69 | 54,01 | 57,94 |
| 14/02/2004 | 60,42 | 69,48 | 75,52 | 80,16 |
| 21/02/2004 | 35,04 | 40,30 | 43,80 | |
| 25/03/2004 | 27,17 | 31,24 | 33,96 | 40,56 |
| 01/04/2004 | 10,08 | 11,60 | 13,41 | 17,00 |
| 02/04/2004 | 17,38 | 19,98 | 23,11 | 27,19 |
| 10/04/2004 | 21,50 | 24,73 | 28,60 | 36,34 |
| 17/04/2004 | 18,50 | 21,28 | 24,61 | 25,67 |
| 18/04/2004 | 14,25 | 16,39 | 18,95 | 20,16 |
| 25/04/2004 | 41,88 | 48,16 | 55,69 | 59,47 |
| 26/04/2004 | 40,21 | 46,24 | 53,48 | 54,93 |
| 03/05/2004 | 17,71 | 20,36 | 23,55 | 26,16 |
| 04/05/2004 | 24,08 | 27,70 | 32,03 | 31,62 |
| 11/05/2004 | 20,58 | 23,67 | 27,38 | 32,45 |
| 12/05/2004 | 31,09 | 35,75 | 41,35 | 49,42 |
| 19/05/2004 | 51,17 | 58,84 | 68,05 | 35,60 |
| 20/05/2004 | 47,71 | 54,86 | 63,45 | 57,78 |
| 27/05/2004 | 51,79 | 59,56 | 68,88 | 68,50 |
| 28/05/2004 | 64,63 | 74,32 | 85,95 | 80,85 |
| 05/06/2004 | 26,88 | 30,91 | 35,74 | 35,72 |
| 12/06/2004 | 13,75 | 15,81 | 18,29 | 25,25 |
| 13/06/2004 | 26,67 | 30,67 | 35,47 | 35,19 |
| 20/06/2004 | 17,54 | 20,17 | 23,33 | 26,75 |
| 21/06/2004 | 29,42 | 33,83 | 39,12 | 38,88 |
| 28/06/2004 | 21,33 | 24,53 | 28,37 | 35,19 |
| 29/06/2004 | 39,75 | 45,71 | 52,87 | 53,40 |
| nº superaciones | 9 | 16 | 17 | 15 |
| media | 32,6 | 37,5 | 37,1 | 36,9 |

IV.d. Comparación con otras estaciones: e.g. la estación de referencia de Llodio y la estación de Abanto

A continuación se comparan los resultados anteriores con los de la intercomparación obtenidos para la estación considerada en otros trabajos como estación de referencia, esto es, la estación de Llodio durante el año 2001 (cf. Viana, 2003). En el caso de Llodio se utilizó un equipo de referencia de medida de PM10 de Alto Volumen Graseby-Andersen PM10, junto con un equipo de atenuación de la radiación beta modelo FH 62 I-N Eberline (FAG), ambos de la red de control de calidad del aire del Gobierno Vasco.

En el caso de Basauri la intercomparación se ha realizado utilizando un total de 79 pares de datos con los equipos y metodología descritos en apartados precedentes. En el caso de Llodio el estudio de intercomparación recogía 105 pares de datos, las medidas del Beta habían sido suministradas por el Departamento de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente del Gobierno Vasco y las pesadas de los filtros fueron realizadas en el Instituto de Salud Carlos III, único centro del Estado acreditado para realizar este tipo de pesadas. Los resultados de ambos estudios de intercomparación se recogen en la **Figura IV.6**.

En ambos casos la regresión tiene un coeficiente de correlación (R^2) superior a 0,8, por lo que puede afirmarse que en ambos casos la intercomparación es válida. La ordenada en el origen es próxima a 6 en el caso de Llodio y cercana a 5 en el caso de Basauri. El factor de conversión obtenido para Llodio fue de 1,18 frente al 1,15 obtenido en el presente estudio. Ambos factores son similares a los obtenidos en otras regiones europeas, de hecho la Directiva establece que en caso de que una región no realice su propia intercomparación deberá multiplicar todos los valores de sus equipos por un factor de 1,3.

A título comparativo se presentan los resultados para la estación de Abanto donde el muestreo tuvo lugar entre Diciembre de 2001 y Diciembre del 2002, utilizándose como equipo de referencia de medida de PM10 un captador de alto volumen MCV-CAV1025. El número de pares de datos disponibles fue de 71 resultando un factor de intercomparación bastante más elevado: 1,37.

En lo que sigue, en el presente estudio los datos del equipo Beta de Basauri se han multiplicado por 1,2 ya que este es el valor (redondeado a 1

decimal) obtenido con un equipo de referencia y en un laboratorio homologado (esto es, teniendo en cuenta el estudio de Llodio).

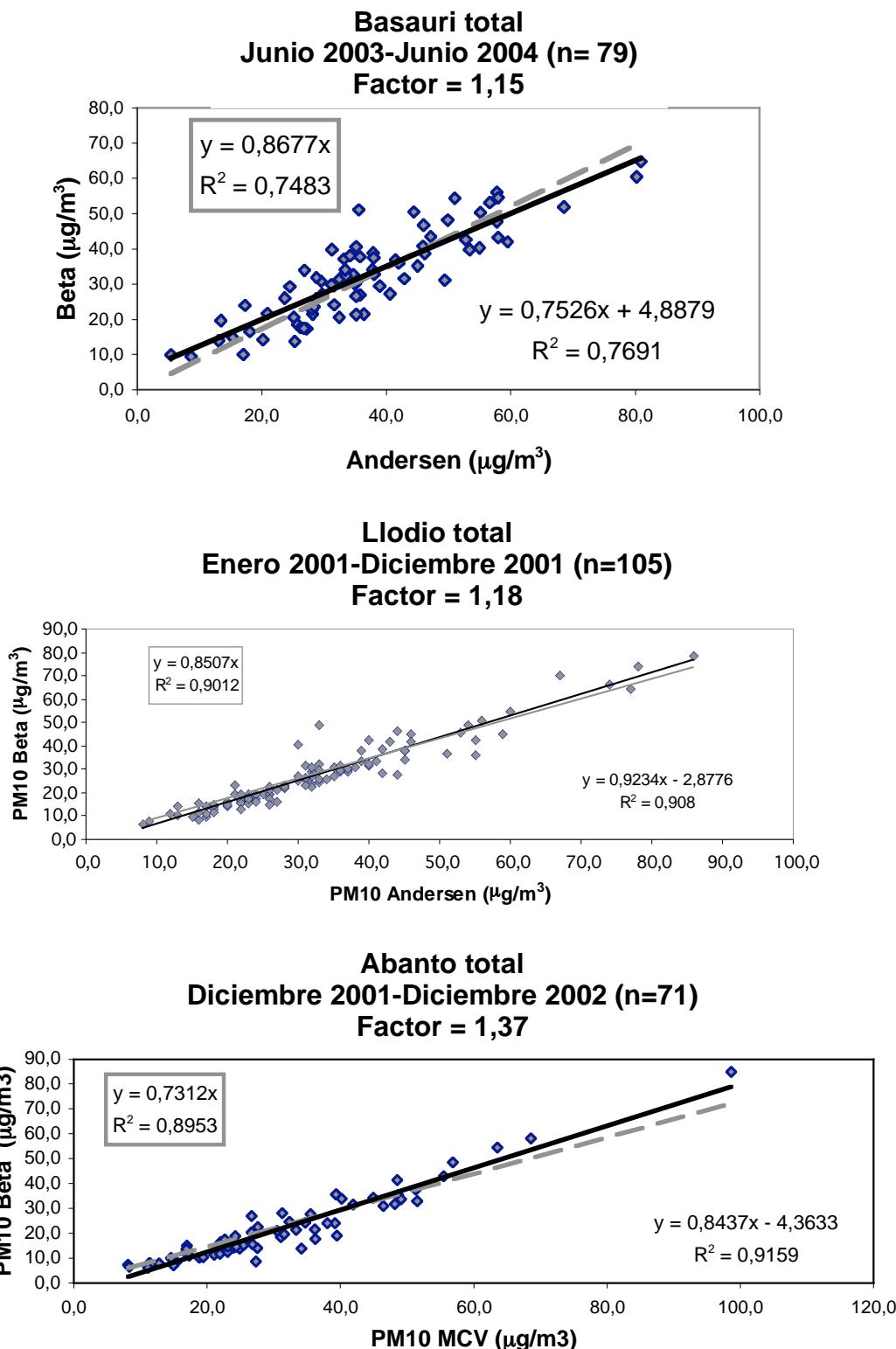


Figura IV.6. Intercomparación de equipos. Parte superior: Andersen-Beta estación de Basauri (Junio 2003 a Junio 2004). Parte media: Andersen-Beta estación de Llodio (Enero a Diciembre 2001). Parte inferior: MCV-Beta estación de Abanto (Diciembre 2001 a Diciembre 2002).

En cualquier caso, y si tenemos en cuenta que se trata de estaciones diferentes, equipos de medida diferentes (MCV vs. Andersen), laboratorios diferentes y periodos de tiempo distintos, podemos afirmar: (i) que los resultados gravimétricos incluidos en el presente estudio son comparables a los obtenidos en el laboratorio homologado de referencia y, (ii) se confirma lo observado para otras estaciones de la Red (e.g., Abanto, Beasain) acerca de los buenos resultados suministrados por los equipos automáticos de medida de PM10 mediante la atenuación de la radiación beta del Departamento de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente del Gobierno Vasco.

IV.a. Niveles de PM10 y PM2.5

Los niveles de partículas registrados en la estación de Basauri durante el periodo de estudio fueron los siguientes:

- 37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM10 (**Tabla IV.2**) y 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM2.5 (**Tabla IV.4**), determinados mediante el uso de equipos gravimétricos Thermo-Andersen y MCV de alto volumen, respectivamente. El número de medidas diarias ha sido 83 para PM10 y 39 para PM2.5.
- 39 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM10 (**Tabla IV.3**), determinados mediante medidas automáticas en tiempo real con el equipo de atenuación de la radiación beta. Se trata ya de valores corregidos multiplicando por el factor de 1,2 ($n = 390$).

Los niveles de PM10 obtenidos mediante ambos métodos son muy parecidos, lo cual confirma la precisión y exactitud de las medidas así como la representatividad anual del muestreo realizado mediante el captador Andersen de alto volumen.

Tabla IV.3. Niveles medios anuales de PM10 corregidos registrados en la estación de Basauri mediante un equipo de atenuación de la radiación beta durante el periodo de estudio.

| Período | PM10 Beta | n > 50 | N > 50 Sahara |
|-------------------|-----------|--------|------------------|
| 2003 | | | |
| Junio | 49 | 15 | 13 |
| Julio | 32 | 5 | 3 |
| Agosto | 47 | 12 | 10 |
| Septiembre | 48 | 11 | 0 |
| Octubre | 37 | 5 | 3 |
| Noviembre | 45 | 9 | 1 |
| Diciembre | 33 | 2 | 0 |
| 2004 | | | |
| Enero | 31 | 2 | 0 |
| Febrero | 41 | 6 | 2 |
| Marzo | 39 | 7 | 3 |
| Abril | 30 | 2 | 1 |
| Mayo | 40 | 9 | 8 |
| Junio | 39 | 6 | 4 |
| Promedio | 39 | 91 | 48 |

n > 50: número de superaciones del valor límite diario establecido por el Real Decreto 1073/2002 ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$). N > 50: número de superaciones debidas a la intrusión de masas de origen africano.

Los niveles registrados en la estación de Basauri se sitúan dentro de los rangos descritos para estaciones de fondo urbano del Estado ($30-45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ PM10, Querol et al., 2002). Con estos valores medios se cumpliría el valor límite anual de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ PM10 establecido para el año 2005 por la Directiva CE/30/1999, pero se excedería el valor de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ PM10 previsto para el año 2010.

La Directiva CE/30/1999 establece además un número máximo de 35 superaciones del valor límite diario ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) para el año 2005, el cual se reducirá a un máximo de 7 superaciones en el 2010. En el caso de Basauri, el número de superaciones, tal y como muestra la **Tabla IV.3**, fue de 91, de las cuales sólo 48 fueron debidas a la intrusión de masas de aire africano con alto contenido en partículas.

Es decir, 43 superaciones deben ser consideradas como el resultado de emisiones de origen industrial y/o urbano. El número de superaciones es bajo si se compara con otras estaciones de fondo urbano de la Península. De nuevo, por tanto, la conclusión es que Basauri estaría en la fecha del estudio dentro del límite establecido para el 2005 por la Directiva, pero excedería el número máximo de superaciones para el 2010.

El mes con mayor concentración media de partículas correspondió al mes de Junio de 2003. Esto fue debido a la abundancia de intrusiones de masas de aire procedentes de África como se expone más adelante. Otro mes con elevada concentración de partículas debido a nuevos episodios de intrusiones fue el mes de Agosto, mientras que en el mes de Septiembre, también con concentración media elevada de partículas, el origen de las superaciones fue más bien de tipo antropogénico (cf. Capítulo sobre series temporales). La **Figura IV.7** refleja la variación estacional de los niveles de partículas en Basauri durante el periodo de estudio.

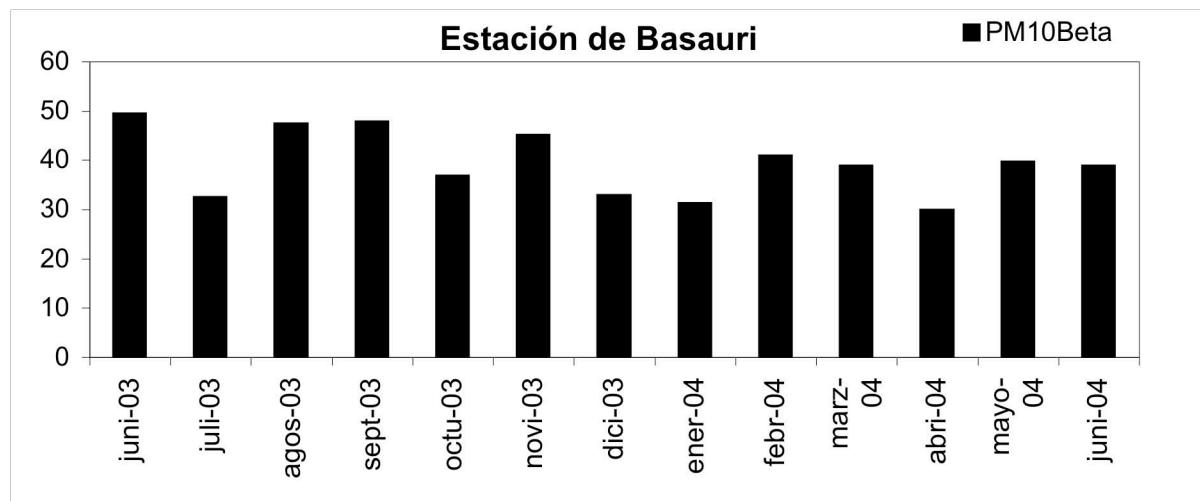


Figura IV.7. Variación estacional de los niveles de partículas en Basauri durante el periodo de estudio. Datos suministrados por el Departamento de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente del Gobierno Vasco.

En la **Tabla IV.4** se presentan los resultados del estudio gravimétrico del contenido en PM2.5 para la estación de Basauri durante el periodo Junio de 2003 a Junio de 2004. Para el muestreo se utilizó un captador MCV de alto volumen y se efectuó un dia por semana coincidiendo con uno de los días de muestreo semanal de PM10.

Debido a diversos problemas técnicos el número total de muestras disponibles es únicamente de 39.

Tabla IV.4: *Datos gravimétricos de PM_{2.5} obtenidos mediante el equipo MCV para la estación de Basauri. Periodo: Junio de 2003 a Junio de 2004.*

| Día | Día Semana | Caudal aire | Microg/m ³ |
|-----------------|------------|-------------|-----------------------|
| 18/6/03 | Miércoles | 729 | 29 |
| 4/7/03 | Viernes | 730 | 16 |
| 12/7/03 | Sábado | 730 | 34 |
| 20/7/03 | Domingo | 730 | 15 |
| 13/8/03 | Miércoles | 729 | 47 |
| 21/8/03 | Jueves | 730 | 10 |
| 29/8/03 | Viernes | 730 | 10 |
| 6/9/03 | Sábado | 730 | 13 |
| 14/9/03 | Domingo | 730 | 21 |
| 22/9/03 | Lunes | 730 | 23 |
| 30/9/03 | Martes | 730 | 18 |
| 8/10/03 | Miércoles | 730 | 17 |
| 16/10/03 | Jueves | 730 | 25 |
| 25/10/03 | Sábado | 730 | 28 |
| 1/11/03 | Sábado | 730 | 22 |
| 9/11/03 | Domingo | 730 | 22 |
| 17/11/03 | Lunes | 730 | 32 |
| 25/11/03 | Martes | 731 | 29 |
| 3/12/03 | Miércoles | 730 | 27 |
| 11/12/03 | Jueves | 730 | 28 |
| 19/12/03 | Viernes | 730 | 22 |
| 27/12/03 | Sábado | 725 | 26 |
| 4/1/04 | Domingo | 730 | 26 |
| 12/1/04 | Lunes | 730 | 5 |
| 20/1/04 | Martes | 730 | 32 |
| 28/1/04 | Miércoles | 730 | 29 |
| 5/2/04 | Jueves | 730 | 25 |
| 13/2/04 | Viernes | 729 | 37 |
| 21/2/04 | Sábado | 722 | 37 |
| 10/4/04 | Sábado | 970 | 28 |
| 17/4/04 | Sábado | 970 | 14 |
| 25/4/04 | Domingo | 970 | 32 |
| 3/5/04 | Lunes | 969 | 10 |
| 11/5/04 | Martes | 966 | 21 |
| 19/5/04 | Miércoles | 970 | 33 |
| 27/5/04 | Jueves | 970 | 38 |
| 12/6/04 | Sábado | 970 | 10 |
| 20/6/04 | Domingo | 970 | 10 |
| 28/6/04 | Lunes | 969 | 66 |
| Promedio | | | 25 |

La **Figura IV.8** muestra la evolución estacional de la distribución granulométrica del material particulado atmosférico en la estación de Basauri.

Si bien no hay demasiadas muestras, pueden hacerse una serie de consideraciones. En primer lugar, y en comparación con otras estaciones del País Vasco, destaca el hecho de que en Basauri como media anual el 66 % de la fracción de PM10 está constituida por PM2.5 frente, por ejemplo, al 74 % de Llodio para el 2001. Es decir, la granulometría en Basauri es ligeramente más gruesa. Por otra parte, se aprecia que, en general, la proporción de PM2.5 es mayor durante los meses de invierno, lo cual es coherente con la menor abundancia de intrusiones africanas y mayor contaminación de origen antropogénico local (tráfico, calefacción, ...) durante esa época.

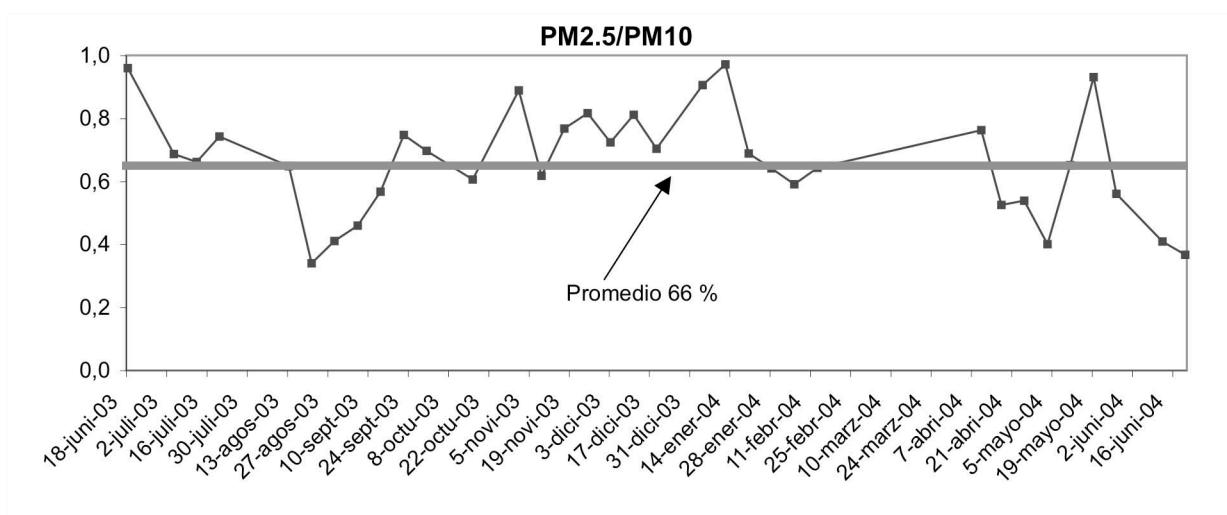


Figura IV.8. Evolución estacional de la distribución granulométrica del material particulado atmosférico muestreado en la estación de Abanto.

V. ESTUDIO DE LAS SERIES TEMPORALES

El estudio de las series temporales comienza con una revisión estadística de los niveles de PM10 proporcionados por el Gobierno Vasco, de la que se obtiene una primera visión del grado de cumplimiento de los valores límite de PM10 de la directiva 1999/30/CE. A continuación se analiza la correlación con los niveles de contaminantes gaseosos locales, lo que permite deducir el grado de influencia de las fuentes locales de material particulado a lo largo de una serie temporal.

La interpretación de las variaciones de niveles de partículas se complementa con el análisis de los escenarios meteorológicos que las acompañan y con la identificación del origen de las masas de aire que alcanzan la zona de estudio. Para ello, se cuenta con los mapas de niveles de presión a 1000, 850, 750 y 500 mbar proporcionados por el NOAA-CIRES Climate Diagnostics Center (<http://www.cdc.noaa.gov/Composites/Hour/>, Kalnay et al., 1996) y con el resultado del cálculo de retrotrayectorias isentrópicas. El modelo para la determinación de retrotrayectorias utilizado es el HYSPLIT, versiones 3 (Draxler y Rolph, 2003). Las retrotrayectorias se obtienen 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 retrotrayectorias isentrópicas son 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 utilizan mapas de aerosoles, imágenes de satélite y modelos de transporte disponibles en Internet:

- Mapas de índices de aerosoles TOMS (Herman et al., 1997, <http://jwocky.gsfc.nasa.gov>). La información detallada para Europa se almacena en: <ftp://jwocky.gsfc.nasa.gov/pub/tmp/meduse>. Estos mapas reflejan la medida indirecta del TOMS o Total Ozone Mapping Spectrometer, que determina la columna de ozono total a partir del Ultravioleta, y detecta las variaciones estacionales.

- Mapas de aerosoles SKIRON (www.forecast.uoa.gr, Kallos et al., 1997). El Grupo de Predicción Meteorológica de la Universidad de Atenas proporciona mapas de concentración de aerosoles cada 12 horas así como predicciones de hasta 72 horas calculadas a partir de la integración de una columna de material particulado (resultados expresados en g/m²). Estos datos deben ser recopilados todos los días pues son borrados del servidor periódicamente.
- Imágenes de satélite SeaWIFS de la NASA (SeaWIFS Project Image Archive, http://seawifs.gsfc.nasa.gov/cgi-bin/seawifs_subreg.pl, McClain et al., 1998). Imágenes satélite diarias 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.
- Mapas de aerosoles de la Marine Meteorology Division del Naval Research Laboratory, USA (NRL) (<http://www.nrlmry.navy.mil/aerosol>). Los cálculos NAAPS-NRL incluyen mapas de distribución de espesor óptico y de concentración en superficie de polvo mineral, sulfato y materia carbonosa (originada durante la quema de biomasa). Este método permite la detección de episodios de aporte de material antropogénico desde Europa central y oriental, además de episodios africanos y de combustión de biomasa.
- Predicciones acerca de niveles de polvo mineral en superficie de 0 a 72 h para Europa del Euro-Mediterranean Centre on Insular Coastal Dynamics (ICoD, http://www.icod.org.mt/modeling/forecasts/dust_med.htm) preparadas a través del modelo DREAM.

V.a. Niveles de PM10 y de contaminantes gaseosos

En las Tablas y Figuras que se exponen a continuación se presentan los resultados de los contenidos en PM10 (Beta) y contaminantes gaseosos en µg/m³ medidos en la estación de Basauri durante los años 2003 y 2004, esto es, a lo largo de un periodo más largo que el estrictamente correspondiente al de la realización del muestreo (Junio de 2003 a Junio del 2004). Los datos han

sido suministrados por el Departamento de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente del Gobierno Vasco.

Valores medios

Los niveles medios de partículas y contaminantes registrados por los equipos de la estación de Basauri durante los años 2003 y 2004 se presentan en las **Tablas V.1 y V.2**.

Tabla V.1. Niveles medios de PM10 y contaminantes gaseosos en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ medidos en la estación de Basauri durante el año 2003 (datos suministrados por el Departamento de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente, Gobierno Vasco).

| | NO | NO ₂ | O ₃ | PM10 Beta | SO ₂ |
|---------------------------------|-----------|-----------------|----------------|--------------|-----------------|
| Enero 2003 | 25 | 35 | 35 | 31 | 15 |
| Febrero 2003 | 25 | 42 | 43 | 31 | 9 |
| Marzo 2003 | 23 | 35 | 34 | 48 | 14 |
| Abril 2003 | 11 | 28 | 53 | 29 | 11 |
| Mayo 2003 | 11 | 33 | 54 | 37 | 16 |
| Junio 2003 | 9 | 30 | 51 | 42 | 16 |
| Julio 2003 | 10 | 27 | 46 | 31 | 11 |
| Agosto 2003 | 7 | 29 | 57 | 39 | 12 |
| Septiembre 2003 | 17 | 42 | 37 | 40 | 17 |
| Octubre 2003 | 24 | 38 | 26 | 31 | 11 |
| Noviembre 2003 | 37 | 39 | 18 | 37 | 15 |
| Diciembre 2003 | 31 | 42 | 23 | 27 | 14 |
| Promedio | 19 | 35 | 40 | 35 | 13 |
| Valor límite horario (*) | | 270 (250) | | | 410 (350) |
| Valor límite 8 horas (*) | | | 120 | | |
| Valor límite diario (*) | | | | 60 (50) | 125 |
| Valor límite anual (*) | | 54 (50) | | 43,2 (40) | |

(*) Valores límite en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ con el margen de tolerancia para el 2003; entre paréntesis valores límite para el 2005.

Tabla V.2. Niveles medios de PM10 y contaminantes gaseosos en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ medidos en la estación de Basauri durante el año 2004 (datos suministrados por el Departamento de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente, Gobierno Vasco).

| | NO | NO ₂ | O ₃ | PM10 Beta | SO ₂ |
|---------------------------------|-----------|-----------------|----------------|-----------|-----------------|
| Enero 2004 | 21 | 36 | 27 | 26 | 13 |
| Febrero 2004 | 30 | 44 | 25 | 34 | 14 |
| Marzo 2004 | 25 | 44 | 32 | 32 | 13 |
| Abril 2004 | 11 | 33 | 55 | 25 | 11 |
| Mayo 2004 | 11 | 36 | 57 | 33 | 11 |
| Junio 2004 | 12 | 33 | 46 | 32 | 9 |
| Julio 2004 | 12 | 27 | 38 | 29 | 8 |
| Agosto 2004 | 9 | 24 | 44 | 22 | 7 |
| Septiembre 2004 | 16 | 33 | 36 | 35 | 11 |
| Octubre 2004 | 15 | 30 | 40 | 26 | 12 |
| Noviembre 2004 | 38 | 39 | 22 | 32 | 11 |
| Diciembre 2004 | 26 | 39 | 23 | 29 | 11 |
| Promedio | 19 | 35 | 37 | 30 | 11 |
| Valor límite horario (*) | | 260 (250) | | | 380 (350) |
| Valor límite 8 horas (*) | | | 120 | | |
| Valor límite diario (*) | | | | 55 (50) | 125 |
| Valor límite anual (*) | | 52 (50) | | 41,6 (40) | |

(*) Valores límite en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ con el margen de tolerancia para el 2004; entre paréntesis valores límite para el 2005.

Patrones de variación

El estudio de los ciclos (diarios, semanales, estacionales, etc.) de los niveles de contaminantes aporta una valiosa información a la hora de interpretar las posibles fuentes. En este caso, el estudio se ha centrado en las variaciones en función de los meses, días de la semana y horas de cada día.

Variaciones mensuales

Los datos para los diferentes meses de los años 2003 y 2004 se presentan a continuación en las **Tablas V.3a a V.3l** y **V.4a a V.4l**, respectivamente. A continuación de las Tablas se muestran las figuras con la representación gráfica de las variaciones registradas (**Figuras V.1 y V.2**).

Tabla V.3a: Enero 2003

| Hora | NO | NO ₂ | O ₃ | PM10 Beta | SO ₂ |
|-------|------|-----------------|----------------|--------------|-----------------|
| 01:00 | 17,2 | 29,7 | 33,9 | 38,8 | 14,9 |
| 02:00 | 9,9 | 17,4 | 35,8 | 34,1 | 13,3 |
| 03:00 | 15,3 | 24,5 | 36,9 | 32,8 | 12,5 |
| 04:00 | 12,5 | 22,2 | 40,1 | 31,1 | 11,9 |
| 05:00 | 13,4 | 23,1 | 38,3 | 28,1 | 11,1 |
| 06:00 | 19,6 | 26,4 | 37,5 | 30,7 | 11,9 |
| 07:00 | 36,4 | 34,6 | 32,6 | 34,0 | 14,0 |
| 08:00 | 46,4 | 39,9 | 29,6 | 37,3 | 15,4 |
| 09:00 | 48,0 | 42,2 | 30,0 | 38,4 | 16,9 |
| 10:00 | 46,7 | 41,1 | 31,6 | 38,5 | 17,3 |
| 11:00 | 41,4 | 40,4 | 34,5 | 32,7 | 19,9 |
| 12:00 | 28,3 | 37,1 | 38,0 | 27,8 | 17,6 |
| 13:00 | 11,3 | 31,1 | 42,6 | 20,4 | 15,0 |
| 14:00 | 6,1 | 19,6 | 46,6 | 19,7 | 14,9 |
| 15:00 | 8,0 | 29,6 | 48,1 | 21,0 | 15,2 |
| 16:00 | 8,9 | 35,3 | 42,8 | 26,1 | 15,7 |
| 17:00 | 13,9 | 42,5 | 36,0 | 27,4 | 14,5 |
| 18:00 | 21,6 | 46,2 | 30,8 | 30,7 | 12,7 |
| 19:00 | 32,3 | 49,9 | 28,0 | 33,5 | |
| 20:00 | 39,6 | 48,4 | 28,8 | 34,7 | 15,9 |
| 21:00 | 39,1 | 46,3 | 30,2 | 33,9 | 14,8 |
| 22:00 | 30,9 | 42,7 | 29,6 | 31,9 | 13,7 |
| 23:00 | 25,5 | 36,2 | 31,0 | 32,3 | 13,4 |
| 00:00 | 21,4 | 33,1 | 33,0 | 37,1 | 14,1 |

Tabla V.3b: Febrero 2003

| Hora | NO | NO ₂ | O ₃ | PM10 Beta | SO ₂ |
|-------|------|-----------------|----------------|--------------|-----------------|
| 01:00 | 16,5 | 37,5 | 38,5 | 37,2 | 6,9 |
| 02:00 | 12,9 | 34,0 | 41,4 | 34,5 | 7,3 |
| 03:00 | 12,1 | 32,1 | 43,8 | 30,1 | 6,1 |
| 04:00 | 11,3 | 30,4 | 44,7 | 28,3 | 5,8 |
| 05:00 | 13,5 | 33,2 | 42,9 | 30,4 | 7,2 |
| 06:00 | 29,4 | 42,4 | 38,4 | 32,9 | 11,3 |
| 07:00 | 51,1 | 52,1 | 32,8 | 36,4 | 12,8 |
| 08:00 | 44,1 | 37,3 | 30,6 | 41,3 | 13,4 |
| 09:00 | 76,3 | 59,7 | 32,5 | 41,3 | 18,0 |
| 10:00 | 51,4 | 54,3 | 35,6 | 37,4 | 17,3 |
| 11:00 | 40,7 | 52,2 | 38,4 | 28,8 | 16,0 |
| 12:00 | 21,9 | 41,0 | 48,0 | 29,2 | 13,5 |
| 13:00 | 14,5 | 35,8 | 53,0 | 22,1 | 11,8 |
| 14:00 | 10,2 | 30,9 | 57,7 | 23,6 | 9,5 |
| 15:00 | 8,5 | 32,1 | 57,4 | 22,3 | 6,7 |
| 16:00 | 8,3 | 33,8 | 57,6 | 27,7 | 6,3 |
| 17:00 | 7,4 | 38,8 | 52,8 | 23,0 | 5,7 |
| 18:00 | 16,1 | 51,0 | 41,6 | 28,4 | 5,1 |
| 19:00 | 22,4 | 53,2 | 38,3 | 27,4 | |
| 20:00 | 22,3 | 35,6 | 37,5 | 30,2 | 8,0 |
| 21:00 | 34,0 | 55,7 | 37,6 | 30,1 | 6,5 |
| 22:00 | 31,7 | 47,8 | 40,9 | 29,6 | 9,0 |
| 23:00 | 26,0 | 43,1 | 42,0 | 31,8 | 7,0 |
| 00:00 | 20,5 | 40,4 | 38,6 | 35,9 | 6,5 |

Tabla V.3c: Marzo 2003

| Hora | NO | NO ₂ | O ₃ | PM10 Beta | SO ₂ |
|-------|------|-----------------|----------------|--------------|-----------------|
| 01:00 | 19,1 | 41,0 | 18,9 | 56,0 | 13,6 |
| 02:00 | 17,5 | 34,8 | 22,9 | 54,3 | 12,4 |
| 03:00 | 16,7 | 31,7 | 25,7 | 47,7 | 12,1 |
| 04:00 | 16,1 | 30,0 | 26,5 | 46,8 | 11,6 |
| 05:00 | 17,8 | 32,1 | 24,4 | 48,5 | 12,1 |
| 06:00 | 29,7 | 36,3 | 18,8 | 49,0 | 14,1 |
| 07:00 | 47,8 | 42,0 | 17,3 | 54,4 | 15,0 |
| 08:00 | 49,7 | 34,5 | 19,3 | 57,6 | 20,4 |
| 09:00 | 55,5 | 40,9 | 21,1 | 62,7 | 23,6 |
| 10:00 | 48,9 | 45,7 | 25,5 | 68,3 | 24,5 |
| 11:00 | 26,5 | 38,0 | 36,0 | 43,7 | 19,5 |
| 12:00 | 16,5 | 31,1 | 47,4 | 37,9 | 15,7 |
| 13:00 | 11,5 | 24,5 | 55,4 | 38,0 | 13,4 |
| 14:00 | 9,0 | 21,8 | 60,6 | 34,1 | 12,7 |
| 15:00 | 8,7 | 21,2 | 62,4 | 39,3 | 12,4 |
| 16:00 | 8,7 | 21,0 | 63,9 | 40,8 | 12,1 |
| 17:00 | 9,4 | 27,1 | 54,7 | 46,4 | 11,9 |
| 18:00 | 12,0 | 34,7 | 47,1 | 53,9 | 13,0 |
| 19:00 | 17,4 | 41,4 | 39,8 | 46,7 | |
| 20:00 | 18,6 | 34,8 | 31,0 | 46,3 | 12,6 |
| 21:00 | 24,0 | 43,3 | 28,7 | 43,3 | 11,8 |
| 22:00 | 25,4 | 46,8 | 22,6 | 47,0 | 12,4 |
| 23:00 | 25,4 | 46,1 | 19,9 | 47,0 | 12,4 |
| 00:00 | 22,6 | 43,8 | 17,8 | 51,2 | 11,9 |

Tabla V.3d: Abril 2003

| Hora | NO | NO ₂ | O ₃ | PM10 Beta | SO ₂ |
|-------|------|-----------------|----------------|--------------|-----------------|
| 01:00 | 8,4 | 27,8 | 43,0 | 35,4 | 9,9 |
| 02:00 | 8,6 | 26,8 | 39,9 | 33,3 | 9,4 |
| 03:00 | 8,5 | 25,6 | 42,0 | 33,7 | 10,2 |
| 04:00 | 9,8 | 30,5 | 35,7 | 33,8 | 9,3 |
| 05:00 | 15,9 | 33,7 | 30,7 | 34,5 | 10,5 |
| 06:00 | 26,6 | 37,4 | 27,6 | 38,8 | 11,5 |
| 07:00 | 38,4 | 39,2 | 29,2 | 37,2 | 13,7 |
| 08:00 | 34,6 | 41,9 | 31,2 | 37,1 | 16,6 |
| 09:00 | 13,6 | 24,1 | 40,8 | 30,0 | 17,3 |
| 10:00 | 12,4 | 27,4 | 56,0 | 23,8 | 12,7 |
| 11:00 | 10,2 | 22,3 | 66,1 | 21,0 | 13,3 |
| 12:00 | 9,1 | 18,9 | 71,5 | 20,6 | 10,8 |
| 13:00 | 7,6 | 16,3 | 76,3 | 21,7 | 10,2 |
| 14:00 | 6,3 | 15,1 | 79,5 | 20,1 | 8,8 |
| 15:00 | 5,6 | 16,2 | 81,8 | 22,7 | 9,5 |
| 16:00 | 5,3 | 17,4 | 81,8 | 22,5 | 10,0 |
| 17:00 | 5,1 | 20,1 | 79,0 | 21,5 | 9,3 |
| 18:00 | 5,3 | 23,3 | 74,4 | 22,3 | 10,4 |
| 19:00 | 5,3 | 30,8 | 64,7 | 29,7 | |
| 20:00 | 7,2 | 36,9 | 53,2 | 28,3 | 10,2 |
| 21:00 | 7,1 | 27,2 | 43,8 | 29,7 | 15,3 |
| 22:00 | 8,7 | 38,3 | 46,4 | 28,2 | 11,4 |
| 23:00 | 7,1 | 35,8 | 43,6 | 27,9 | 10,4 |
| 00:00 | 6,9 | 31,2 | 40,7 | 34,4 | 10,1 |

Tabla V.3e: Mayo 2003

| Hora | NO | NO ₂ | O ₃ | PM10 Beta | SO ₂ |
|-------|------|-----------------|----------------|--------------|-----------------|
| 01:00 | 6,0 | 37,6 | 36,8 | 39,8 | 11,1 |
| 02:00 | 6,0 | 35,3 | 34,1 | 37,7 | 11,9 |
| 03:00 | 6,0 | 33,7 | 29,7 | 37,5 | 12,7 |
| 04:00 | 9,9 | 35,7 | 27,6 | 42,3 | 14,8 |
| 05:00 | 19,6 | 39,3 | 22,5 | 40,7 | 14,1 |
| 06:00 | 40,1 | 45,9 | 18,4 | 51,1 | 20,1 |
| 07:00 | 53,7 | 49,2 | 20,5 | 59,5 | 37,4 |
| 08:00 | 41,4 | 49,8 | 29,5 | 58,6 | 34,4 |
| 09:00 | 17,0 | 30,1 | 42,3 | 48,9 | 26,4 |
| 10:00 | 8,3 | 34,0 | 59,0 | 31,0 | 18,2 |
| 11:00 | 5,9 | 29,2 | 70,7 | 31,9 | 14,0 |
| 12:00 | 4,7 | 26,1 | 77,1 | 31,4 | 14,3 |
| 13:00 | 3,6 | 20,9 | 84,4 | 24,7 | 13,6 |
| 14:00 | 3,3 | 20,1 | 87,9 | 25,1 | 15,8 |
| 15:00 | 3,3 | 20,4 | 90,4 | 28,1 | 11,9 |
| 16:00 | 3,2 | 21,9 | 88,9 | 25,9 | 10,6 |
| 17:00 | 3,3 | 23,2 | 86,6 | 28,6 | 10,5 |
| 18:00 | 3,5 | 26,0 | 81,9 | 31,2 | 11,1 |
| 19:00 | 3,3 | 28,5 | 77,3 | 28,9 | |
| 20:00 | 4,2 | 35,0 | 65,7 | 29,3 | 11,5 |
| 21:00 | 4,1 | 25,6 | 56,0 | 31,5 | 10,5 |
| 22:00 | 6,0 | 46,9 | 43,7 | 36,2 | 14,1 |
| 23:00 | 5,8 | 44,4 | 40,0 | 35,4 | 17,5 |
| 00:00 | 5,1 | 40,3 | 35,9 | 42,7 | 13,1 |

Tabla V.3f: Junio 2003

| Hora | NO | NO ₂ | O ₃ | PM10 Beta | SO ₂ |
|-------|------|-----------------|----------------|--------------|-----------------|
| 01:00 | 5,9 | 29,2 | 38,8 | 51,4 | 12,9 |
| 02:00 | 5,5 | 21,9 | 34,3 | 44,9 | 12,8 |
| 03:00 | 6,0 | 28,2 | 32,3 | 47,5 | 15,1 |
| 04:00 | 8,8 | 31,1 | 26,9 | 47,3 | 15,1 |
| 05:00 | 16,0 | 35,7 | 21,2 | 49,3 | 17,0 |
| 06:00 | 31,1 | 42,4 | 15,6 | 49,2 | 20,1 |
| 07:00 | 32,1 | 45,0 | 17,4 | 48,4 | 21,2 |
| 08:00 | 24,3 | 45,8 | 24,6 | 46,3 | 21,6 |
| 09:00 | 14,3 | 39,5 | 34,1 | 47,6 | 22,0 |
| 10:00 | 8,5 | 34,4 | 50,1 | 38,6 | 20,1 |
| 11:00 | 4,8 | 26,5 | 65,0 | 38,2 | 16,4 |
| 12:00 | 3,5 | 21,4 | 76,2 | 28,9 | 15,3 |
| 13:00 | 3,4 | 21,7 | 78,0 | 34,9 | 13,5 |
| 14:00 | 4,1 | 20,5 | 75,7 | 39,4 | 13,6 |
| 15:00 | 5,2 | 25,7 | 76,0 | 47,9 | 13,4 |
| 16:00 | 4,8 | 23,7 | 74,5 | 30,3 | 13,9 |
| 17:00 | 4,8 | 25,3 | 72,3 | 29,7 | 13,9 |
| 18:00 | 5,0 | 26,8 | 70,0 | 34,9 | 16,9 |
| 19:00 | 4,6 | 26,8 | 66,9 | 34,3 | |
| 20:00 | 4,3 | 28,7 | 62,4 | 39,7 | 13,1 |
| 21:00 | 4,5 | 29,5 | 56,3 | 43,2 | 13,2 |
| 22:00 | 5,1 | 28,3 | 53,0 | 49,5 | 13,4 |
| 23:00 | 5,4 | 27,2 | 49,9 | 36,3 | 12,3 |
| 00:00 | 5,1 | 27,2 | 44,2 | 41,7 | 12,9 |

Tabla V.3g: Julio 2003

| Hora | NO | NO ₂ | O ₃ | PM10 Beta | SO ₂ |
|-------|------|-----------------|----------------|--------------|-----------------|
| 01:00 | 5,5 | 25,8 | 32,3 | 34,5 | 9,2 |
| 02:00 | 5,9 | 25,0 | 29,8 | 34,2 | 9,7 |
| 03:00 | 6,3 | 27,1 | 25,4 | 33,9 | 10,1 |
| 04:00 | 11,2 | 31,8 | 22,0 | 33,5 | 11,0 |
| 05:00 | 18,3 | 37,0 | 16,2 | 32,8 | 11,6 |
| 06:00 | 33,0 | 42,6 | 13,8 | 41,0 | 12,8 |
| 07:00 | 43,9 | 46,9 | 12,9 | 44,7 | 14,8 |
| 08:00 | 31,4 | 45,5 | 21,4 | 42,0 | 16,2 |
| 09:00 | 17,7 | 40,3 | 33,8 | 42,8 | 15,3 |
| 10:00 | 8,1 | 32,9 | 49,5 | 26,5 | 14,6 |
| 11:00 | 5,5 | 23,0 | 60,5 | 33,6 | 13,1 |
| 12:00 | 4,2 | 20,8 | 69,8 | 35,1 | 11,3 |
| 13:00 | 3,9 | 16,9 | 73,8 | 33,1 | 10,5 |
| 14:00 | 3,8 | 14,4 | 76,7 | 28,0 | 9,5 |
| 15:00 | 4,2 | 17,9 | 75,5 | 26,1 | 8,9 |
| 16:00 | 4,2 | 19,4 | 72,4 | 27,1 | 9,2 |
| 17:00 | 4,4 | 18,9 | 69,4 | 24,6 | 8,3 |
| 18:00 | 4,3 | 18,7 | 64,7 | 23,3 | 7,7 |
| 19:00 | 4,3 | 19,3 | 61,4 | 24,0 | |
| 20:00 | 4,2 | 21,8 | 54,7 | 23,9 | 8,0 |
| 21:00 | 4,5 | 24,3 | 49,8 | 22,0 | 7,8 |
| 22:00 | 5,9 | 28,3 | 44,8 | 20,2 | 7,7 |
| 23:00 | 5,9 | 26,2 | 39,0 | 20,2 | 8,2 |
| 00:00 | 6,6 | 29,0 | 37,2 | 29,7 | 8,6 |

Tabla V.3h: Agosto 2003

| Hora | NO | NO ₂ | O ₃ | PM10 Beta | SO ₂ |
|-------|------|-----------------|----------------|--------------|-----------------|
| 01:00 | 4,5 | 18,7 | 39,3 | 38,2 | 11,3 |
| 02:00 | 4,1 | 27,3 | 36,6 | 37,1 | 10,6 |
| 03:00 | 4,4 | 26,6 | 36,9 | 36,2 | 10,6 |
| 04:00 | 6,1 | 29,3 | 31,2 | 32,8 | 11,4 |
| 05:00 | 10,0 | 32,1 | 26,1 | 35,4 | 11,1 |
| 06:00 | 20,9 | 36,5 | 19,8 | 38,4 | 12,3 |
| 07:00 | 25,8 | 37,2 | 22,0 | 33,0 | 14,2 |
| 08:00 | 25,8 | 40,0 | 23,3 | 35,0 | 17,4 |
| 09:00 | 15,1 | 39,5 | 32,6 | 36,3 | 17,1 |
| 10:00 | 7,8 | 34,6 | 53,0 | 31,4 | 15,2 |
| 11:00 | 5,2 | 30,3 | 71,2 | 34,8 | 13,3 |
| 12:00 | 3,2 | 25,1 | 90,1 | 45,6 | 11,1 |
| 13:00 | 2,3 | 14,0 | 100,4 | 44,6 | 10,4 |
| 14:00 | 2,9 | 19,1 | 102,0 | 44,0 | 12,0 |
| 15:00 | 3,0 | 19,2 | 99,0 | 46,3 | 11,5 |
| 16:00 | 3,1 | 21,9 | 96,3 | 37,8 | 11,3 |
| 17:00 | 3,3 | 23,6 | 87,9 | 44,4 | 11,5 |
| 18:00 | 3,6 | 25,8 | 79,3 | 46,3 | 12,1 |
| 19:00 | 3,7 | 28,2 | 69,6 | 42,2 | |
| 20:00 | 3,6 | 30,4 | 62,2 | 39,2 | 11,1 |
| 21:00 | 4,7 | 31,6 | 54,8 | 35,9 | 10,5 |
| 22:00 | 4,8 | 32,8 | 47,3 | 31,9 | 10,8 |
| 23:00 | 5,5 | 32,7 | 43,9 | 34,9 | 12,0 |
| 00:00 | 5,5 | 30,4 | 41,9 | 45,5 | 12,6 |

Tabla V.3i: Septiembre 2003

| Hora | NO | NO ₂ | O ₃ | PM10 Beta | SO ₂ |
|-------|------|-----------------|----------------|--------------|-----------------|
| 01:00 | 8,1 | 38,5 | 22,3 | 40,1 | 23,8 |
| 02:00 | 6,0 | 25,9 | 22,7 | 37,3 | 16,3 |
| 03:00 | 9,1 | 37,7 | 20,2 | 45,3 | 15,1 |
| 04:00 | 12,0 | 40,6 | 16,7 | 42,5 | 17,7 |
| 05:00 | 20,7 | 43,8 | 14,2 | 46,5 | 15,6 |
| 06:00 | 44,2 | 49,8 | 10,3 | 47,1 | 15,3 |
| 07:00 | 70,7 | 56,5 | 8,9 | 57,0 | 20,0 |
| 08:00 | 67,1 | 57,8 | 13,0 | 57,0 | 27,7 |
| 09:00 | 46,5 | 55,4 | 20,0 | 55,1 | 28,1 |
| 10:00 | 28,2 | 47,1 | 34,5 | 43,4 | 22,2 |
| 11:00 | 10,4 | 36,9 | 49,9 | 34,7 | 17,7 |
| 12:00 | 5,4 | 26,4 | 64,9 | 25,8 | 14,3 |
| 13:00 | 3,8 | 22,1 | 73,2 | 24,1 | 12,9 |
| 14:00 | 4,0 | 18,4 | 73,6 | 39,9 | 12,9 |
| 15:00 | 4,4 | 26,3 | 75,4 | 33,0 | 12,9 |
| 16:00 | 4,3 | 28,1 | 75,4 | 27,4 | 13,1 |
| 17:00 | 4,3 | 32,0 | 68,2 | 35,4 | 13,1 |
| 18:00 | 3,9 | 37,6 | 59,9 | 36,3 | 12,6 |
| 19:00 | 4,9 | 46,1 | 50,1 | 35,5 | |
| 20:00 | 8,1 | 52,7 | 36,2 | 36,5 | 11,0 |
| 21:00 | 13,5 | 63,1 | 22,7 | 37,0 | 11,5 |
| 22:00 | 13,7 | 59,5 | 17,9 | 44,9 | 17,7 |
| 23:00 | 11,0 | 51,0 | 20,0 | 40,6 | 19,1 |
| 00:00 | 9,1 | 45,1 | 21,3 | 42,4 | 20,9 |

Tabla V.3j: Octubre 2003

| Hora | NO | NO ₂ | O ₃ | PM10 Beta | SO ₂ |
|-------|------|-----------------|----------------|--------------|-----------------|
| 01:00 | 11,7 | 30,9 | 23,0 | 34,3 | 10,4 |
| 02:00 | 7,7 | 19,7 | 21,7 | 36,2 | 11,0 |
| 03:00 | 10,9 | 30,4 | 20,2 | 36,7 | 11,4 |
| 04:00 | 13,5 | 32,3 | 19,3 | 34,8 | 10,9 |
| 05:00 | 21,9 | 36,6 | 15,6 | 33,3 | 11,1 |
| 06:00 | 45,1 | 44,2 | 11,3 | 39,5 | 11,7 |
| 07:00 | 68,9 | 49,6 | 8,5 | 43,2 | 12,3 |
| 08:00 | 78,5 | 51,5 | 10,9 | 42,6 | 13,7 |
| 09:00 | 70,7 | 51,7 | 12,8 | 39,8 | 18,1 |
| 10:00 | 39,9 | 45,7 | 21,2 | 34,8 | 15,9 |
| 11:00 | 24,0 | 41,1 | 27,5 | 29,3 | 13,7 |
| 12:00 | 13,2 | 33,6 | 37,5 | 21,9 | 12,9 |
| 13:00 | 8,4 | 29,5 | 43,2 | 21,5 | 10,9 |
| 14:00 | 4,8 | 17,9 | 46,3 | 20,7 | 10,2 |
| 15:00 | 5,6 | 25,6 | 49,3 | 19,5 | 10,2 |
| 16:00 | 7,1 | 30,7 | 44,9 | 23,3 | 9,2 |
| 17:00 | 11,5 | 39,7 | 38,1 | 28,7 | 9,3 |
| 18:00 | 17,1 | 47,1 | 30,4 | 26,8 | 8,8 |
| 19:00 | 20,6 | 48,1 | 29,5 | 22,6 | |
| 20:00 | 23,0 | 48,3 | 25,0 | 26,8 | 8,6 |
| 21:00 | 23,3 | 46,8 | 23,3 | 29,7 | 9,3 |
| 22:00 | 22,4 | 41,3 | 22,6 | 32,3 | 9,7 |
| 23:00 | 16,4 | 37,8 | 21,5 | 27,4 | 10,6 |
| 00:00 | 12,2 | 34,2 | 20,2 | 31,7 | 10,3 |

Tabla V.3k: Noviembre 2003

| Hora | NO | NO ₂ | O ₃ | PM10 Beta | SO ₂ |
|-------|------|-----------------|----------------|--------------|-----------------|
| 01:00 | 24,2 | 34,3 | 15,3 | 40,3 | 12,0 |
| 02:00 | 13,7 | 23,6 | 13,8 | 39,9 | 12,9 |
| 03:00 | 14,5 | 29,3 | 12,3 | 38,2 | 13,1 |
| 04:00 | 16,9 | 31,0 | 11,4 | 39,1 | 14,0 |
| 05:00 | 19,9 | 31,0 | 12,0 | 35,5 | 12,8 |
| 06:00 | 33,2 | 34,0 | 9,8 | 33,8 | 12,3 |
| 07:00 | 52,4 | 40,5 | 8,4 | 38,0 | 14,6 |
| 08:00 | 73,3 | 45,1 | 8,7 | 43,3 | 17,5 |
| 09:00 | 76,4 | 46,2 | 10,8 | 48,0 | 19,4 |
| 10:00 | 59,9 | 43,6 | 15,0 | 37,8 | 21,9 |
| 11:00 | 40,4 | 42,1 | 19,9 | 34,4 | 22,1 |
| 12:00 | 24,7 | 38,2 | 26,3 | 30,4 | 20,2 |
| 13:00 | 14,3 | 32,9 | 32,0 | 26,1 | 16,9 |
| 14:00 | 8,2 | 22,7 | 35,8 | 24,0 | 14,8 |
| 15:00 | 9,2 | 29,7 | 37,5 | 28,8 | 12,8 |
| 16:00 | 13,9 | 37,6 | 33,2 | 31,0 | 12,7 |
| 17:00 | 28,5 | 48,1 | 22,5 | 41,1 | 13,1 |
| 18:00 | 52,3 | 54,2 | 15,8 | 46,1 | 13,0 |
| 19:00 | 64,4 | 53,4 | 15,0 | 43,2 | |
| 20:00 | 66,2 | 51,9 | 15,5 | 43,5 | 13,4 |
| 21:00 | 56,6 | 50,0 | 14,3 | 39,8 | 12,6 |
| 22:00 | 48,4 | 47,7 | 13,6 | 36,5 | 12,5 |
| 23:00 | 38,2 | 41,9 | 14,9 | 38,0 | 13,2 |
| 00:00 | 30,1 | 37,6 | 16,7 | 42,6 | 12,9 |

Tabla V.3l: Diciembre 2003

| Hora | NO | NO ₂ | O ₃ | PM10 Beta | SO ₂ |
|-------|------|-----------------|----------------|--------------|-----------------|
| 01:00 | 19,7 | 37,0 | 22,1 | 31,3 | 13,1 |
| 02:00 | 16,4 | 34,3 | 23,5 | 29,6 | 12,6 |
| 03:00 | 9,2 | 21,4 | 24,3 | 27,7 | 12,5 |
| 04:00 | 14,5 | 30,2 | 26,1 | 25,5 | 11,9 |
| 05:00 | 18,3 | 31,9 | 25,0 | 24,7 | 11,7 |
| 06:00 | 26,3 | 35,2 | 22,8 | 24,2 | 12,2 |
| 07:00 | 50,5 | 44,4 | 19,0 | 29,1 | 16,6 |
| 08:00 | 67,7 | 49,7 | 17,6 | 32,5 | 18,3 |
| 09:00 | 68,1 | 52,3 | 17,6 | 34,1 | 19,5 |
| 10:00 | 60,6 | 49,7 | 20,5 | 33,2 | 21,4 |
| 11:00 | 51,1 | 45,6 | 24,4 | 30,9 | 20,2 |
| 12:00 | 33,5 | 41,6 | 26,9 | 22,0 | 17,6 |
| 13:00 | 21,8 | 39,1 | 29,9 | 21,4 | 16,3 |
| 14:00 | 15,5 | 35,0 | 33,3 | 19,6 | 14,2 |
| 15:00 | 10,1 | 25,2 | 34,2 | 20,9 | 13,1 |
| 16:00 | 13,9 | 40,3 | 31,3 | 23,2 | 11,2 |
| 17:00 | 17,2 | 45,8 | 25,0 | 28,8 | 10,3 |
| 18:00 | 33,7 | 53,7 | 17,5 | 27,2 | 11,3 |
| 19:00 | 39,3 | 55,6 | 16,8 | 26,1 | |
| 20:00 | 38,9 | 55,8 | 13,9 | 34,7 | 13,5 |
| 21:00 | 38,0 | 54,1 | 14,2 | 26,6 | 13,1 |
| 22:00 | 35,1 | 51,2 | 15,4 | 28,9 | 12,3 |
| 23:00 | 24,0 | 42,7 | 20,6 | 25,2 | 12,1 |
| 00:00 | 22,0 | 39,9 | 19,9 | 28,5 | 13,4 |

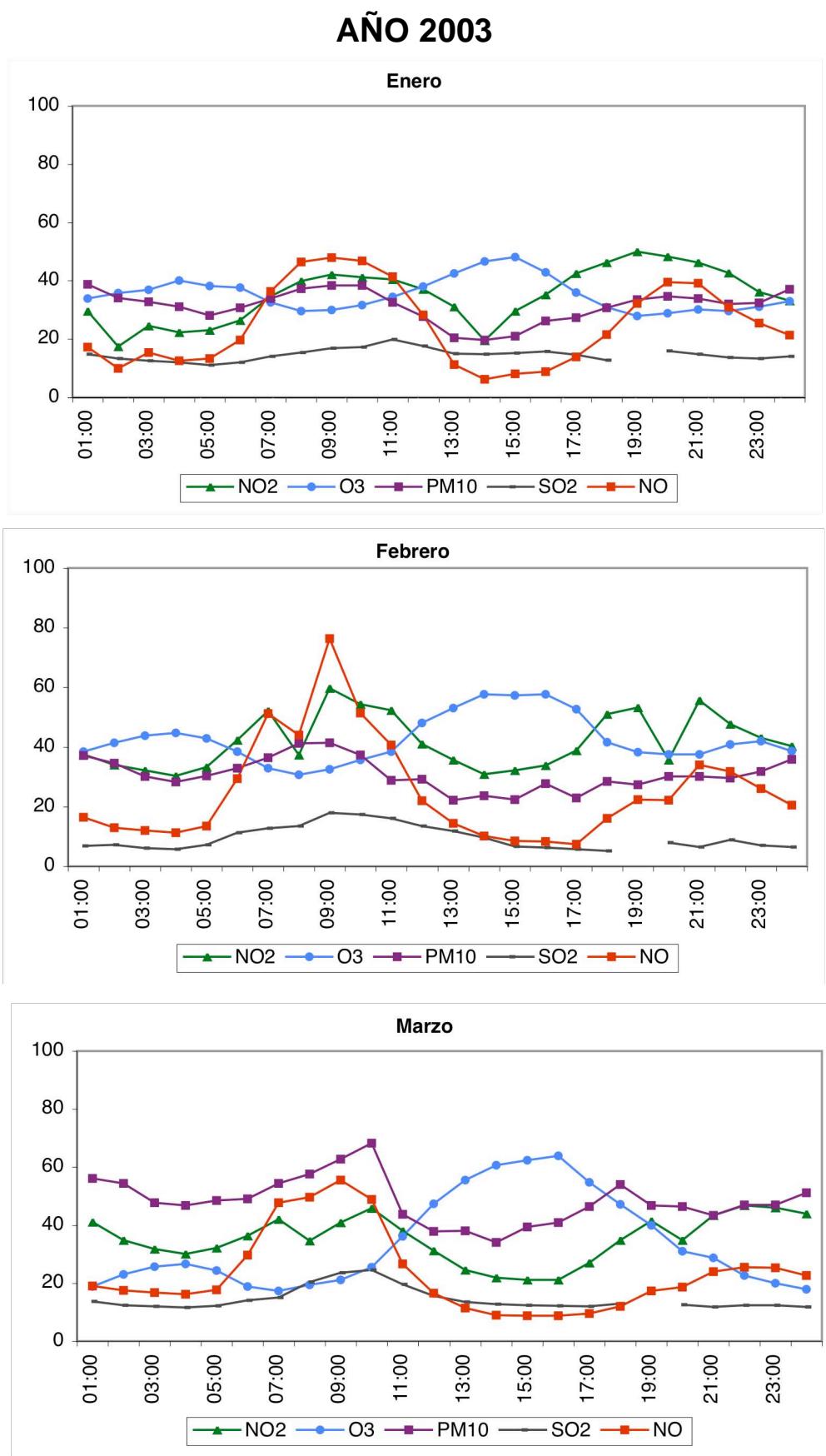


Figura V.1. Variaciones mensuales de PM10 y contaminantes gaseosos en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ medidos en la estación de Basauri durante el año 2003. Meses de Enero, Febrero y Marzo.

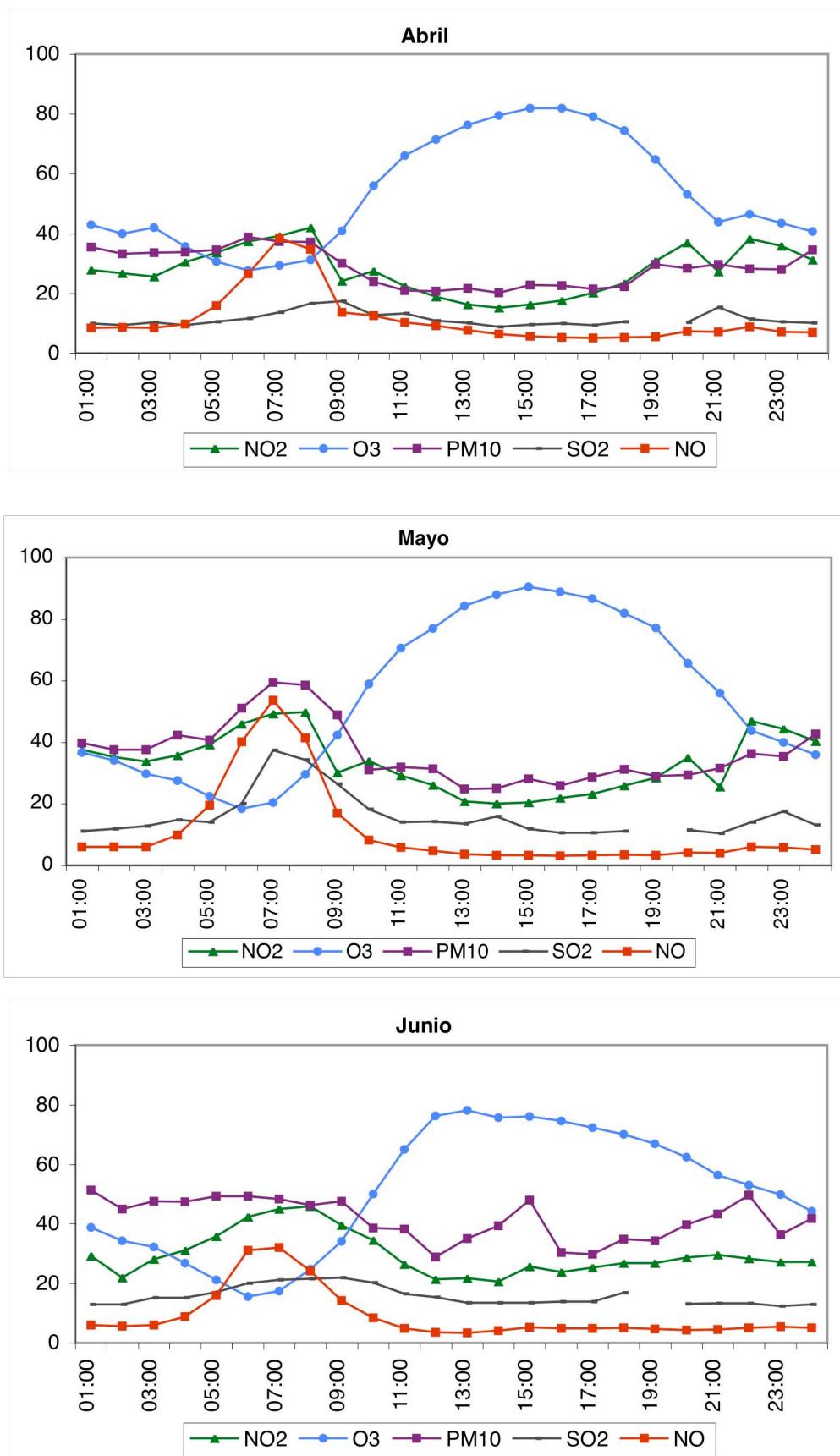


Figura V.1 (2003 continuación). Variaciones mensuales de PM10 y contaminantes gaseosos en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ medidas en la estación de Basauri durante el año 2003. Meses de Abril, Mayo y Junio.

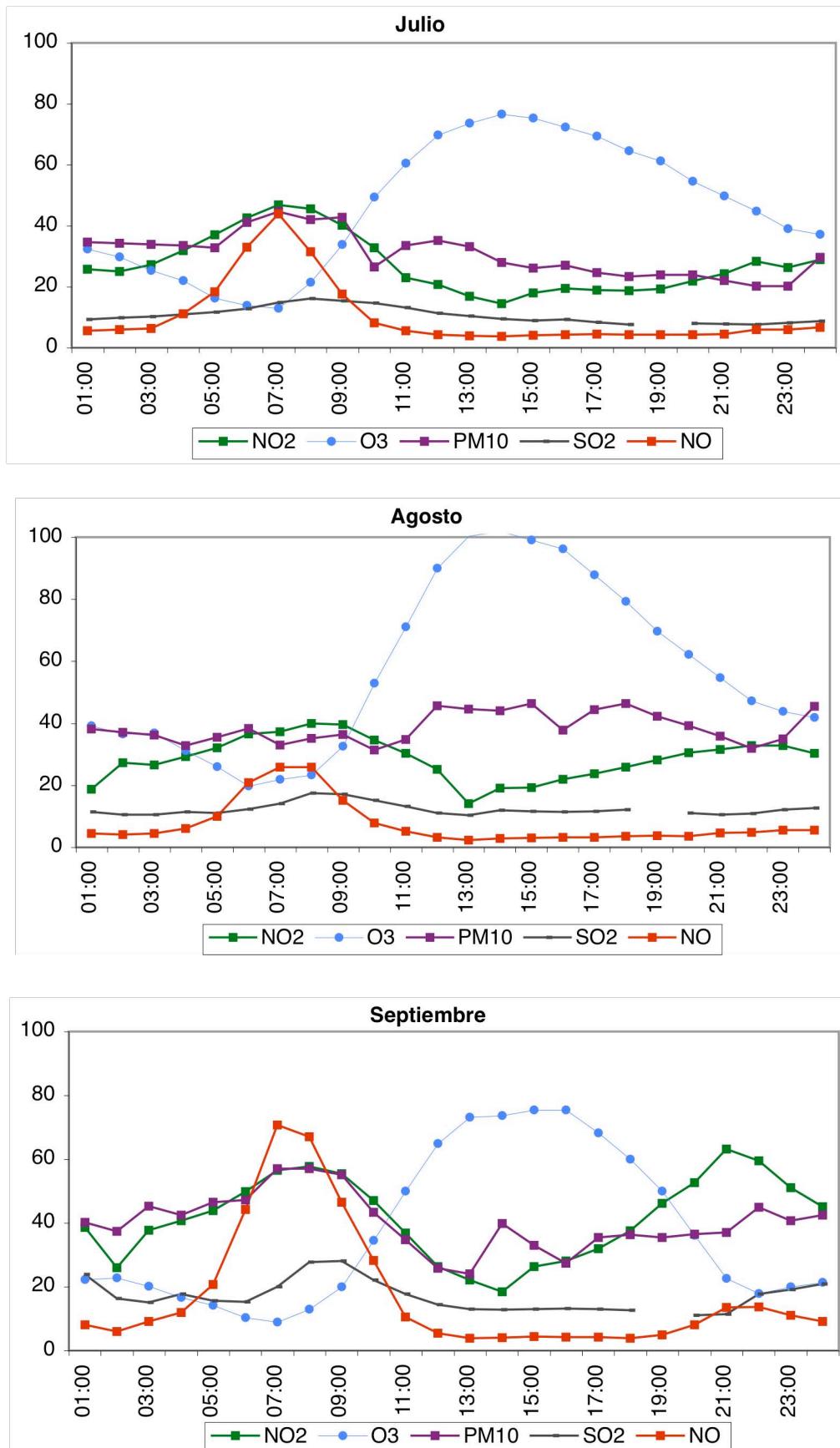


Figura V.1 (2003 continuación). Variaciones mensuales de PM10 y contaminantes gaseosos en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ medidos en la estación de Basauri durante el año 2003. Meses de Julio, Agosto y Septiembre.

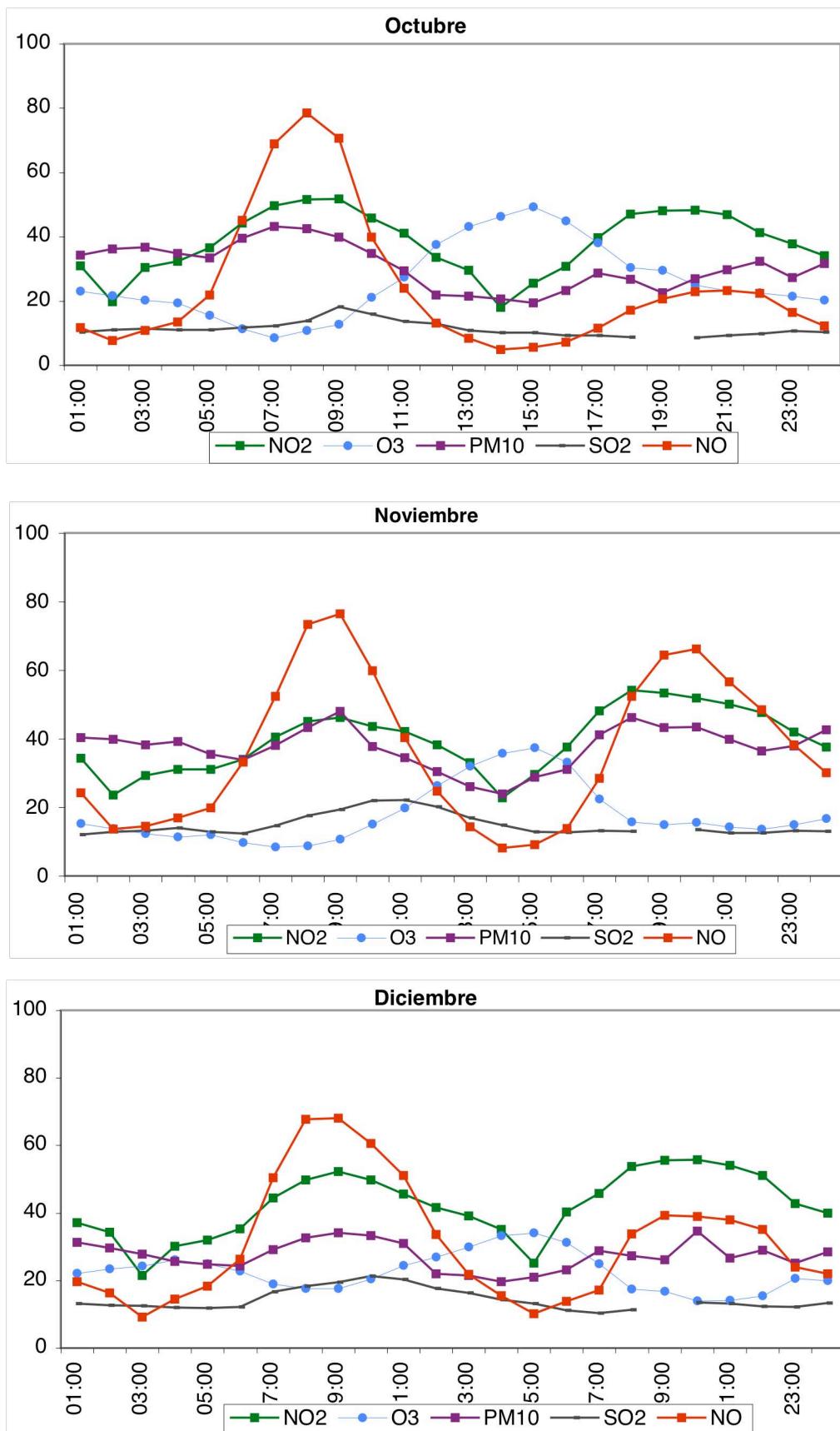


Figura V.1 (2003 continuación). Variaciones mensuales de PM10 y contaminantes gaseosos en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ medidos en la estación de Basauri durante el año 2003. Meses de Octubre, Noviembre y Diciembre.

Tabla V.4a: Enero 2004

| Hora | NO | NO ₂ | O ₃ | PM10 Beta | SO ₂ |
|-------|------|-----------------|----------------|--------------|-----------------|
| 01:00 | 11,6 | 30,9 | 26,1 | 29,3 | 9,5 |
| 02:00 | 10,2 | 28,8 | 26,4 | 28,4 | 9,5 |
| 03:00 | 7,8 | 21,9 | 27,5 | 27,0 | 10,0 |
| 04:00 | 9,7 | 27,6 | 26,1 | 25,5 | 11,0 |
| 05:00 | 11,3 | 29,0 | 26,2 | 22,7 | 10,9 |
| 06:00 | 14,3 | 27,4 | 24,3 | 22,7 | 13,3 |
| 07:00 | 29,8 | 40,1 | 20,8 | 26,2 | 15,4 |
| 08:00 | 39,6 | 43,9 | 20,3 | 29,1 | 15,3 |
| 09:00 | 51,4 | 44,1 | 23,0 | 34,0 | 16,5 |
| 10:00 | 46,8 | 44,2 | 23,1 | 31,5 | 18,5 |
| 11:00 | 33,2 | 41,2 | 26,2 | 29,7 | 19,5 |
| 12:00 | 25,0 | 39,6 | 27,5 | 23,5 | 17,0 |
| 13:00 | 16,2 | 35,0 | 33,2 | 27,0 | 14,9 |
| 14:00 | 13,3 | 32,8 | 36,6 | 22,6 | 12,6 |
| 15:00 | 11,5 | 30,3 | 35,6 | 22,1 | 13,0 |
| 16:00 | 13,5 | 36,7 | 34,2 | 21,4 | 11,8 |
| 17:00 | 15,1 | 40,0 | 30,4 | 23,5 | 11,5 |
| 18:00 | 18,2 | 35,9 | 26,1 | 24,1 | 10,4 |
| 19:00 | 27,0 | 44,3 | 24,0 | 25,0 | |
| 20:00 | 27,6 | 45,0 | 22,9 | 26,2 | 11,5 |
| 21:00 | 26,4 | 40,3 | 26,0 | 24,2 | 10,4 |
| 22:00 | 22,6 | 40,6 | 23,7 | 23,5 | 10,8 |
| 23:00 | 17,3 | 37,9 | 24,2 | 25,5 | 10,4 |
| 00:00 | 13,4 | 33,0 | 26,1 | 28,5 | 9,7 |

Tabla V.4b: Febrero 2004

| Hora | NO | NO ₂ | O ₃ | PM10 Beta | SO ₂ |
|-------|------|-----------------|----------------|--------------|-----------------|
| 01:00 | 0 | 43,4 | 16,5 | 35,8 | 11,1 |
| 02:00 | 15,0 | 42,5 | 14,8 | 36,7 | 12,1 |
| 03:00 | 14,6 | 38,6 | 17,9 | 35,3 | 10,7 |
| 04:00 | 14,3 | 37,3 | 19,0 | 37,4 | 10,8 |
| 05:00 | 14,5 | 36,8 | 19,5 | 33,7 | 10,6 |
| 06:00 | 24,5 | 36,3 | 15,7 | 35,8 | 12,8 |
| 07:00 | 38,7 | 36,0 | 12,2 | 40,9 | 17,5 |
| 08:00 | 71,9 | 51,7 | 12,6 | 46,5 | 18,9 |
| 09:00 | 83,4 | 54,2 | 13,2 | 45,2 | 21,7 |
| 10:00 | 64,2 | 51,9 | 34,2 | 41,8 | 25,2 |
| 11:00 | 39,8 | 48,1 | 22,1 | 37,0 | 21,6 |
| 12:00 | 26,8 | 43,5 | 30,6 | 34,9 | 18,3 |
| 13:00 | 12,8 | 34,3 | 42,0 | 27,9 | 15,9 |
| 14:00 | 9,4 | 31,6 | 47,3 | 22,3 | 13,0 |
| 15:00 | 8,3 | 28,1 | 53,9 | 21,0 | 11,7 |
| 16:00 | 9,9 | 32,4 | 50,0 | 22,3 | 11,8 |
| 17:00 | 15,3 | 41,4 | 40,6 | 31,0 | 10,6 |
| 18:00 | 17,9 | 43,0 | 34,6 | 35,5 | 11,5 |
| 19:00 | 26,7 | 43,9 | 23,5 | 33,4 | 6,3 |
| 20:00 | 42,8 | 62,1 | 17,2 | 32,6 | 10,5 |
| 21:00 | 46,0 | 59,9 | 16,8 | 32,1 | 10,0 |
| 22:00 | 41,3 | 57,3 | 16,0 | 30,9 | 10,1 |
| 23:00 | 30,9 | 52,7 | 16,2 | 31,1 | 10,6 |
| 00:00 | 23,0 | 48,7 | 16,1 | 34,8 | 10,8 |

Tabla V.4c: Marzo 2004

| Hora | NO | NO ₂ | O ₃ | PM10 Beta | SO ₂ |
|-------|------|-----------------|----------------|--------------|-----------------|
| 01:00 | 13,3 | 46,8 | 23,1 | 39,9 | 8,3 |
| 02:00 | 10,8 | 44,4 | 22,7 | 37,1 | 8,4 |
| 03:00 | 10,2 | 41,1 | 24,2 | 36,3 | 8,7 |
| 04:00 | 10,7 | 37,6 | 21,0 | 35,2 | 9,6 |
| 05:00 | 13,7 | 40,6 | 20,3 | 35,5 | 9,9 |
| 06:00 | 33,7 | 45,9 | 15,3 | 36,5 | 10,9 |
| 07:00 | 45,8 | 43,3 | 11,0 | 41,0 | 14,8 |
| 08:00 | 79,1 | 57,5 | 11,8 | 43,7 | 20,0 |
| 09:00 | 76,1 | 58,3 | 17,9 | 44,4 | 23,1 |
| 10:00 | 49,1 | 54,5 | 24,3 | 41,1 | 24,7 |
| 11:00 | 22,1 | 41,0 | 35,9 | 33,6 | 21,2 |
| 12:00 | 14,5 | 38,0 | 49,0 | 22,8 | 16,1 |
| 13:00 | 9,4 | 30,5 | 57,8 | 22,5 | 13,1 |
| 14:00 | 9,0 | 27,9 | 63,7 | 20,1 | 12,0 |
| 15:00 | 9,4 | 25,2 | 67,2 | 23,5 | 10,5 |
| 16:00 | 9,6 | 24,8 | 66,6 | 21,8 | |
| 17:00 | 8,0 | 32,8 | | 24,4 | 10,6 |
| 18:00 | 12,4 | 44,0 | 51,7 | 30,2 | 10,0 |
| 19:00 | 14,2 | 43,3 | 39,9 | 29,7 | 9,9 |
| 20:00 | 27,8 | 62,6 | 26,5 | 29,9 | 9,7 |
| 21:00 | 35,2 | 63,7 | 21,7 | 32,2 | 10,0 |
| 22:00 | 30,9 | 59,5 | 21,5 | 30,0 | 9,4 |
| 23:00 | 23,1 | 48,8 | 22,0 | 29,6 | 9,1 |
| 00:00 | 21,5 | 53,0 | 22,6 | 37,1 | 8,8 |

Tabla V.4d: Abril 2004

| Hora | NO | NO ₂ | O ₃ | PM10 Beta | SO ₂ |
|-------|------|-----------------|----------------|--------------|-----------------|
| 01:00 | 5,8 | 30,8 | 46,2 | 28,9 | 8,8 |
| 02:00 | 5,6 | 29,0 | 45,1 | 28,6 | 8,8 |
| 03:00 | 5,3 | 28,7 | 44,7 | 26,5 | 8,8 |
| 04:00 | 8,0 | 30,9 | 41,9 | 26,0 | 9,0 |
| 05:00 | 14,4 | 37,2 | 35,8 | 27,4 | 10,1 |
| 06:00 | 23,5 | 45,1 | 30,6 | 28,8 | 10,9 |
| 07:00 | 36,2 | 51,0 | 28,2 | 33,3 | 14,2 |
| 08:00 | 36,0 | 48,7 | 33,7 | 31,4 | 14,7 |
| 09:00 | 30,6 | 46,2 | 40,2 | 30,4 | 15,9 |
| 10:00 | 18,1 | 43,6 | 49,1 | 28,1 | 16,6 |
| 11:00 | 5,5 | 21,6 | 64,9 | 24,3 | 15,6 |
| 12:00 | 6,2 | 24,4 | 79,2 | 19,0 | 12,9 |
| 13:00 | 5,5 | 22,2 | 82,7 | 19,1 | 11,3 |
| 14:00 | 5,3 | 23,0 | 83,0 | 18,1 | 10,4 |
| 15:00 | 5,7 | 23,7 | 82,7 | 21,2 | 9,6 |
| 16:00 | 5,8 | 24,2 | 81,7 | 21,4 | |
| 17:00 | 5,8 | 28,0 | | 21,2 | 8,6 |
| 18:00 | 5,6 | 25,4 | 77,8 | 17,7 | 8,4 |
| 19:00 | 5,4 | 28,6 | 72,8 | 20,3 | 7,8 |
| 20:00 | 6,3 | 35,9 | 61,6 | 20,3 | 7,6 |
| 21:00 | 8,4 | 42,1 | 50,4 | 21,4 | 7,6 |
| 22:00 | 9,5 | 41,3 | 46,0 | 23,8 | 7,6 |
| 23:00 | 6,3 | 25,7 | 42,6 | 28,1 | 8,2 |
| 00:00 | 6,0 | 36,3 | 42,3 | 30,1 | 8,4 |

Tabla V.4e: Mayo 2004

| Hora | NO | NO ₂ | O ₃ | PM10 Beta | SO ₂ |
|-------|------|-----------------|----------------|--------------|-----------------|
| 01:00 | 6,0 | 33,5 | 47,1 | 34,6 | 8,9 |
| 02:00 | 8,9 | 33,4 | 44,2 | 36,2 | 9,3 |
| 03:00 | 9,7 | 32,4 | 44,0 | 34,4 | 9,4 |
| 04:00 | 12,2 | 33,4 | 41,4 | 33,8 | 9,3 |
| 05:00 | 19,2 | 36,8 | 37,0 | 33,2 | 9,6 |
| 06:00 | 33,4 | 47,0 | 29,3 | 37,5 | 11,0 |
| 07:00 | 43,0 | 52,5 | 28,2 | 39,9 | 16,3 |
| 08:00 | 33,8 | 51,5 | 35,0 | 42,1 | 18,1 |
| 09:00 | 14,0 | 42,8 | 49,1 | 36,2 | 15,9 |
| 10:00 | 8,6 | 34,1 | 63,0 | 28,2 | 14,3 |
| 11:00 | 5,1 | 20,9 | 72,8 | 26,0 | 12,9 |
| 12:00 | 5,6 | 25,7 | 81,1 | 26,8 | 11,5 |
| 13:00 | 5,0 | 25,0 | 85,8 | 26,6 | 10,7 |
| 14:00 | 6,3 | 30,1 | 81,3 | 36,3 | 10,7 |
| 15:00 | 5,5 | 27,8 | 83,0 | 31,7 | 10,1 |
| 16:00 | 5,8 | 30,0 | 80,6 | 30,6 | |
| 17:00 | 5,4 | 33,0 | | 28,1 | 9,9 |
| 18:00 | 5,4 | 30,7 | 76,6 | 30,0 | 10,2 |
| 19:00 | 5,1 | 33,8 | 72,7 | 28,1 | 9,3 |
| 20:00 | 6,5 | 44,1 | 58,8 | 35,7 | 10,4 |
| 21:00 | 6,6 | 50,5 | 47,0 | 31,9 | 10,5 |
| 22:00 | 6,7 | 45,1 | 47,9 | 32,9 | 9,6 |
| 23:00 | 5,4 | 28,4 | 50,3 | 31,4 | 9,4 |
| 00:00 | 13,4 | 33,0 | 26,1 | 28,5 | 9,7 |

Tabla V.4f: Junio 2004

| Hora | NO | NO ₂ | O ₃ | PM10 Beta | SO ₂ |
|-------|------|-----------------|----------------|--------------|-----------------|
| 01:00 | 5,0 | 36,3 | 28,6 | 38,6 | 8,2 |
| 02:00 | 7,8 | 36,2 | 24,6 | 35,2 | 8,3 |
| 03:00 | 8,1 | 35,9 | 21,2 | 35,9 | 8,4 |
| 04:00 | 14,0 | 38,3 | 17,3 | 35,2 | 8,7 |
| 05:00 | 24,5 | 41,3 | 13,6 | 38,9 | 8,7 |
| 06:00 | 43,3 | 45,6 | 11,1 | 41,7 | 10,5 |
| 07:00 | 52,4 | 51,2 | 13,7 | 39,1 | 13,9 |
| 08:00 | 38,3 | 50,8 | 21,6 | 42,5 | 15,6 |
| 09:00 | 19,5 | 44,7 | 37,1 | 34,9 | 13,5 |
| 10:00 | 11,5 | 38,6 | 51,6 | 32,3 | 11,1 |
| 11:00 | 6,8 | 28,8 | 64,8 | 28,1 | 9,4 |
| 12:00 | 4,5 | 17,0 | 74,4 | 24,2 | 7,6 |
| 13:00 | 4,7 | 21,3 | 77,9 | 24,5 | 7,2 |
| 14:00 | 4,6 | 20,9 | 80,3 | 25,9 | 7,3 |
| 15:00 | 4,9 | 22,4 | 78,6 | 28,9 | 7,0 |
| 16:00 | 4,7 | 23,8 | 76,5 | 28,5 | |
| 17:00 | 4,6 | 27,0 | | 25,0 | 6,3 |
| 18:00 | 4,9 | 26,9 | 68,2 | 29,0 | 6,3 |
| 19:00 | 4,5 | 27,2 | 65,4 | 34,5 | 6,7 |
| 20:00 | 3,6 | 27,0 | 62,6 | 28,6 | 6,5 |
| 21:00 | 4,3 | 33,1 | 51,2 | 30,9 | 5,8 |
| 22:00 | 4,3 | 32,2 | 45,6 | 27,6 | 6,0 |
| 23:00 | 5,2 | 35,9 | 36,1 | 29,1 | 6,5 |
| 00:00 | 4,0 | 25,1 | 31,8 | 37,7 | 7,3 |

Tabla V.4g: Julio 2004

| Hora | NO | NO ₂ | O ₃ | PM10 Beta | SO ₂ |
|-------|------|-----------------|----------------|--------------|-----------------|
| 01:00 | 6,3 | 30,7 | 19,7 | 27,6 | 7,2 |
| 02:00 | 9,2 | 30,0 | 17,0 | 29,7 | 8,2 |
| 03:00 | 11,7 | 30,1 | 15,0 | 31,4 | 8,8 |
| 04:00 | 15,7 | 30,6 | 13,1 | 31,8 | 10,0 |
| 05:00 | 22,6 | 33,5 | 9,1 | 34,0 | 9,4 |
| 06:00 | 43,8 | 37,1 | 6,8 | 39,5 | 10,9 |
| 07:00 | 51,5 | 40,8 | 8,3 | 39,6 | 14,0 |
| 08:00 | 42,9 | 43,3 | 14,3 | 40,8 | 17,1 |
| 09:00 | 24,1 | 42,3 | 23,0 | 35,3 | 16,2 |
| 10:00 | 12,7 | 37,2 | 37,2 | 29,2 | 12,4 |
| 11:00 | 5,2 | 18,9 | 53,8 | 23,1 | 9,4 |
| 12:00 | 4,7 | 19,8 | 65,5 | 26,3 | 7,4 |
| 13:00 | 4,0 | 16,3 | 73,3 | 25,7 | 6,2 |
| 14:00 | 3,5 | 16,0 | 73,2 | 28,7 | 6,1 |
| 15:00 | 3,2 | 14,9 | 72,6 | 23,3 | 5,8 |
| 16:00 | 3,3 | 16,1 | 68,4 | 23,2 | |
| 17:00 | 3,1 | 18,4 | | 21,8 | 5,4 |
| 18:00 | 3,7 | 20,1 | 59,1 | 24,7 | 5,5 |
| 19:00 | 3,2 | 22,5 | 54,5 | 24,4 | 5,5 |
| 20:00 | 3,0 | 24,1 | 48,2 | 28,2 | 5,5 |
| 21:00 | 3,9 | 29,5 | 39,0 | 25,3 | 5,4 |
| 22:00 | 4,3 | 29,7 | 34,9 | 25,1 | 5,4 |
| 23:00 | 4,1 | 20,7 | 32,4 | 22,8 | 5,8 |
| 00:00 | 4,5 | 29,7 | 24,2 | 26,0 | 6,3 |

Tabla V.4h: Agosto 2004

| Hora | NO | NO ₂ | O ₃ | PM10 Beta | SO ₂ |
|-------|------|-----------------|----------------|--------------|-----------------|
| 01:00 | 3,8 | 28,9 | 26,8 | 22,9 | 5,2 |
| 02:00 | 4,5 | 27,2 | 24,3 | 25,7 | 5,3 |
| 03:00 | 4,8 | 27,9 | 20,6 | 23,9 | 5,3 |
| 04:00 | 7,7 | 28,6 | 18,8 | 23,5 | 5,6 |
| 05:00 | 14,1 | 32,7 | 13,2 | 23,1 | 6,0 |
| 06:00 | 27,5 | 36,1 | 10,6 | 25,5 | 6,5 |
| 07:00 | 38,3 | 39,2 | 11,0 | 24,3 | 8,5 |
| 08:00 | 31,6 | 38,1 | 18,9 | 21,3 | 11,5 |
| 09:00 | 19,5 | 34,2 | 30,7 | 18,4 | 12,7 |
| 10:00 | 12,1 | 29,5 | 44,2 | 16,5 | 9,9 |
| 11:00 | 3,9 | 15,2 | 59,7 | 15,4 | 8,1 |
| 12:00 | 3,4 | 16,7 | 69,3 | 19,5 | 7,4 |
| 13:00 | 2,6 | 13,7 | 77,8 | 19,8 | 6,2 |
| 14:00 | 2,2 | 12,5 | 81,2 | 15,3 | 5,5 |
| 15:00 | 2,3 | 12,0 | 80,5 | 20,0 | 5,3 |
| 16:00 | 2,5 | 14,5 | 76,7 | 29,9 | |
| 17:00 | 2,5 | 16,5 | | 24,6 | 5,3 |
| 18:00 | 2,4 | 16,5 | 71,1 | 21,1 | 5,2 |
| 19:00 | 2,4 | 19,5 | 65,8 | 25,5 | 5,8 |
| 20:00 | 2,8 | 22,8 | 57,2 | 24,9 | 6,1 |
| 21:00 | 3,8 | 26,0 | 48,8 | 20,7 | 5,6 |
| 22:00 | 5,1 | 29,8 | 39,7 | 18,2 | 5,5 |
| 23:00 | 4,5 | 21,2 | 34,7 | 24,1 | 5,6 |
| 00:00 | 4,7 | 27,7 | 29,7 | 25,7 | 5,5 |

Tabla V.4i: Septiembre 2004

| Hora | NO | NO ₂ | O ₃ | PM10 Beta | SO ₂ |
|-------|------|-----------------|----------------|--------------|-----------------|
| 01:00 | 7,3 | 33,2 | 23,8 | 37,9 | 8,4 |
| 02:00 | 7,4 | 31,9 | 22,2 | 35,3 | 8,7 |
| 03:00 | 10,1 | 31,7 | 20,8 | 39,0 | 10,1 |
| 04:00 | 14,0 | 33,3 | 17,9 | 35,8 | 9,9 |
| 05:00 | 19,6 | 35,9 | 14,4 | 36,6 | 9,6 |
| 06:00 | 35,5 | 40,0 | 11,3 | 45,6 | 10,3 |
| 07:00 | 57,2 | 44,7 | 9,8 | 50,2 | 12,3 |
| 08:00 | 59,9 | 46,8 | 13,1 | 48,7 | 14,8 |
| 09:00 | 43,0 | 45,0 | 21,6 | 40,4 | 17,2 |
| 10:00 | 24,8 | 40,1 | 33,2 | 35,3 | 17,0 |
| 11:00 | 15,2 | 33,3 | 46,1 | 27,6 | 15,6 |
| 12:00 | 4,9 | 17,9 | 57,2 | 24,6 | 12,4 |
| 13:00 | 5,8 | 24,9 | 64,4 | 31,6 | 11,6 |
| 14:00 | 4,9 | 23,6 | 67,5 | 36,8 | 13,0 |
| 15:00 | 4,7 | 23,8 | 68,6 | 28,9 | 14,4 |
| 16:00 | 3,9 | 22,3 | 68,1 | 30,4 | |
| 17:00 | 3,5 | 25,1 | | 28,4 | 9,3 |
| 18:00 | 3,8 | 27,8 | 57,6 | 23,2 | 8,0 |
| 19:00 | 4,4 | 34,9 | 46,4 | 30,6 | 7,2 |
| 20:00 | 8,1 | 41,7 | 36,3 | 28,8 | 7,1 |
| 21:00 | 14,6 | 44,6 | 31,1 | 31,4 | 7,0 |
| 22:00 | 12,4 | 41,7 | 29,6 | 34,1 | 7,1 |
| 23:00 | 11,5 | 36,7 | 29,2 | 34,5 | 7,1 |
| 00:00 | 5,7 | 22,2 | 26,8 | 33,8 | 8,1 |

Tabla V.4j: Octubre 2004

| Hora | NO | NO ₂ | O ₃ | PM10 Beta | SO ₂ |
|-------|------|-----------------|----------------|--------------|-----------------|
| 01:00 | 6,5 | 26,0 | 37,2 | 27,3 | 8,5 |
| 02:00 | 6,4 | 22,5 | 37,1 | 28,7 | 8,4 |
| 03:00 | 5,0 | 16,6 | 35,3 | 27,1 | 8,6 |
| 04:00 | 9,6 | 25,3 | 33,3 | 28,5 | 8,7 |
| 05:00 | 14,3 | 28,2 | 30,5 | 29,7 | 9,4 |
| 06:00 | 27,8 | 34,6 | 24,9 | 34,2 | 11,1 |
| 07:00 | 46,6 | 42,7 | 21,4 | 42,2 | 12,5 |
| 08:00 | 48,8 | 43,4 | 24,8 | 36,6 | 14,3 |
| 09:00 | 38,7 | 38,3 | 30,9 | 33,3 | 16,9 |
| 10:00 | 19,5 | 31,2 | 38,3 | 27,7 | 17,3 |
| 11:00 | 11,1 | 27,8 | 46,5 | 21,0 | 12,7 |
| 12:00 | 6,6 | 22,1 | 56,1 | 19,6 | 10,8 |
| 13:00 | 4,6 | 21,0 | 59,2 | 21,8 | 11,0 |
| 14:00 | 4,4 | 20,4 | 58,5 | 23,8 | 10,7 |
| 15:00 | 4,1 | 16,5 | 58,7 | 19,9 | 13,7 |
| 16:00 | 6,5 | 29,9 | 53,9 | 21,1 | 36,0 |
| 17:00 | 11,9 | 37,9 | | 24,8 | 10,2 |
| 18:00 | 12,5 | 37,8 | 44,6 | 23,6 | 9,6 |
| 19:00 | 17,0 | 41,6 | 40,3 | 23,5 | 8,7 |
| 20:00 | 13,9 | 38,2 | 38,8 | 21,6 | 8,2 |
| 21:00 | 12,0 | 35,9 | 37,0 | 24,0 | 7,9 |
| 22:00 | 7,6 | 31,0 | 39,4 | 22,2 | 7,6 |
| 23:00 | 6,6 | 28,3 | 39,8 | 21,1 | 7,6 |
| 00:00 | 6,8 | 26,8 | 38,6 | 26,5 | 8,1 |

Tabla V.4k: Noviembre 2004

| Hora | NO | NO ₂ | O ₃ | PM10 Beta | SO ₂ |
|-------|------|-----------------|----------------|--------------|-----------------|
| 01:00 | 23,2 | 32,8 | 22,6 | 33,9 | 10,1 |
| 02:00 | 18,1 | 28,6 | 24,4 | 33,0 | 9,2 |
| 03:00 | 11,5 | 17,4 | 23,8 | 32,8 | 8,8 |
| 04:00 | 16,7 | 27,6 | 23,4 | 31,8 | 8,7 |
| 05:00 | 18,1 | 28,1 | 22,4 | 31,8 | 8,6 |
| 06:00 | 35,1 | 32,8 | 19,4 | 33,0 | 9,4 |
| 07:00 | 53,1 | 38,6 | 17,5 | 35,7 | 11,1 |
| 08:00 | 76,8 | 46,0 | 15,6 | 41,6 | 12,5 |
| 09:00 | 73,9 | 45,0 | 19,2 | 41,4 | 13,7 |
| 10:00 | 58,1 | 41,8 | 22,4 | 36,4 | 16,6 |
| 11:00 | 46,8 | 40,8 | 25,0 | 32,8 | 17,8 |
| 12:00 | 38,8 | 40,8 | 27,2 | 31,9 | 16,6 |
| 13:00 | 24,4 | 36,2 | 32,0 | 29,0 | 16,2 |
| 14:00 | 17,4 | 32,8 | 35,9 | 20,7 | 13,2 |
| 15:00 | 9,4 | 20,8 | 35,9 | 19,7 | 11,5 |
| 16:00 | 16,5 | 37,6 | 33,4 | 22,9 | |
| 17:00 | 33,7 | 48,8 | | 30,1 | 9,1 |
| 18:00 | 52,8 | 54,0 | 17,6 | 34,4 | 8,7 |
| 19:00 | 60,1 | 55,6 | 14,7 | 34,2 | 8,8 |
| 20:00 | 58,7 | 53,4 | 14,0 | 33,1 | 8,8 |
| 21:00 | 56,2 | 51,5 | 15,2 | 32,1 | 9,1 |
| 22:00 | 51,2 | 48,6 | 15,5 | 31,3 | 10,8 |
| 23:00 | 39,3 | 42,1 | 18,5 | 30,5 | 11,6 |
| 00:00 | 31,7 | 37,1 | 20,9 | 35,1 | 10,6 |

Tabla V.4l: Diciembre 2004

| Hora | NO | NO ₂ | O ₃ | PM10 Beta | SO ₂ |
|-------|------|-----------------|----------------|--------------|-----------------|
| 01:00 | 15,4 | 33,5 | 21,4 | 35,6 | 8,7 |
| 02:00 | 13,5 | 30,3 | 23,8 | 32,8 | 9,5 |
| 03:00 | 10,3 | 22,8 | 23,7 | 33,8 | 10,0 |
| 04:00 | 9,9 | 26,1 | 23,6 | 33,6 | 9,8 |
| 05:00 | 12,7 | 30,6 | 21,5 | 32,1 | 9,6 |
| 06:00 | 22,3 | 35,8 | 18,2 | 30,0 | 10,5 |
| 07:00 | 32,1 | 40,9 | 16,1 | 33,6 | 12,6 |
| 08:00 | 47,4 | 44,0 | 16,8 | 32,3 | 13,5 |
| 09:00 | 50,4 | 44,2 | 19,1 | 33,3 | 14,2 |
| 10:00 | 44,2 | 45,5 | 19,5 | 32,5 | 14,8 |
| 11:00 | 37,9 | 44,2 | 21,6 | 28,9 | 15,7 |
| 12:00 | 27,0 | 41,3 | 24,7 | 28,3 | 15,5 |
| 13:00 | 16,3 | 36,2 | 30,5 | 23,1 | 14,4 |
| 14:00 | 11,9 | 34,6 | 32,9 | 21,6 | 12,1 |
| 15:00 | 9,0 | 26,6 | 34,8 | 18,9 | 11,0 |
| 16:00 | 11,9 | 33,8 | 31,7 | 20,5 | |
| 17:00 | 19,1 | 45,5 | | 24,8 | 8,8 |
| 18:00 | 32,5 | 50,3 | 19,0 | 28,3 | 8,1 |
| 19:00 | 39,5 | 46,3 | 21,5 | 27,4 | 7,8 |
| 20:00 | 40,4 | 46,6 | 18,7 | 27,2 | 8,0 |
| 21:00 | 35,6 | 45,0 | 19,2 | 29,1 | 8,4 |
| 22:00 | 31,1 | 45,7 | 19,0 | 28,2 | 9,0 |
| 23:00 | 23,6 | 39,5 | 22,1 | 31,2 | 9,2 |
| 00:00 | 19,4 | 36,6 | 22,0 | 33,6 | 8,6 |

AÑO 2004

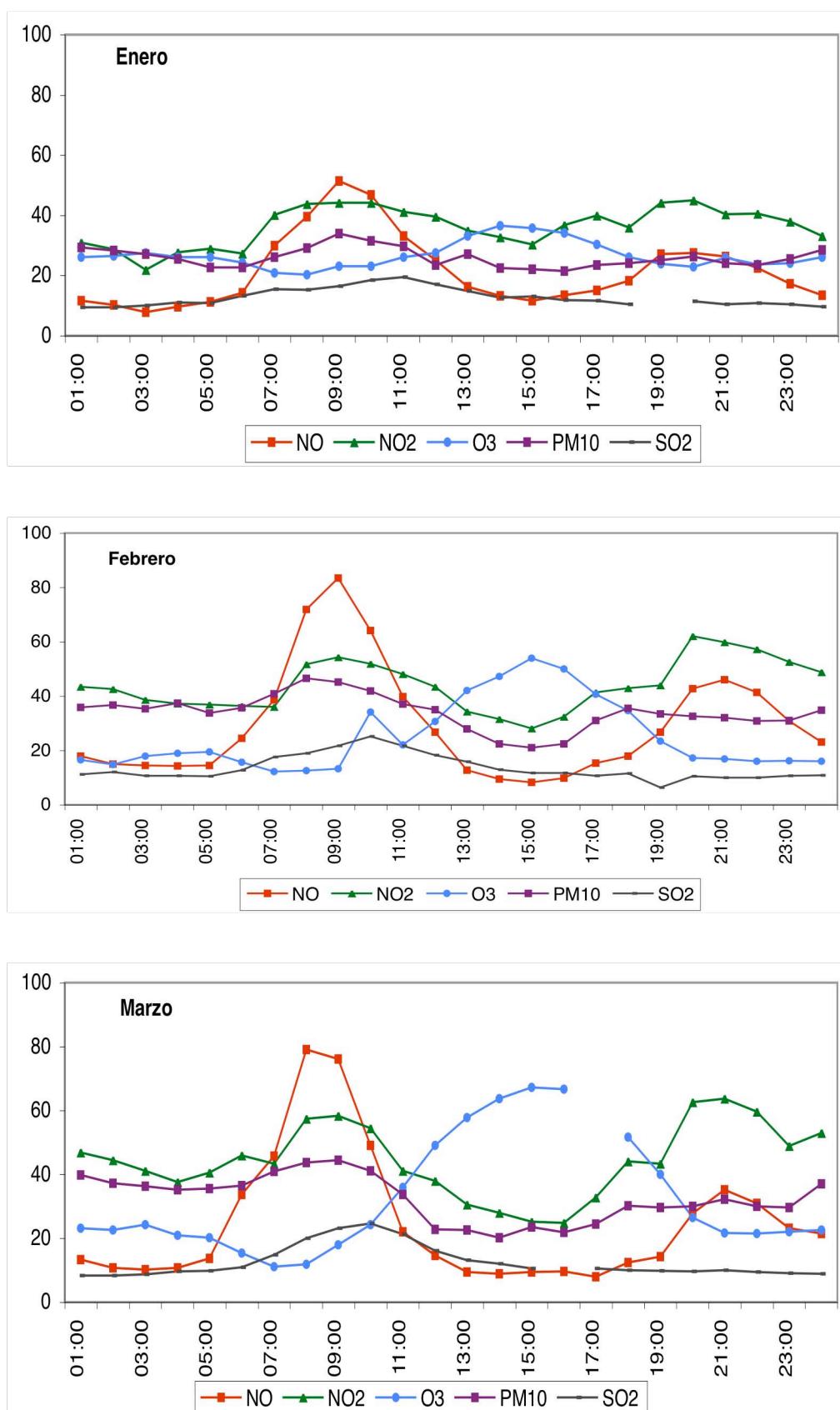


Figura V.2. Variaciones mensuales de PM10 y contaminantes gaseosos en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ medidos en la estación de Basauri durante el año 2004. Meses de Enero, Febrero y Marzo.

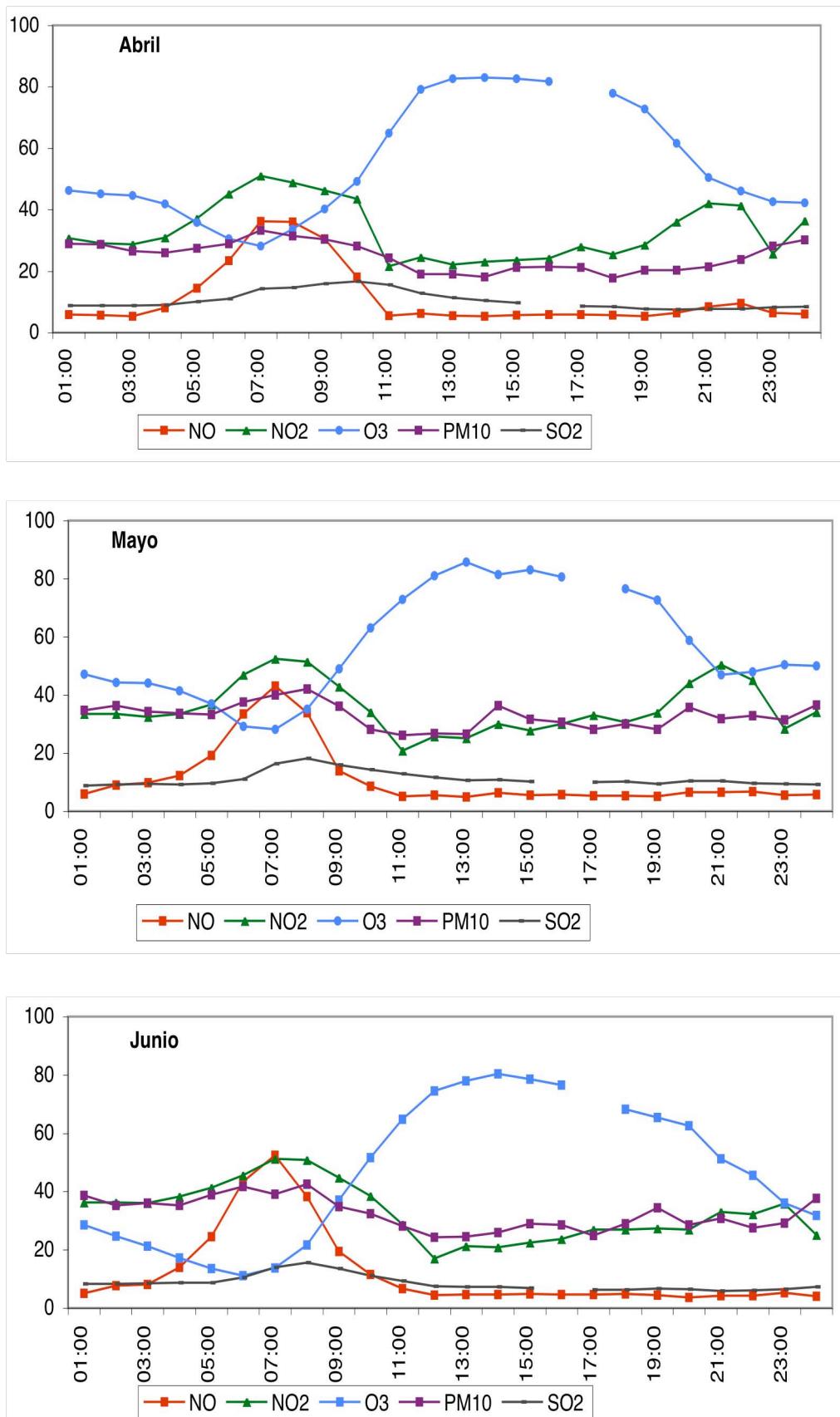


Figura V.2 (continuación). Variaciones mensuales de PM10 y contaminantes gaseosos en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ medidos en la estación de Basauri durante el año 2004. Meses de Abril, Mayo y Junio.

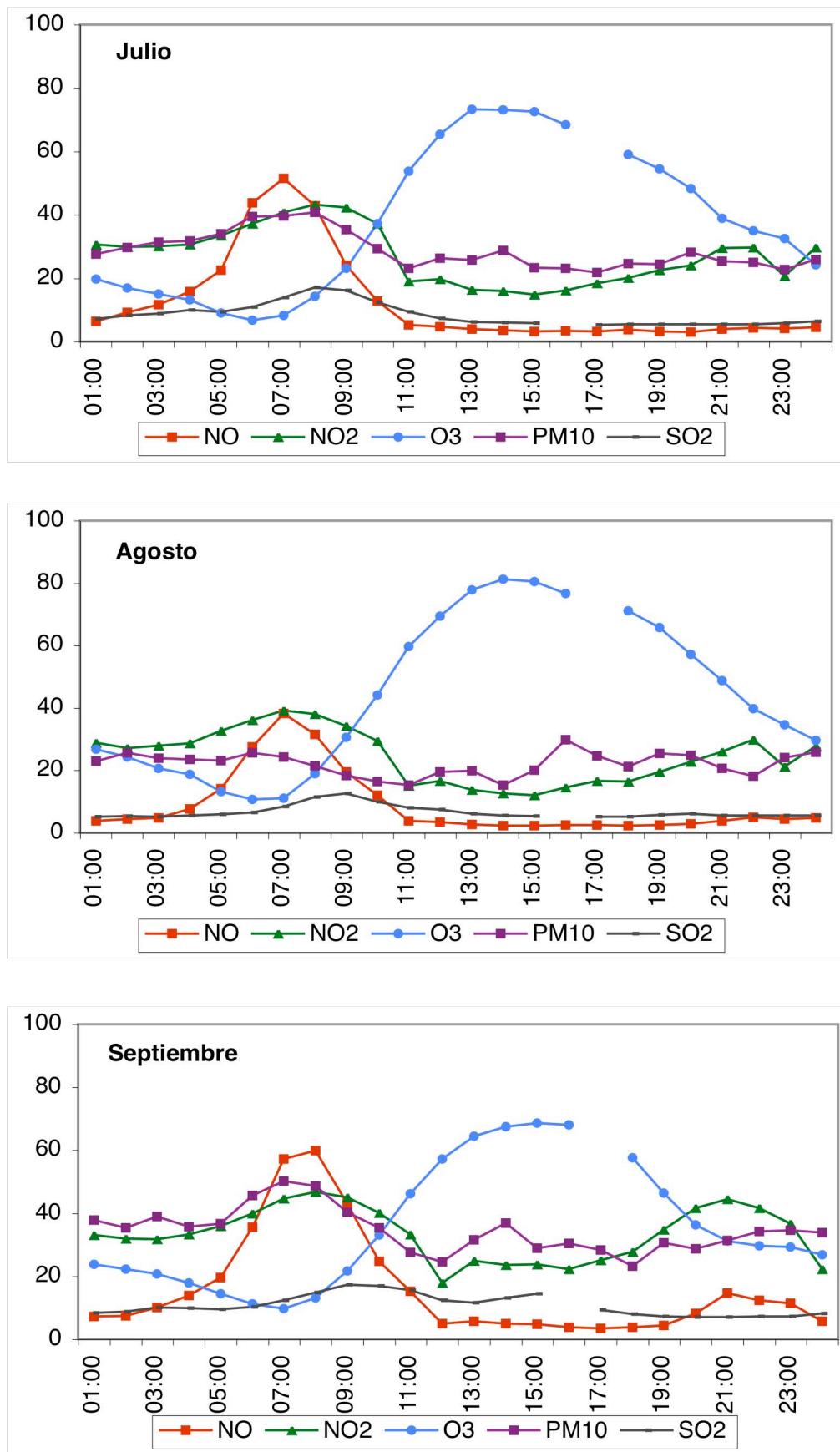


Figura V.2 (continuación). Variaciones mensuales de PM10 y contaminantes gaseosos en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ medidas en la estación de Basauri durante el año 2004. Meses de Julio, Agosto y Septiembre.

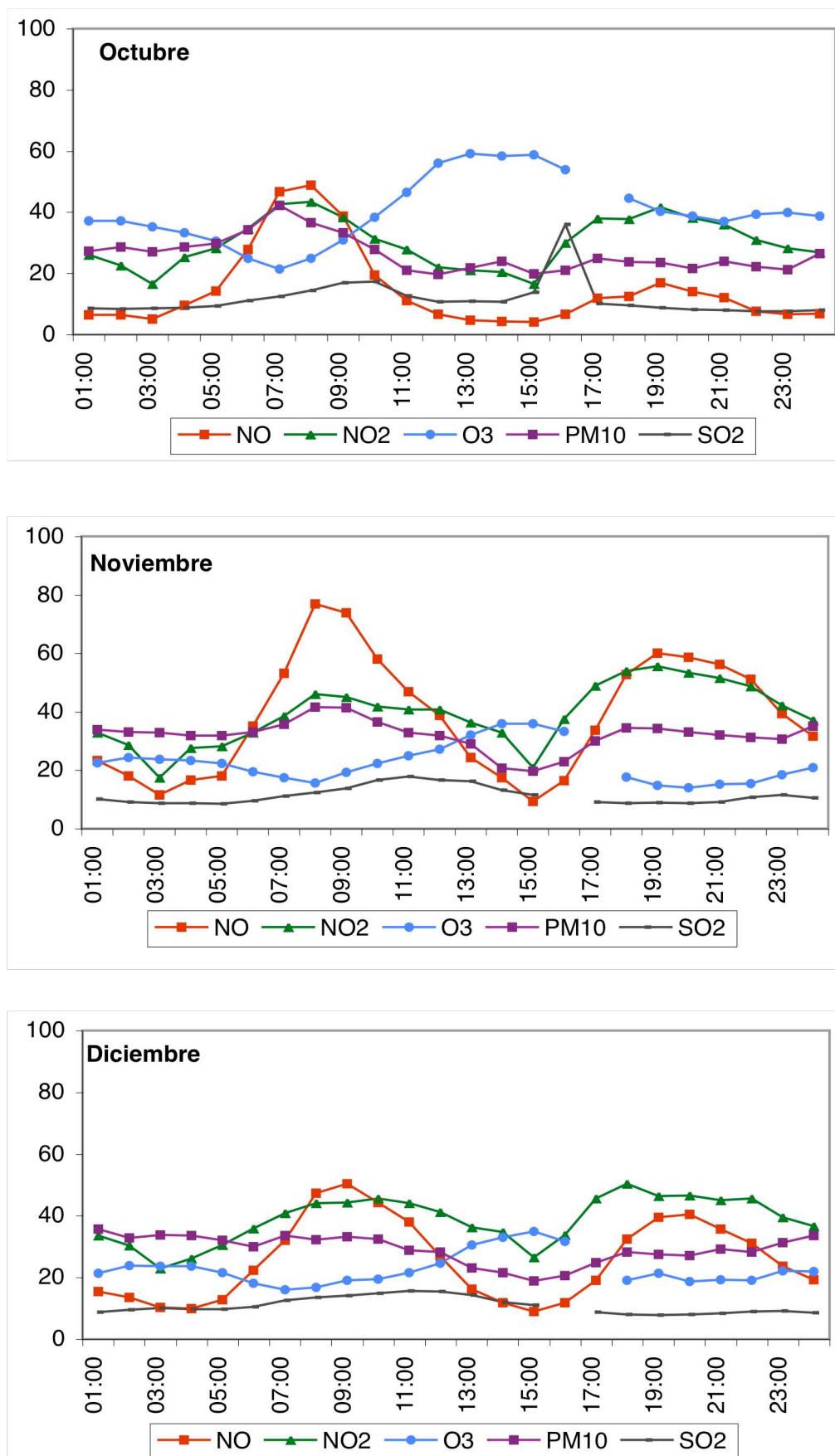


Figura V.2 (continuación). Variaciones mensuales de PM10 y contaminantes gaseosos en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ medidos en la estación de Basauri durante el año 2004. Meses de Octubre, Noviembre y Diciembre.

En cuanto al significado de los datos obtenidos, puede establecerse lo siguiente:

- **NO:** El valor promedio ha sido de $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de NO tanto para el 2003 como el 2004, con valores medios mensuales bastante variables que oscilaron entre los 37, en Noviembre de 2003, y los aproximadamente 7, registrados durante el mes de Agosto del mismo año, mientras que en el 2004 los valores oscilaron entre 38 para el mes de Noviembre y 9 durante el mes de Agosto.

Dada la rapidez del proceso de oxidación del NO a NO_2 , las diferencias entre los valores registrados deben atribuirse a diferencias en las condiciones locales y no hay diferencias en las posibles influencias de focos lejanos. Los datos expuestos en las Tablas V.4 indican un aumento substancial durante los meses más fríos, por lo que los contenidos en NO podrían estar relacionados con la combustión por calefacciones además de con el tráfico local.

- **NO_2 :** El valor promedio obtenido tanto durante el 2003 como el 2004 fue de $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con oscilaciones significativas siendo los valores máximos por encima de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ durante los meses de Febrero, Septiembre y Diciembre del 2003 y Febrero y Marzo de 2004, y los mínimos de ca. 24 y $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$ durante los meses de Julio de 2003 y Agosto de 2004 (Tablas V.4).

Los óxidos de nitrógeno se forman por oxidación del nitrógeno atmosférico durante los procesos de combustión, considerándose el tráfico y, en menor medida, las centrales térmicas e industrias, los responsables de la mayor parte de las emisiones urbanas. Se emiten mayormente en forma de NO que se oxida rápidamente a NO_2 .

En el caso presente, los valores para el NO_2 presentan oscilaciones que indican una fuente permanente de este óxido con una disminución significativa durante los meses de vacaciones (Semana Santa y Verano) y valores más altos durante el resto del año. Según esto, los menores valores registrados podrían estar relacionados con una menor influencia del tráfico o de las fuentes industriales emisoras de óxidos de nitrógeno.

- **O₃:** El O₃ presenta un valor medio de 40 µg/m³ en el 2003 y 37 µg/m³ en el 2004, correspondiendo el valor medio más alto en el año 2003 al mes de Agosto (57 µg/m³) y el más bajo al mes de Noviembre (18 µg/m³), mientras que en el 2004 el máximo fue en Mayo (57 µg/m³) y el mínimo también en Noviembre (22 µg/m³).

Los valores más bajos se registraron durante los meses de Invierno. Se trata tanto de valores como de un comportamiento normales para este contaminante, dado que es habitual que los valores anuales más altos de ozono se registren durante los meses de primavera debido al aumento de la actividad fotoquímica y al mayor intercambio de ozono entre la estratosfera y la troposfera.

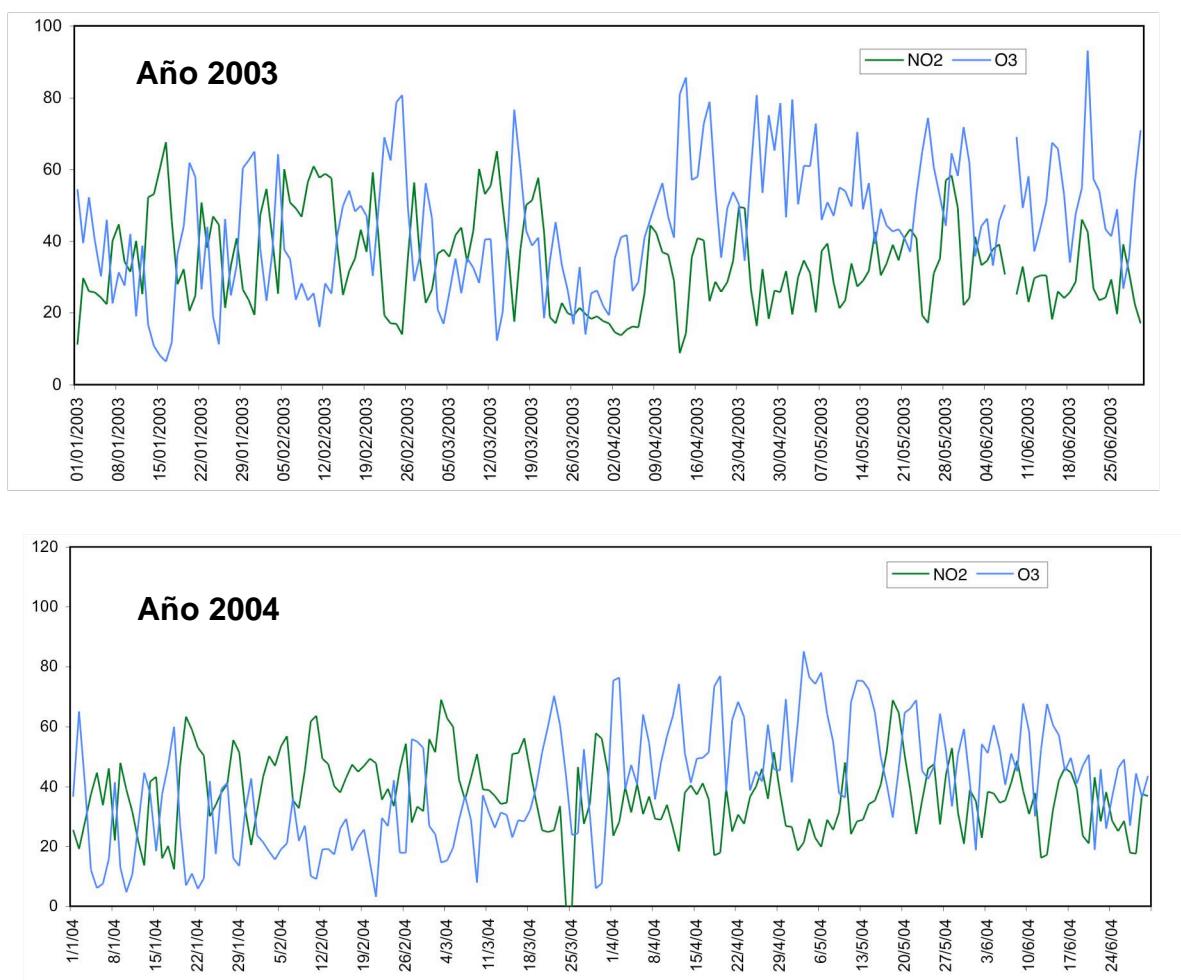


Figura V.3. Evolución mensual de los niveles medios diarios de O₃ y NO₂ medidos en la estación de Basauri durante los años 2003 (**A**) y 2004 (**B**).

Los niveles de NO₂ y O₃ presentan una tendencia estacional propia de entornos urbanos. La **Figura V.3** muestra, en particular para el año 2004 cómo durante el invierno, las mayores tasas de emisión y las menores condiciones dispersivas de la atmósfera favorecen la acumulación de contaminantes como el NO₂ en entornos urbanos. El ozono muestra una tendencia inversa ya que, además de que aumenta a escala regional en primavera y verano debido a su origen fotoquímico, los niveles más bajos de NO en verano hacen que se consuma menos O₃.

Puede apreciarse cómo, independientemente del periodo del año en el que nos encontremos, en torno a las 9 horas (hora solar) se produce un gran pico simultáneo de NO y NO₂ que correspondería al tráfico o una fuente industrial local que contamine en óxidos de nitrógeno. Además, se aprecia perfectamente que para los meses de invierno hay un segundo pico de ambos contaminantes por las tardes, en torno a las 20 horas (hora solar). Para los meses de verano el segundo pico de NO desaparece debido a que la mayor cantidad de ozono en la atmósfera favorece la rápida transformación de NO en NO₂.

La tendencia que muestran el NO y el NO₂ es inversa a la del O₃.

Los niveles de O₃ muestran los valores más altos durante los meses de verano debido a la mayor radiación. Esta pauta es similar a la observada en otras estaciones de fondo urbano en Europa o en la propia CAPV (Alonso et al., 2000, Gangoiti et al., 2002; informes sobre Abanto y Llodio).

- **PM10:** El valor promedio registrado a partir de los datos aportados por el medidor Beta instalado en la estación ha sido de 35 µg/m³ de PM10 en el 2003 y 30 µg/m³ en el 2004, con valores medios mensuales que oscilan entre los 48 µg/m³ de Marzo y 27 en Diciembre para el 2003, y los 35 µg/m³ de Septiembre y 22 en Agosto de 2004.

Ninguno de los valores mensuales superan los valores legales establecidos en la segunda fase de la Directiva 1999/30/CE.

- **SO₂:** El SO₂ presenta valores medios bajos para todo el periodo de muestreo, en torno a 14 µg/m³ para el año 2003 y 11 µg/m³ para el año 2004.

Puede apreciarse cómo los niveles tanto de PM10 como de SO₂ se mantienen bastante constantes a lo largo del día.

Variaciones diarias

En las **Tablas V.5** y **V.6** se muestra el valor medio de cada uno de los contaminantes atmosféricos para los distintos días de la semana a lo largo de diferentes periodos trimestrales de los años 2003 y 2004.

Podemos observar cómo los valores mínimos para la mayoría de los contaminantes (NO₂, NO, PM10, SO₂), tanto durante el 2003 como el 2004, corresponden a los domingos, siendo el segundo menor valor por lo general el de los sábados. El valor medio más alto no presenta una pauta bien definida.

El comportamiento del O₃ parece contrario al de los demás contaminantes, teniendo su máximo los fines de semana y su mínimo durante alguno de los días por semana, lo que podría ser debido, como ya se ha indicado, a que el ozono se consume al reaccionar con el NO del tráfico y la actividad industrial.

En las **Figuras V.4** y **V.5** se han representado, para cada uno de los días de la semana, las concentraciones medias horarias de contaminantes. Observando las Figuras, resultan muy llamativas las diferencias existentes entre los días laborables y los fines de semana, especialmente el domingo.

Así, podemos comprobar cómo, en general (nótese la diferencia durante el último trimestre) de lunes a viernes, entre las 7 y las 8 (GMT), es decir entre las 8-9 y las 9-10 hora local, se registra el máximo de NO. Aunque no tan bien definido, es frecuente la aparición de un segundo pico de NO a partir de las 19 (GMT). El NO es un contaminante primario emitido durante los procesos de combustión, que mayoritariamente se relaciona con el tráfico de vehículos y, en menor medida, con actividades industriales y calefacciones domésticas.

Por todo ello, el máximo registrado podría corresponder al inicio del tráfico y/o de la actividad industrial local. Este máximo de NO registrado por las mañanas es prácticamente inexistente los sábados y los domingos.

Esto último apoyaría la hipótesis de que el NO registrado en Basauri estaría relacionado principalmente con el tráfico ya que los vehículos pesados tienen prohibida la circulación en la Comunidad Autónoma los días festivos. En

cualquier caso, no podemos descartar la influencia de fuentes industriales en las concentraciones de NO, siempre y cuando se trate de alguna industria que no trabaje el domingo.

El NO₂ muestra una evolución muy similar a la registrada por el NO aunque generalmente con niveles más bajos; los niveles elevados puntuales de NO₂ corresponden probablemente a la ausencia de renovación de la atmósfera (masas de aire envejecidas).

Los niveles de PM10 presentan un comportamiento acorde con lo indicado para el NO, con un máximo claro por las mañanas los días laborables que se solapa con el del NO, e incluso en ocasiones un segundo pico menor por las tardes, y ausencia de picos durante los fines de semana.

El O₃ aumenta progresivamente a partir de las 11 horas (GMT) y alcanza el máximo hacia las 13 horas, reduciéndose su nivel progresivamente al atardecer. Este comportamiento, debido principalmente a la mayor radiación solar, se aprecia preferentemente durante el segundo y tercer trimestre, tanto del año 2003 como del 2004, tal como se observa en las **Figuras V.4 y V.5**. Debido al aumento de la radiación solar, comienza a formarse fotoquímicamente el O₃ el cual reacciona con el NO produciéndose una disminución paulatina de este contaminante. Como se observa en las **Figuras V.4 y V.5**, el máximo de NO coincide con el mínimo de O₃. Esta relación inversa entre NO y O₃ queda patente, además, en el hecho de que los valores más altos de O₃ se registran los fines de semana coincidiendo con los menores valores de NO.

El SO₂ se mantiene muy bajo y constante a lo largo de todo el día, evidenciando que no existen importantes fuentes de este contaminante en las inmediaciones de la zona estudiada.

Una conclusión similar en cuanto a la evolución horaria de los contaminantes puede deducirse observando las **Figuras V.1 y V.2** obtenidas previamente para los diferentes meses y que se presentan más arriba junto con las Tablas de datos.

Tabla V.5. Concentraciones medias de contaminantes en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para cada uno de los días de la semana del año 2003.

Enero - Marzo 2003

| | NO | NO ₂ | O ₃ | PM10 Beta | SO ₂ |
|------------------|----|-----------------|----------------|--------------|-----------------|
| Lunes | 23 | 35 | 39 | 33 | 11 |
| Martes | 27 | 38 | 38 | 35 | 13 |
| Miércoles | 28 | 42 | 36 | 40 | 16 |
| Jueves | 31 | 46 | 33 | 44 | 15 |
| Viernes | 36 | 38 | 32 | 45 | 14 |
| Sábado | 15 | 31 | 38 | 35 | 11 |
| Domingo | 11 | 30 | 42 | 29 | 10 |

Abril - Junio 2003

| | NO | NO ₂ | O ₃ | PM10 Beta | SO ₂ |
|------------------|----|-----------------|----------------|--------------|-----------------|
| Lunes | 9 | 27 | 58 | 29 | 13 |
| Martes | 15 | 30 | 52 | 36 | 13 |
| Miércoles | 12 | 35 | 49 | 32 | 14 |
| Jueves | 11 | 35 | 48 | 36 | 16 |
| Viernes | 12 | 34 | 52 | 41 | 15 |
| Sábado | 8 | 27 | 56 | 39 | 15 |
| Domingo | 7 | 24 | 56 | 36 | 14 |

Julio - Septiembre 2003

| | NO | NO ₂ | O ₃ | PM10 Beta | SO ₂ |
|------------------|----|-----------------|----------------|--------------|-----------------|
| Lunes | 13 | 34 | 45 | 37 | 14 |
| Martes | 10 | 33 | 45 | 34 | 12 |
| Miércoles | 18 | 38 | 43 | 41 | 15 |
| Jueves | 15 | 37 | 44 | 41 | 13 |
| Viernes | 13 | 33 | 50 | 36 | 17 |
| Sábado | 7 | 28 | 49 | 34 | 13 |
| Domingo | 5 | 25 | 53 | 30 | 11 |

Octubre - Diciembre 2003

| | NO | NO ₂ | O ₃ | PM10 Beta | SO ₂ |
|------------------|----|-----------------|----------------|--------------|-----------------|
| Lunes | 33 | 42 | 23 | 31 | 13 |
| Martes | 44 | 46 | 18 | 36 | 15 |
| Miércoles | 28 | 42 | 22 | 31 | 15 |
| Jueves | 35 | 40 | 23 | 32 | 13 |
| Viernes | 42 | 47 | 18 | 36 | 16 |
| Sábado | 19 | 32 | 24 | 31 | 12 |
| Domingo | 12 | 30 | 30 | 25 | 11 |

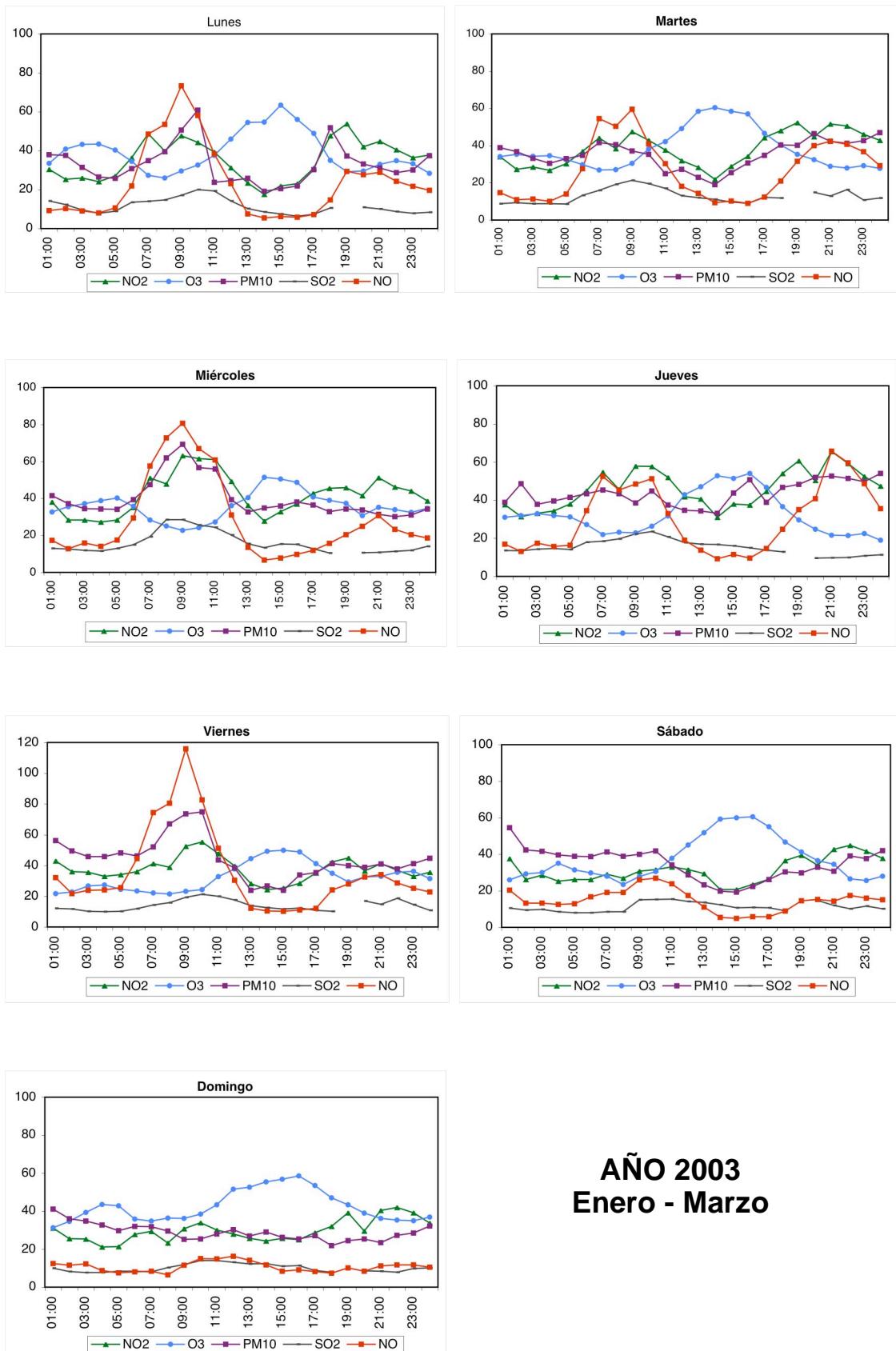


Figura V.4. *Medidas horarias de contaminantes en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para cada día de la semana a partir de los datos registrados en la estación de Basauri entre Enero y Marzo del 2003.*

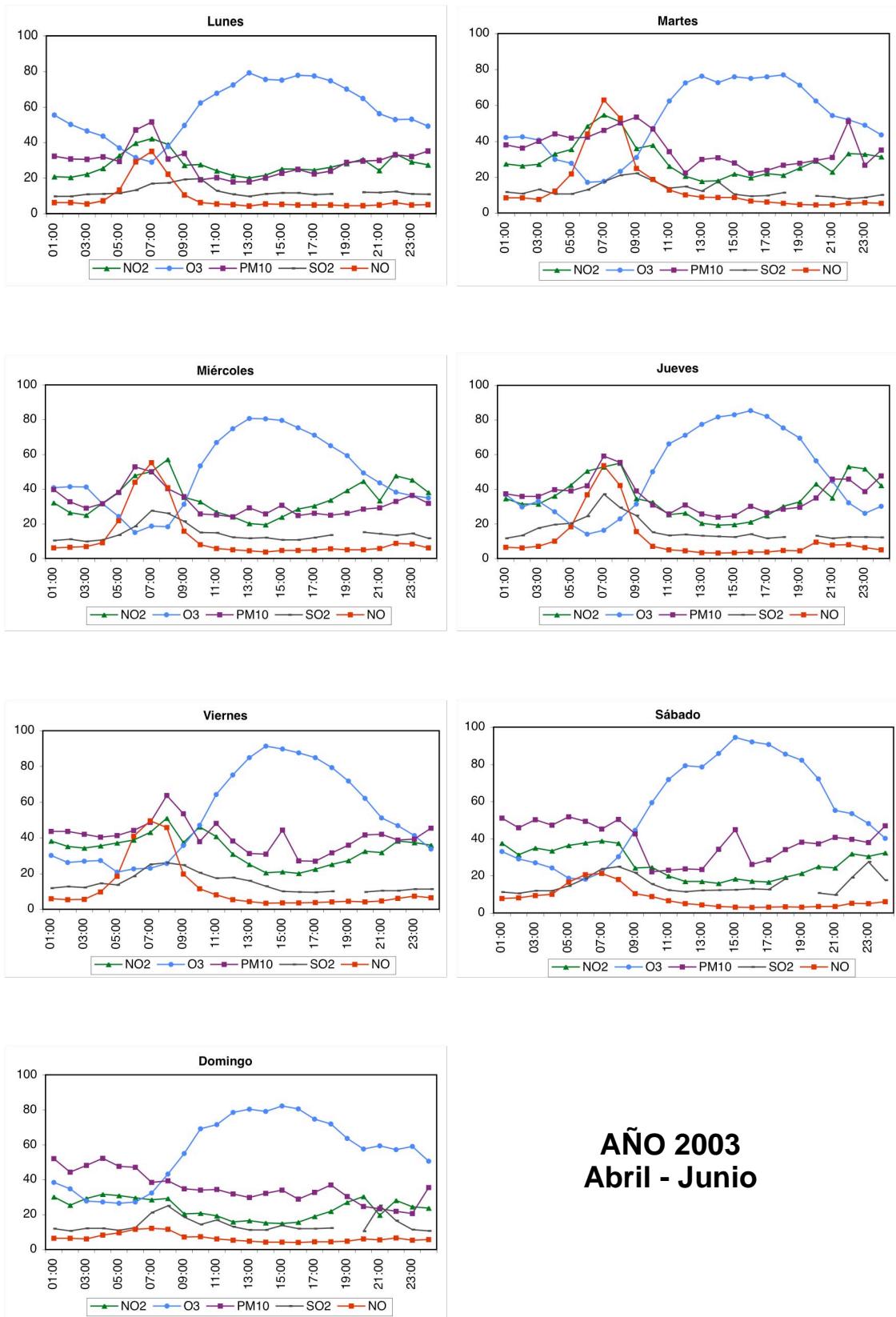
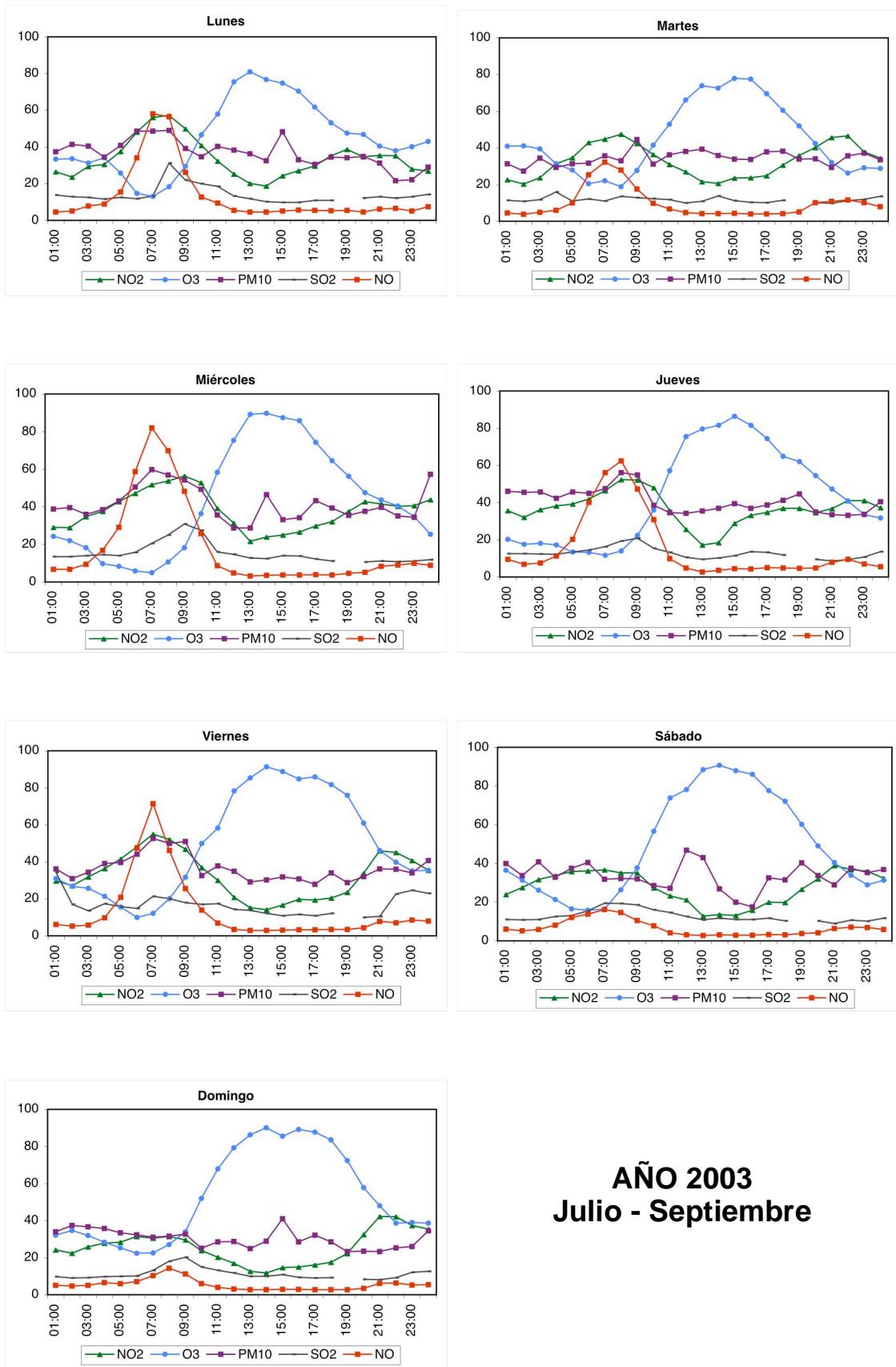
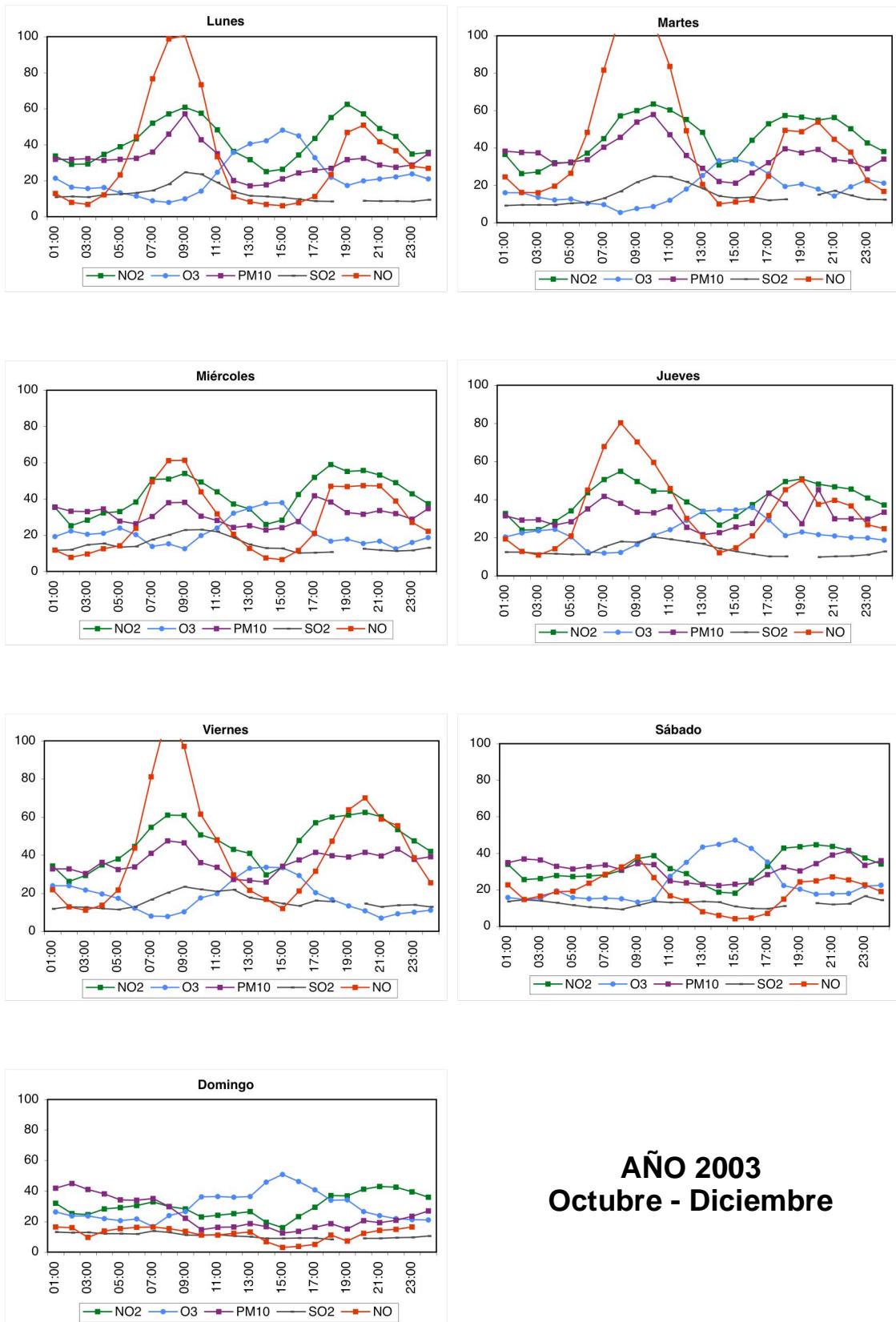


Figura V.4 (2003 continuación). *Medidas horarias de contaminantes en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para cada día de la semana a partir de los datos registrados en la estación de Basauri entre Abril y Junio del 2003.*



**AÑO 2003
Julio - Septiembre**

Figura V.4 (2003 continuación). *Medidas horarias de contaminantes en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para cada día de la semana a partir de los datos registrados en la estación de Basauri entre Julio y Septiembre del 2003.*



**AÑO 2003
Octubre - Diciembre**

Figura V.4 (2003 continuación). *Medidas horarias de contaminantes en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para cada día de la semana a partir de los datos registrados en la estación de Basauri entre Octubre y Diciembre del 2003.*

Tabla V.6. Concentraciones medias de contaminantes en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para cada uno de los días de la semana del año 2004.

Enero - Marzo 2004

| | NO | NO ₂ | O ₃ | PM10 Beta | SO ₂ |
|------------------|----|-----------------|----------------|--------------|-----------------|
| Lunes | 36 | 43 | 27 | 31 | 13 |
| Martes | 38 | 46 | 25 | 34 | 20 |
| Miércoles | 30 | 49 | 23 | 35 | 16 |
| Jueves | 28 | 45 | 24 | 34 | 15 |
| Viernes | 22 | 41 | 29 | 28 | 13 |
| Sábado | 14 | 33 | 35 | 27 | 10 |
| Domingo | 10 | 32 | 32 | 25 | 10 |

Abril - Junio 2004

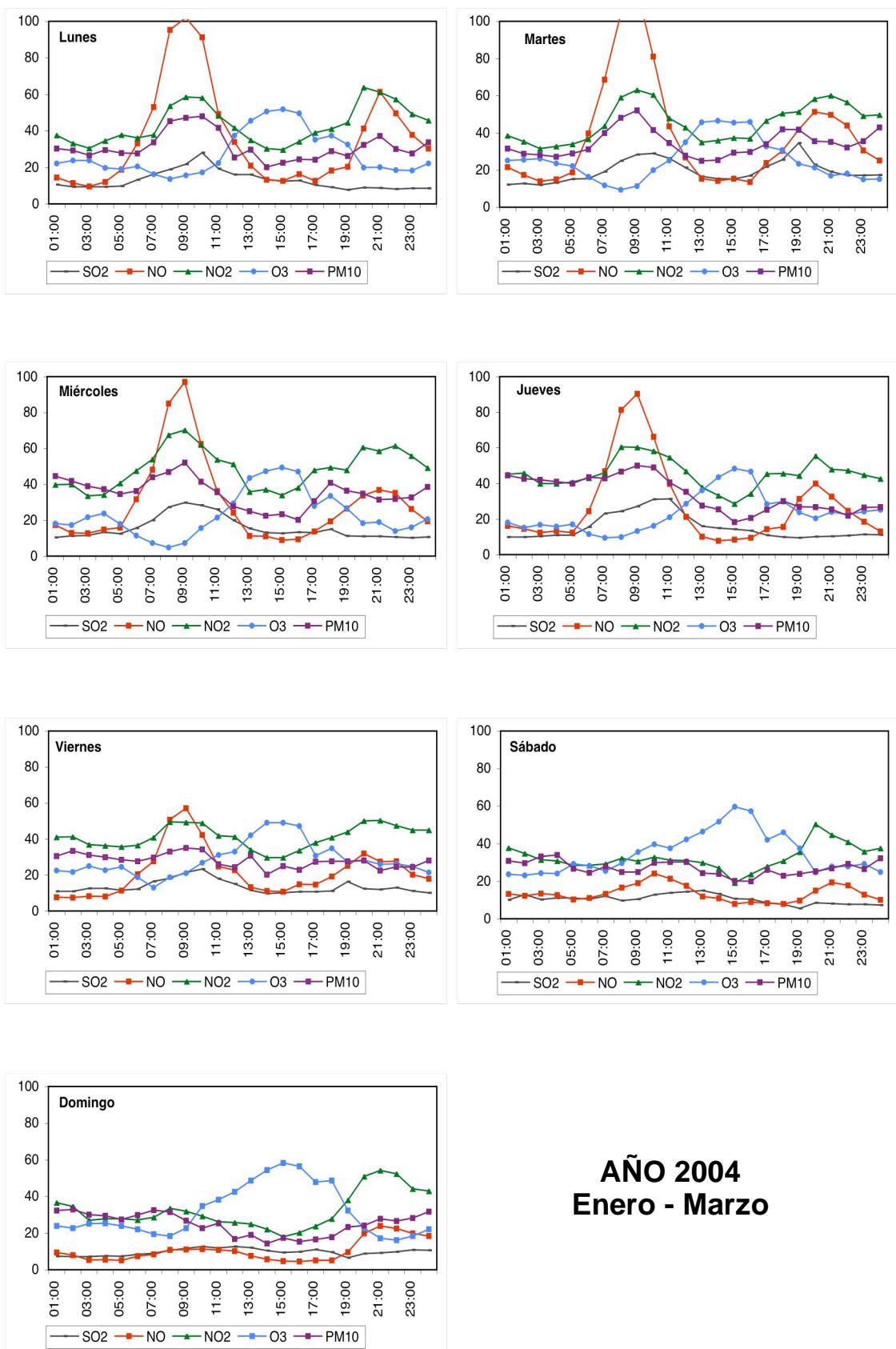
| | NO | NO ₂ | O ₃ | PM10 Beta | SO ₂ |
|------------------|----|-----------------|----------------|--------------|-----------------|
| Lunes | 15 | 36 | 51 | 32 | 12 |
| Martes | 17 | 39 | 49 | 36 | 11 |
| Miércoles | 10 | 37 | 54 | 32 | 9 |
| Jueves | 11 | 34 | 57 | 31 | 10 |
| Viernes | 13 | 34 | 55 | 31 | 9 |
| Sábado | 7 | 30 | 51 | 24 | 9 |
| Domingo | 7 | 27 | 51 | 24 | 9 |

Julio - Septiembre 2004

| | NO | NO ₂ | O ₃ | PM10 Beta | SO ₂ |
|------------------|----|-----------------|----------------|--------------|-----------------|
| Lunes | 14 | 31 | 34 | 29 | 9 |
| Martes | 15 | 30 | 34 | 25 | 8 |
| Miércoles | 13 | 28 | 41 | 29 | 9 |
| Jueves | 15 | 31 | 37 | 30 | 9 |
| Viernes | 15 | 31 | 38 | 30 | 10 |
| Sábado | 8 | 25 | 43 | 30 | 8 |
| Domingo | 6 | 23 | 46 | 25 | 7 |

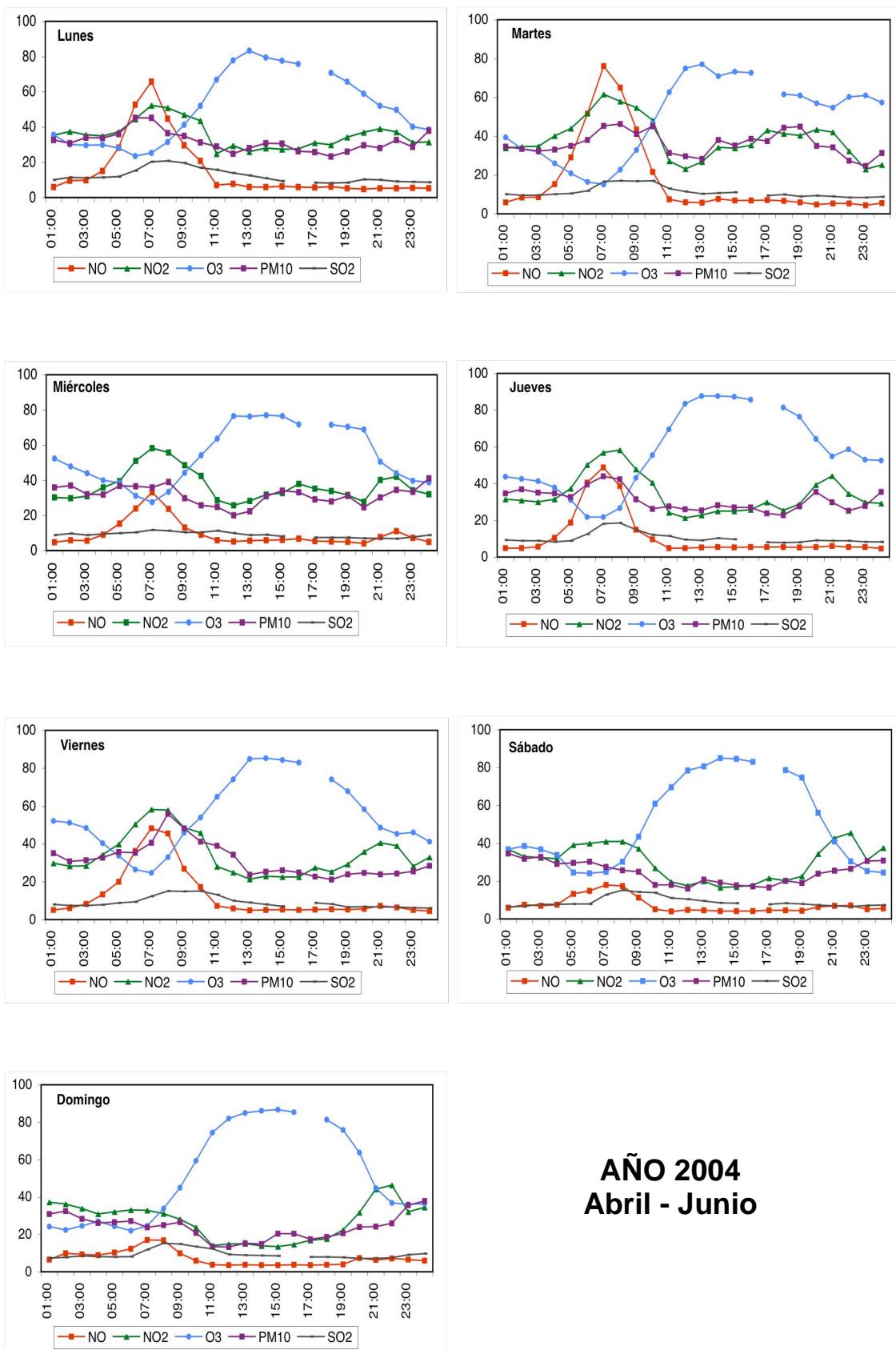
Octubre - Diciembre 2004

| | NO | NO ₂ | O ₃ | PM10 Beta | SO ₂ |
|------------------|----|-----------------|----------------|--------------|-----------------|
| Lunes | 32 | 42 | 26 | 32 | 13 |
| Martes | 30 | 41 | 24 | 31 | 11 |
| Miércoles | 23 | 34 | 32 | 28 | 11 |
| Jueves | 35 | 42 | 23 | 34 | 13 |
| Viernes | 38 | 39 | 24 | 32 | 11 |
| Sábado | 14 | 29 | 34 | 23 | 9 |
| Domingo | 10 | 24 | 37 | 24 | 10 |



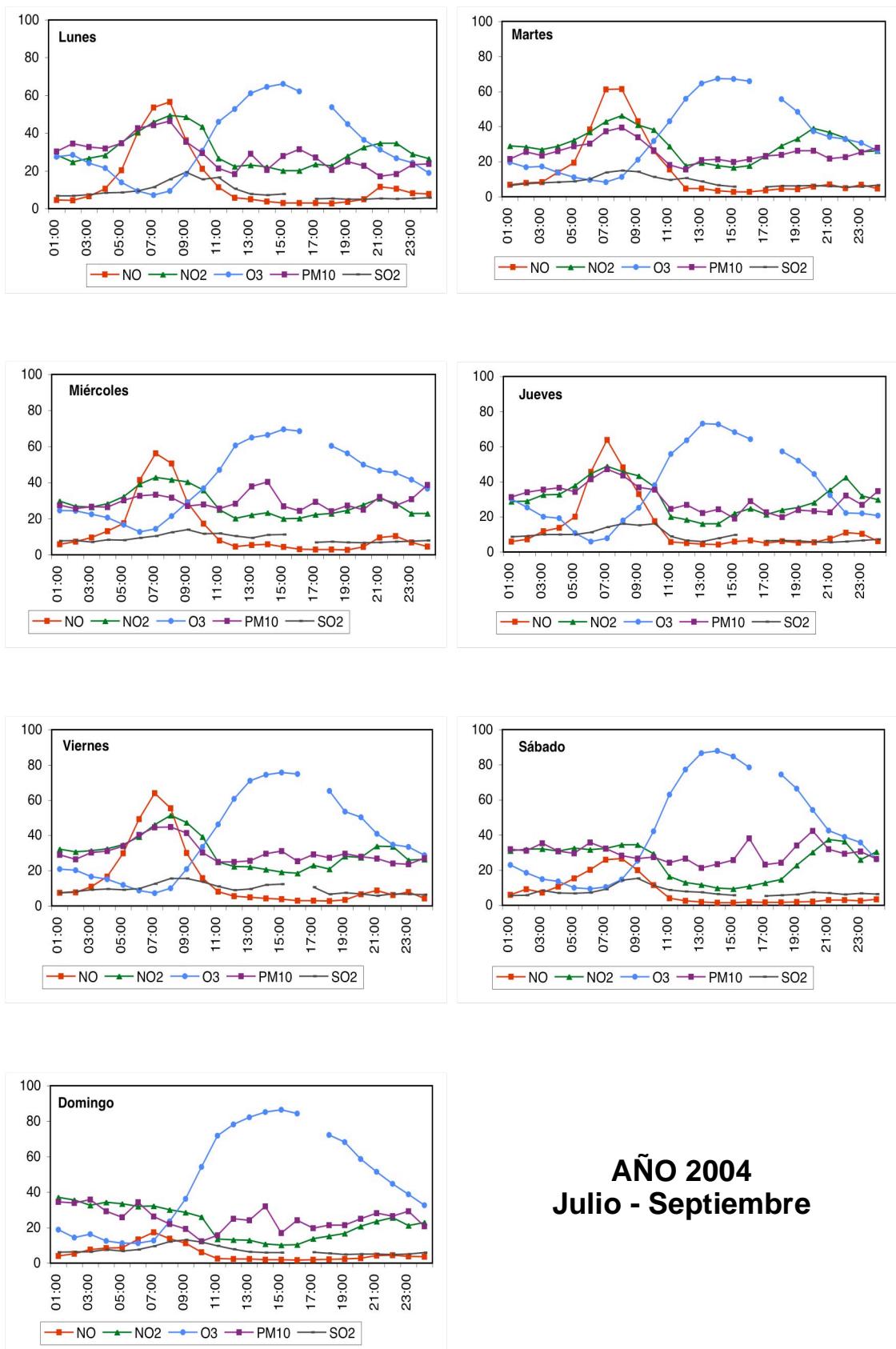
**AÑO 2004
Enero - Marzo**

Figura V.5. Medidas horarias de contaminantes en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para cada día de la semana a partir de los datos registrados en la estación de Basauri entre Enero y Marzo del 2004.



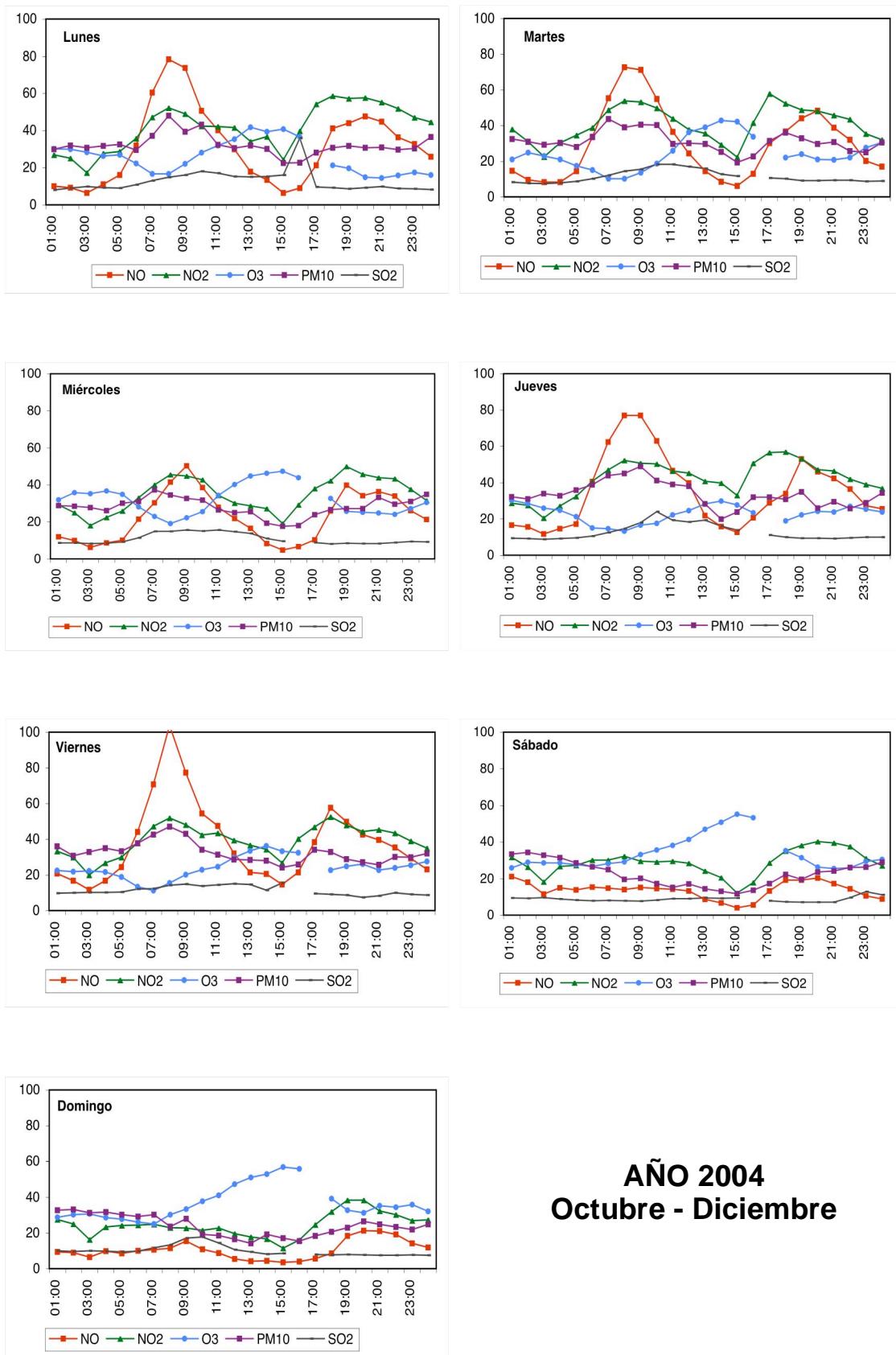
AÑO 2004
Abril - Junio

Figura V.5 (2004 continuación). Medidas horarias de contaminantes en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para cada día de la semana a partir de los datos registrados en la estación de Basauri entre Abril y Junio del 2004.



**AÑO 2004
Julio - Septiembre**

Figura V.5 (2004 continuación). *Medidas horarias de contaminantes en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para cada día de la semana a partir de los datos registrados en la estación de Basauri entre Julio y Septiembre del 2004.*



AÑO 2004
Octubre - Diciembre

Figura V.5 (2004 continuación). Medidas horarias de contaminantes en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para cada día de la semana a partir de los datos registrados en la estación de Basauri entre Octubre y Diciembre del 2004.

V.e. Relaciones entre la concentración de partículas, gases contaminantes y variables meteorológicas

Utilizando los datos disponibles para la estación de Basauri suministrados por el Departamento de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente del Gobierno Vasco, se ha llevado a cabo un estudio de la correlación entre los valores diarios para los distintos contaminantes gaseosos, excepto el SO₂ por los bajos niveles de este contaminante, PM10 (Beta) y los parámetros velocidad y dirección del viento medidos durante los meses de Junio de 2003 a Junio de 2004. Los resultados del estudio de correlación se sintetizan en la **Tabla V.7**.

Tabla V.7. Coeficientes de correlación para las concentraciones de contaminantes y datos de dirección y velocidad del viento de la estación de Basauri entre Junio 2003 y Junio 2004.

| | NO | NO₂ | O₃ | PM10 | Dir. Viento | Vel. Viento |
|-----------------------|---------------|-----------------------|----------------------|-------------|--------------------|--------------------|
| NO | 1 | | | | | |
| NO₂ | 0,677 | 1 | | | | |
| O₃ | -0,602 | -0,518 | 1 | | | |
| PM10 | 0,467 | 0,534 | -0,126 | 1 | | |
| Dir. Viento | -0,348 | -0,257 | 0,440 | -0,150 | 1 | |
| Vel. Viento | -0,339 | -0,377 | 0,484 | -0,161 | 0,471 | 1 |

Las correlaciones más altas se indican en negrita y corresponden a los valores para los óxidos de NO₂, NO y O₃. El NO₂ presenta valores de correlación positivos y altos con el NO, su precursor. Debido a que este último contaminante se relaciona principalmente con el tráfico, es de suponer que parte del NO₂ también tenga un origen antropogénico local. El O₃ presenta valores de correlación negativos tanto con el NO₂ como con el NO. El PM10 presenta una correlación moderada con los óxidos de nitrógeno lo que indica que parte del PM10 registrado en Basauri puede tener un origen antropogénico local (tráfico), mientras que el resto tendrá un origen o bien natural o antropogénico local pero de tipo industrial.

La correlación con la dirección y velocidad del viento no parece significativa en ningún caso.

V.f. Rosas de los vientos

A fin de evaluar mejor la situación e incidencia de las posibles fuentes de contaminantes con respecto a la localización de la estación de control se han realizado diagramas del tipo ‘rosas de los vientos’. En estos diagramas se representa la concentración del contaminante con respecto a la dirección del viento para un periodo determinado.

Se han realizado diagramas por días, meses y estaciones para todos los contaminantes de los que se dispone de datos: NO, NO₂, PM10, O₃ y SO₂.

En las **Figuras V.6 y V.7** se presentan los resultados para NO y PM10 dado que son los únicos contaminantes, junto con el NO₂, estrechamente relacionado con el NO, que muestran una relación clara con la dirección del viento. Los demás contaminantes, además de presentar concentraciones bajas como ya se ha indicado, no muestran ninguna relación de aporte preferente lo que indica un origen preferentemente local.

En las **Figuras V.6 y V.7** se presentan los resultados para las diferentes estaciones del año a lo largo del periodo de muestreo. 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.

Las **Figuras V.6 y V.7** permiten hacer una serie de consideraciones:

- En primer lugar, que las concentraciones elevadas de partículas y NO se orientan paralelamente a la dirección del Valle Nervión-Ibaizabal. Este flujo de contaminantes marcado por la orografía es característico del País Vasco (ej., Llodio, Viana et al., 2003).
- En segundo lugar que, 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.

Significado de las rosas para el NO

Como puede observarse en la **Figura V.6**, 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, y teniendo en cuenta que en dicha dirección, valle del río Ibaizabal hacia Galdako-Amorebieta, existe además una convergencia de dichas vías, 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.

Significado de las rosas para el PM10

En cuanto a las rosas para la procedencia del PM10 (**Figura V.7**), se observa que los niveles son más constantes a lo largo de las estaciones y que, a diferencia del NO, no existe una sola dirección de los aportes, sino que existen dos direcciones preferentes de procedencia del PM10:

- Una dirección aproximadamente N140 coincidente con la señalada para los aportes del NO y que, por lo tanto, debe estar relacionada con el tráfico a lo largo de las rutas A-8 y N-634.
- La otra dirección, 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 con respecto a la ubicación de la estación, 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 Sideror y Arcelor-Laminados Velasco, respectivamente, respecto a la posición de la estación de muestreo.

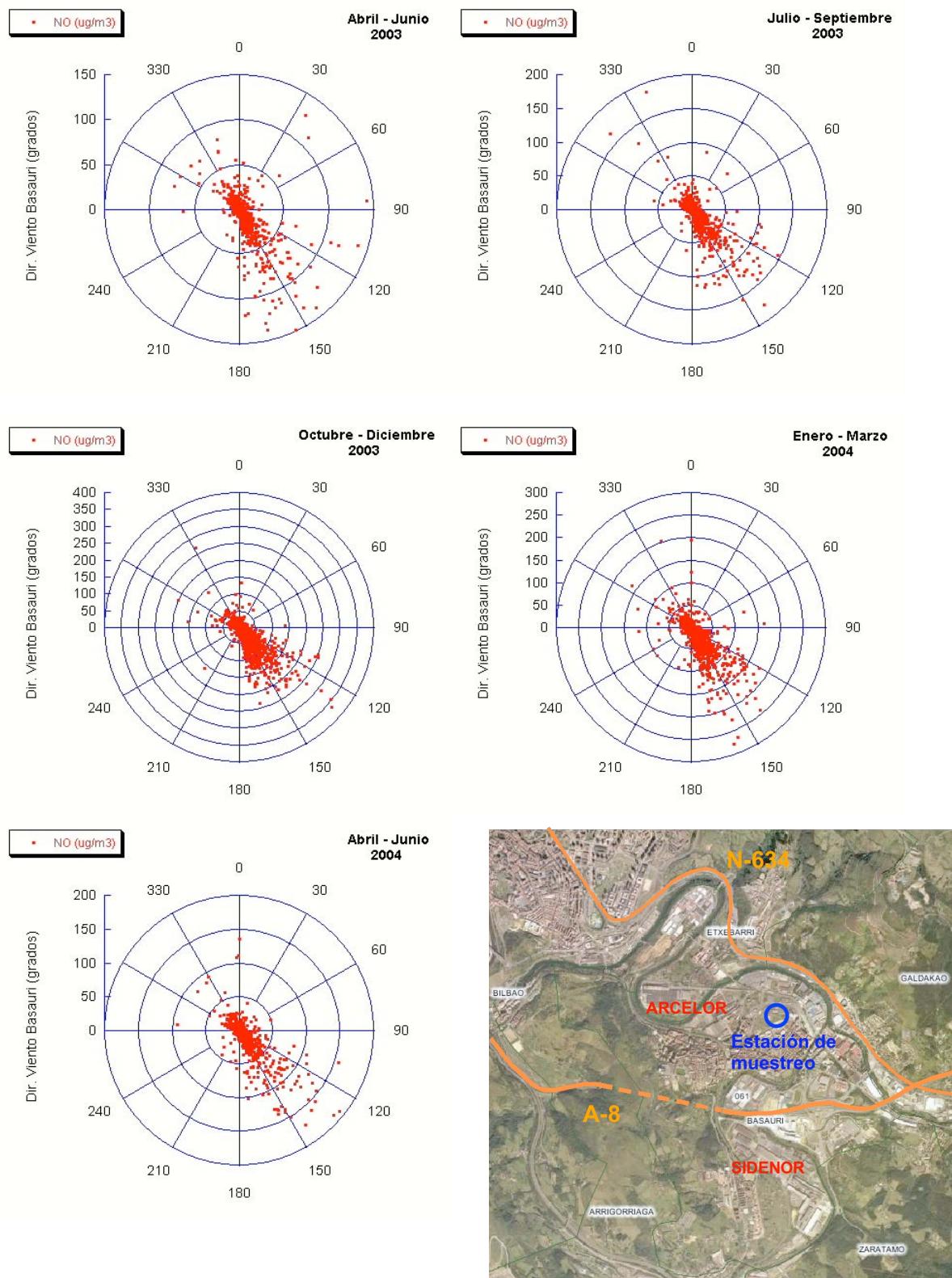


Figura V.6. Rosas de los vientos para el NO en función de la dirección del viento a lo largo de las diferentes estaciones entre Junio de 2003 y Junio de 2004. Parte inferior derecha: foto aérea mostrando la posición de la estación de muestreo en relación con las principales industrias siderúrgicas y vías de tráfico en el sector estudiado. Norte: parte superior de los gráficos y la foto aérea.

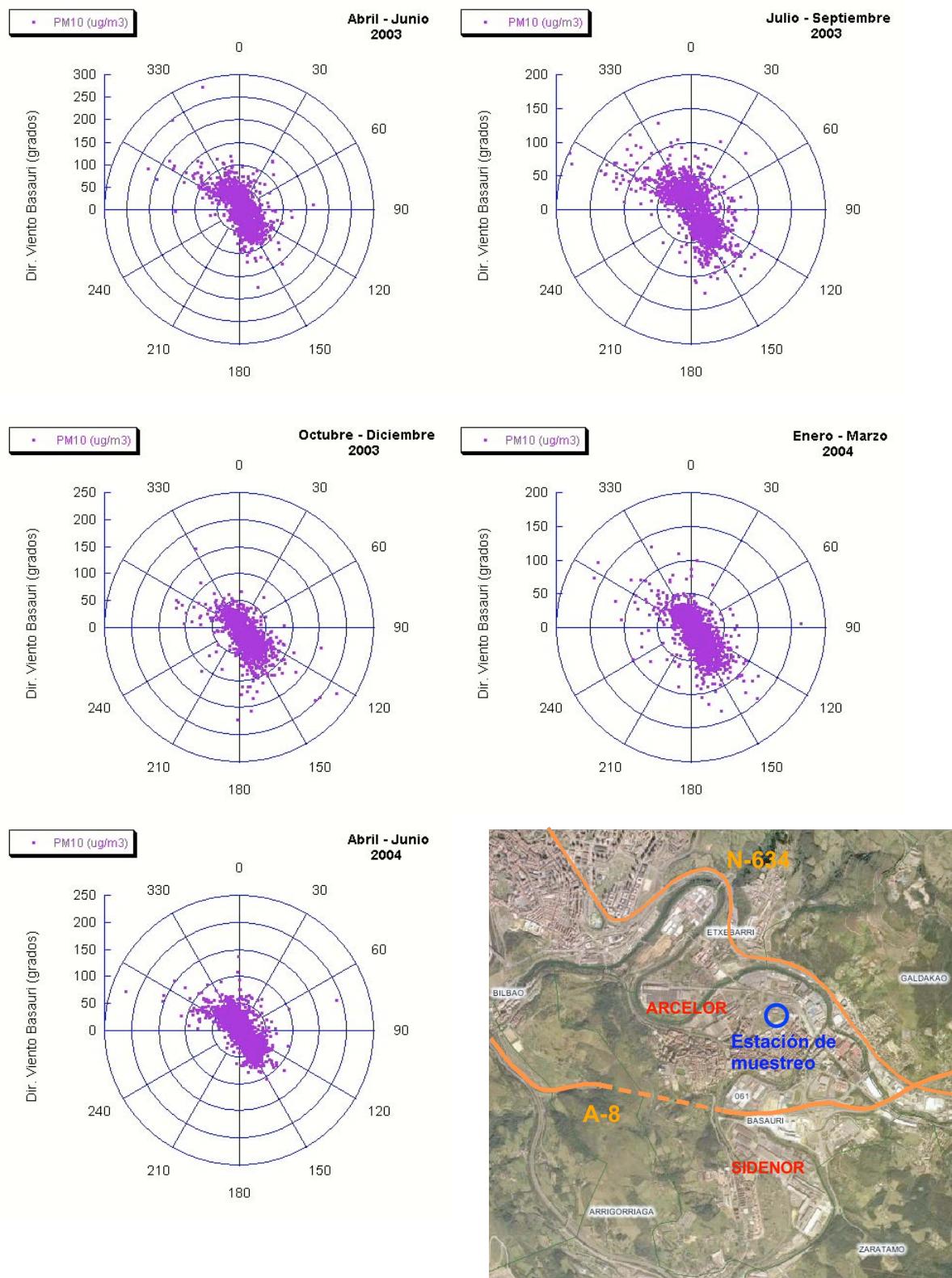


Figura V.7. Rosas de los vientos para el PM10 en función de la dirección del viento a lo largo de las diferentes estaciones entre Junio de 2003 y Junio de 2004. Parte inferior derecha: foto aérea mostrando la posición de la estación de muestreo en relación con las principales industrias siderúrgicas y vías de tráfico en el sector estudiado. Norte: parte superior de los gráficos y la foto aérea.

V.g. Estudio de retrotrayectorias y su significado

La **Tabla V.8** muestra la frecuencia anual y niveles medios de PM10 registrados para los diferentes escenarios de transporte atmosférico distinguibles. AN, ANW, AW, ASW: advección del Atlántico N, NW, W y SW, respectivamente; NAF: advección africana; MED, transporte desde la cuenca mediterránea, EU: transporte desde Europa central (**Figura V.8**). Mientras que la **Figura V.9** muestra los porcentajes de los escenarios definidos para el País Vasco tras agrupar los diferentes escenarios.

Tabla V.8. *Frecuencia anual y niveles medios de PM10 registrados para los diferentes escenarios de transporte atmosférico distinguibles. AN, ANW, AW, ASW: advección del Atlántico N, NW, W y SW, respectivamente; NAF: advección africana; MED, transporte desde la cuenca mediterránea, EU: transporte desde Europa central.*

| | AN | ANW | AW | ASW | NAF | MED | EU |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Frecuencia | 11 | 20 | 29 | 12 | 8 | 8 | 13 |
| PM10 | 33,3 | 34,6 | 34,3 | 39,6 | 52,2 | 54,3 | 47,5 |

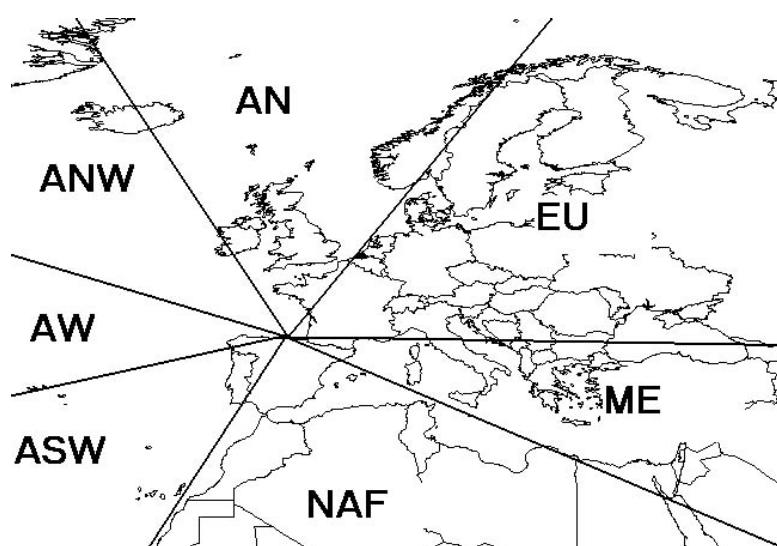


Figura V.8. *Sectores de origen de retro-trayectorias distinguidos en la interpretación de las series temporales.*

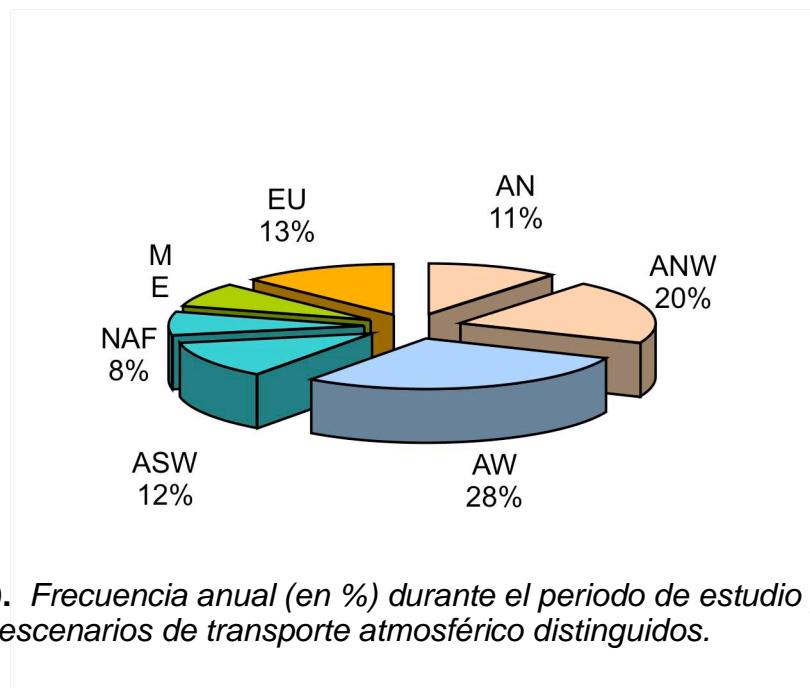


Figura V.9. Frecuencia anual (en %) durante el periodo de estudio para los diferentes escenarios de transporte atmosférico distinguídos.

La mayor frecuencia correspondió a episodios de advección atlántica que llegaron a representar un 70 % de los días. Los escenarios europeos y norteafricanos representan el 13 y 8 % de los días, respectivamente, mientras que también un 8 % correspondió a transporte desde la cuenca mediterránea. Estos porcentajes son muy similares a los obtenidos para el periodo 1996-2000 y para el año 2001 con frecuencias que oscilaban entre 74-76 % AT, 7-8 % NAF, 11-15 % EU y 4-5 % ME (Viana et al., 2003).

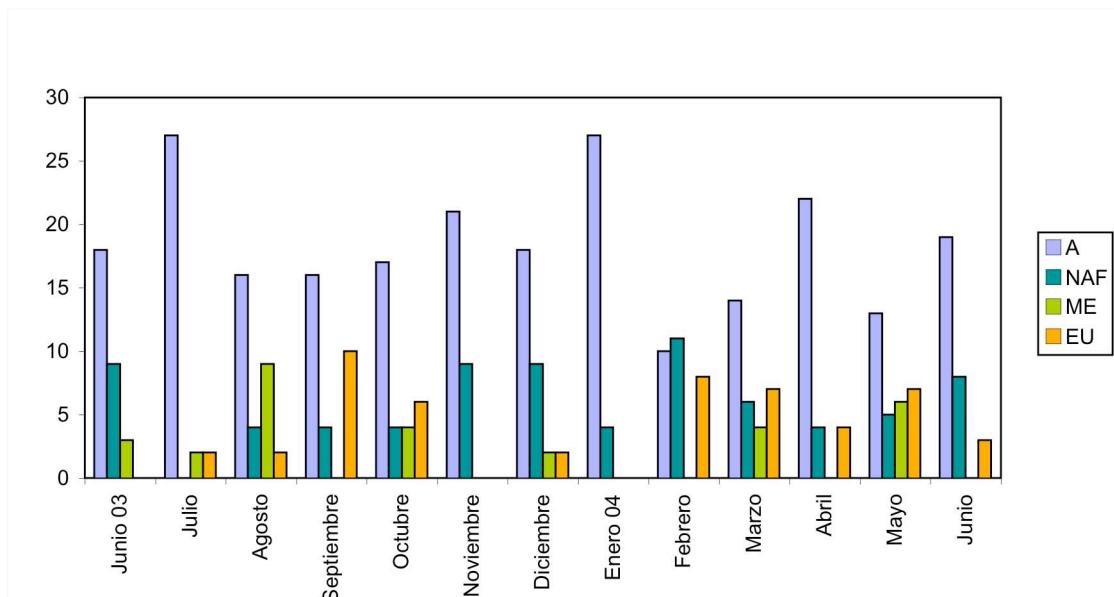


Figura V.10. Abajo: Variación mensual de la frecuencia (número de días) para los escenarios distinguídos: A: advección atlántica, NAF: advección africana; ME, transporte desde la cuenca mediterránea, EU: transporte desde Europa central.

La variación estacional para el periodo de estudio muestra pautas diferentes en función del escenario de transporte (**Figura V.10**). Así, la advección atlántica se mantuvo aproximadamente constante a lo largo de todo el periodo de estudio, con los valores más bajos en Febrero, Marzo y Mayo de 2004. Los escenarios de transporte europeo se concentraron en los meses de Septiembre-Octubre de 2003 y Febrero a Mayo de 2004. Los episodios africanos presentan varios máximos correspondientes a meses en que clásicamente se producen las intrusiones africanas sobre la Península Ibérica.

La **Figura V.11** muestra los niveles medios de partículas registrados en la estación de Basauri en función del origen de las retrotrayectorias. Puede apreciarse cómo los niveles más altos son los que se registran bajo escenarios de transporte europeos, norteafricanos y mediterráneos con niveles medios de PM10 por encima de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Los niveles más bajos corresponden a situaciones de influencia noratlántica o atlántica occidental, que representan el 11 y el 28 %, respectivamente.

La situación atmosférica más habitual para que se produzca la llegada de masas de aire centroeuropeo es que el País Vasco se encuentre bajo la influencia de un anticiclón de estancamiento. Estas situaciones de estabilidad impiden además la dispersión de los contaminantes, por lo que estos episodios europeos suelen ir también asociados a situaciones de contaminación local.

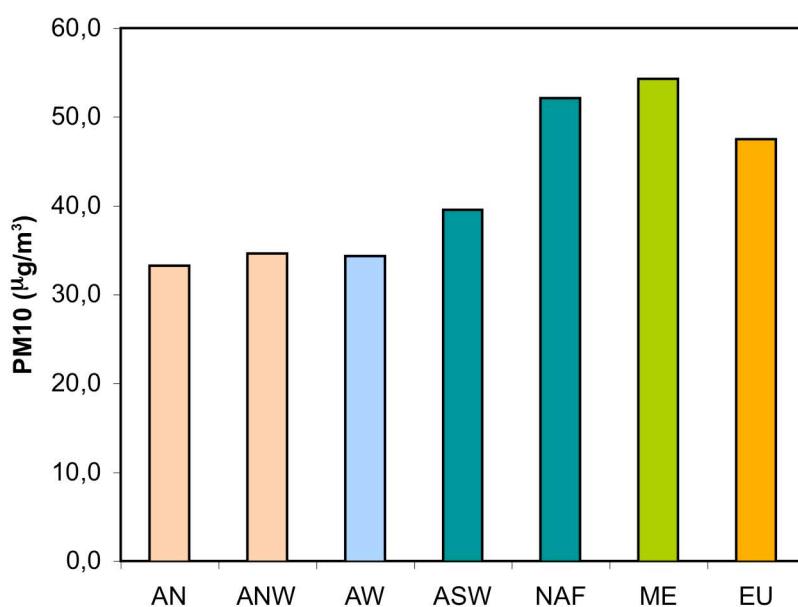


Figura V.11. Niveles medios de PM10 para el periodo de estudio en función de los escenarios de transporte atmosférico distinguidos. AN, ANW, AW, ASW: advección del Atlántico Norte, Noroeste, Oeste y Suroeste, respectivamente; NAF: advección africana; ME, transporte desde la cuenca mediterránea, EU: transporte desde Europa central.

V.h. Interpretación de series mensuales – tipos de eventos

Junio 2003

Durante el mes de Junio se superaron en 14 ocasiones (no hay datos para los días 7, 8 y 9 de Junio) los $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM10 (valor máximo de PM10 permitido por la normativa vigente). La **Figura V.12** muestra la evolución horaria para cada día del mes de las partículas de PM10 en el aire y los gases inorgánicos NO, NO₂ y SO₂.

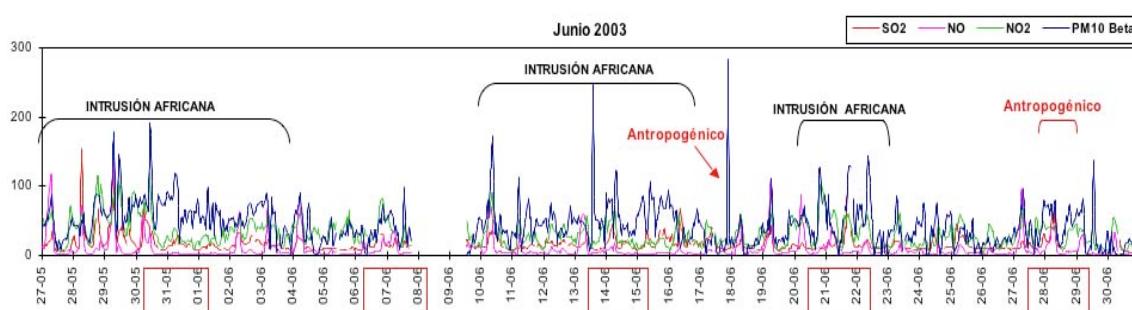


Figura V.12. Valores horarios de PM10 y otros contaminantes para el mes de Junio en Basauri. Se indican los eventos de tipo antropogénico y africano y los fines de semana (enmarcados).

Durante los tres primeros días del mes se superaron los límites permitidos por la normativa europea. La superación alcanzó valores máximos de partículas durante los últimos días del mes de Mayo. Las retrotrayectorias calculadas indican una procedencia externa de las partículas apuntando hacia el sur del Atlántico. Tanto los gráficos del NAAPS como las predicciones del ICoD reflejan la existencia de un evento intrusivo de material particulado desde el norte de África. Debido a la existencia de gran cantidad de nubosidad no ha podido observarse el mismo fenómeno en las fotos del SeaWIFS.

La siguiente superación del valor permitido por la normativa se produjo a partir del día 10 hasta el día 16 de Junio. Las retrotrayectorias, especialmente a partir del día 11, indican la procedencia de material desde el norte de África. En la fotografía del SeaWIFS (**Figura V.13**) puede observarse, a pesar de la presencia de nubosidad, la existencia de gran cantidad de partículas en el norte de la Península Iberica. También el NAAPS y el ICoD apuntan a la existencia de una intrusión africana.

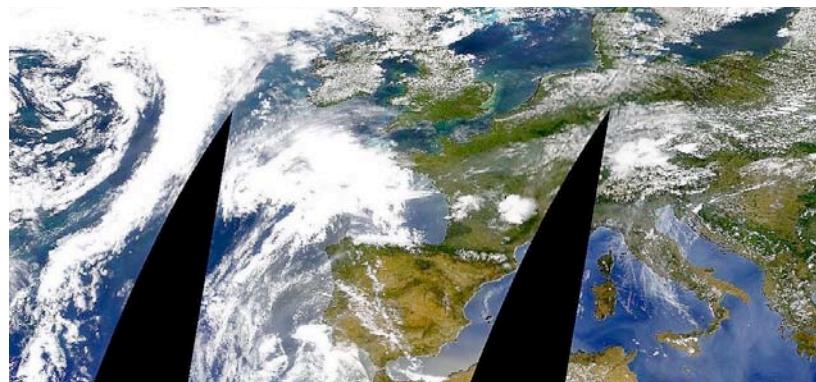


Figura V.13. Fotografías del SeaWiFS correspondiente al 13 de Junio.

El día 20 de Junio volvió a registrarse en Basauri una superación del límite de PM10 permitido por la legislación. En esta ocasión la superación coincidió con un fin de semana y duró hasta el día 22. Las retrotrayectorias para estos días apuntan hacia la existencia de un periodo de advección atlántica que, en principio, no justificaría la presencia de material particulado por causas atmosféricas. Sin embargo, existen evidencias de la existencia de material particulado externo situado en el Atlántico pero procedente del norte de África, como por ejemplo los gráficos del NAAPS. También las fotografías del SeaWiFS (**Figura V.14**) reflejan la existencia de material particulado, si bien su interpretación no es tan clara debido a la existencia de nubosidad.



Figura V.14. Fotografías del SeaWiFS correspondiente al día 21 de Junio.

El día 28 de Junio también se produjo una superación del límite permitido. Esta superación, también coincidiendo con un fin de semana, tuvo un carácter puntual. Las retrotrayectorias establecidas indican la existencia de un periodo de advección atlántica. Ni los gráficos del NAAPS ni las fotografías del SeaWiFS (**Figura V.15**) justifican mediante un evento natural la existencia de gran cantidad de partículas. Por lo tanto, la superación observada durante este día parece no tener un origen natural, si bien su origen antropogénico

tampoco está claro ya que no se observan niveles altos de óxidos de nitrógeno y azufre.



Figura V.15. Fotografías del SeaWiFS correspondiente al día 28 de Junio.

Julio 2003

Durante el mes de Julio fueron muy escasos los días de superación del valor límite de la normativa, si bien la escasa disponibilidad de datos durante la cuarta semana del mes (del 23 al 28) limita la validez de esta aseveración (**Figura V.16**).

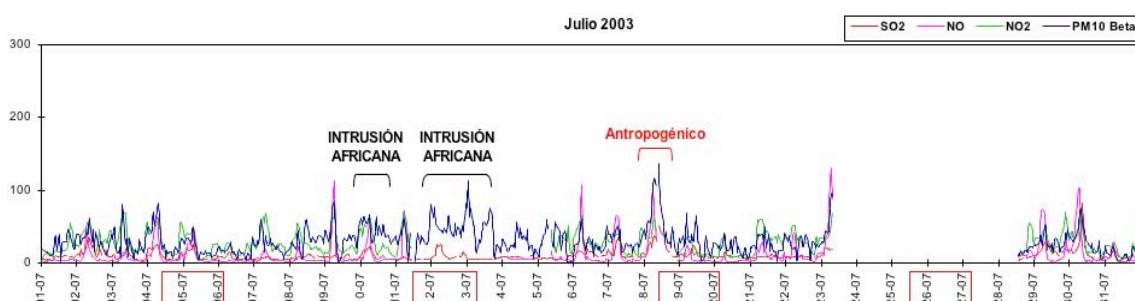


Figura V.16. Valores horarios de PM10 y otros contaminantes para el mes de Julio en Basauri. Se indican los eventos de tipo antropogénico y africano y los fines de semana (enmarcados).

Para el día 10 de Julio los gráficos del NAAPS y las predicciones del ICoD (**Figura V.17**) reflejan la existencia de una intrusión de material particulado desde el norte de África que no parece afectar al norte de la Península. En la fotografía del SeaWiFS (**Figura V.18**) para este día, se observa la presencia de una nube importante de polvo sobre el Atlántico en la costa suroeste de la Península, por lo que se puede considerar un origen africano para las partículas aunque, debido a la nubosidad existente en la costa Cantábrica, no se llegue a ver bien el alcance de dicha nube.

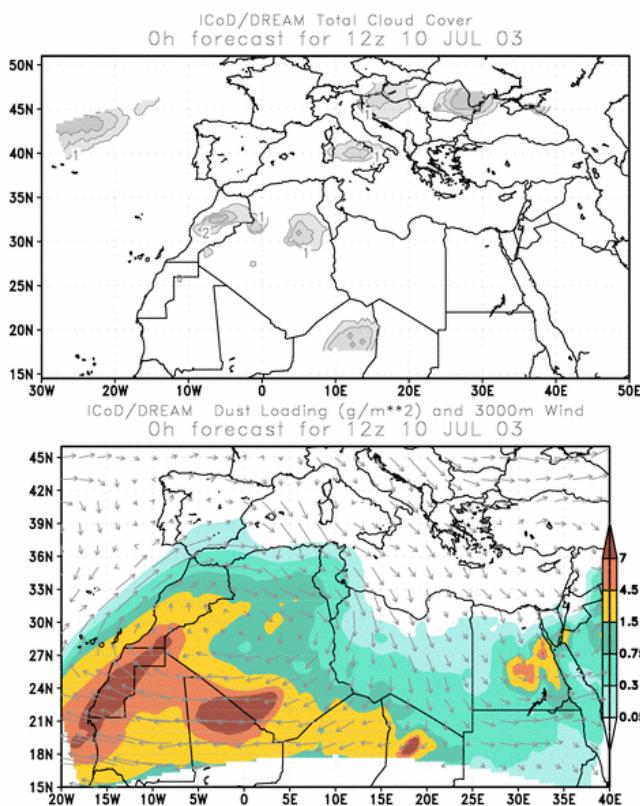


Figura V.17. Predicción del ICoD para el día 10 de Julio.



Figura V.18. Fotografía del SeaWiFS correspondiente al día 10 de Julio.

Para los días 12 y 13 de Julio se supera el límite de PM10 permitido por la normativa europea. La retrotrayectoria calculada para el día 12 indica la presencia de material procedente del centro de Europa, cambiante hacia el Mediterráneo. Los gráficos del NAAPS y predicciones del ICoD atestiguan la

presencia de partículas procedentes desde el norte de África a través del Mediterráneo. Por otra parte, en la fotografía del SeaWIFS (**Figura V.19**) correspondiente al día 12 se observa la presencia de polvo sobre la Península Ibérica.



Figura V.19. Fotografía del SeaWIFS correspondiente al día 12 de Julio.

En cuanto a las superación detectada en Basauri para el día 18 de Julio, no hay base alguna para considerar que se deba a la existencia de un evento natural.

Ni los gráficos del NAAPS, ni las predicciones del SKIRON (**Figura V.20**), ni las fotografías del SeaWIFS reflejan la presencia de material particulado, si bien todas ellas reflejan la existencia de una intrusión de material particulado desde el norte de África que no parece afectar al norte de la Península. Por lo tanto su origen se considera antropogénico.

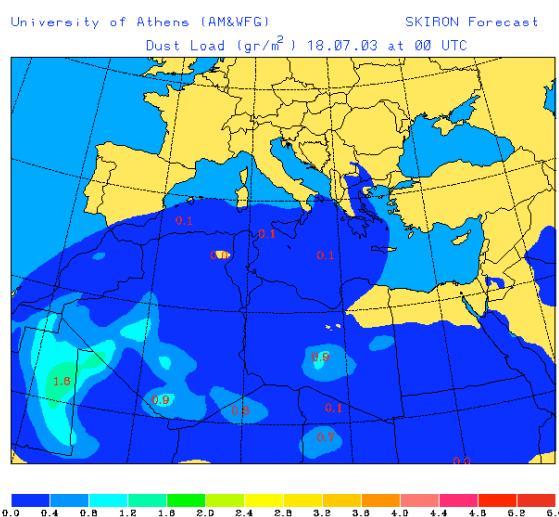


Figura V.20 Predicción del SKIRON para el día 18 de Julio.

Agosto 2003

Durante el mes de Agosto se superaron los valores límite de PM10 en 10 ocasiones (**Figura V.21**).

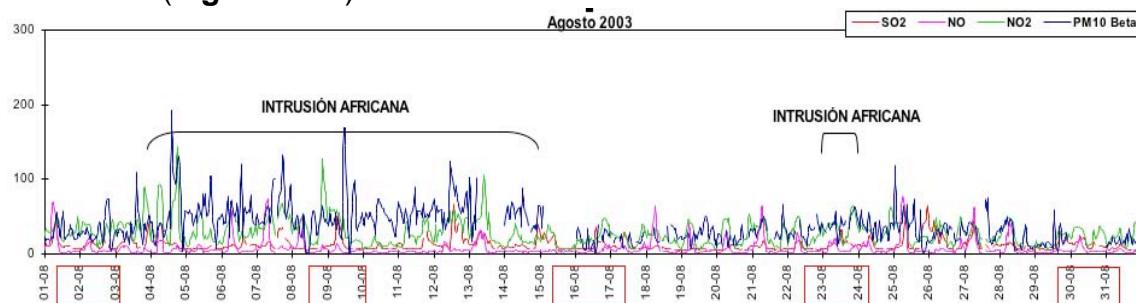


Figura V.21. Valores horarios de PM10 y otros contaminantes para el mes de Agosto en Basauri. Se indican los eventos de tipo antropogénico y africano y los fines de semana (enmarcados).

Durante este mes se produjo una superación prácticamente continua entre los días 4 y el 14 de Agosto (no hay datos para el 13 y el 15 de Agosto) coincidiendo con una situación de transporte de partículas desde el continente africano. Además de las retrotrayectorias son muchos los datos que apuntan hacia la presencia de un periodo de intrusión africana, como las fotografías del SeaWIFS (**Figura V.22**) para los días 5, 8 y 12 de Agosto o en el TOMS (**Figura V.23**).

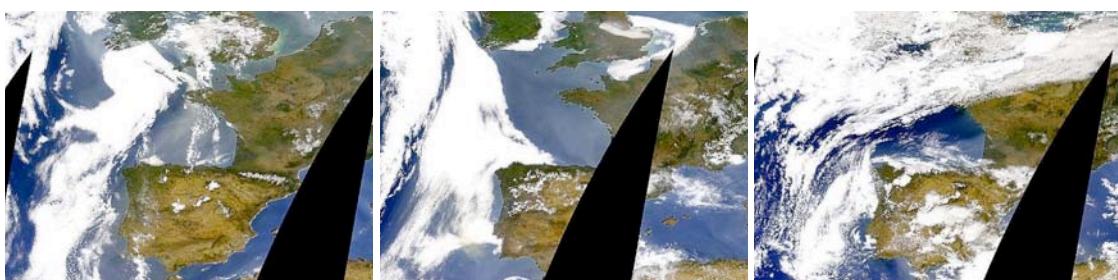


Figura V.22. Fotografía del SeaWIFS correspondientes al día 5 (izq), 8 (centro) y 12 (dch) de Agosto.

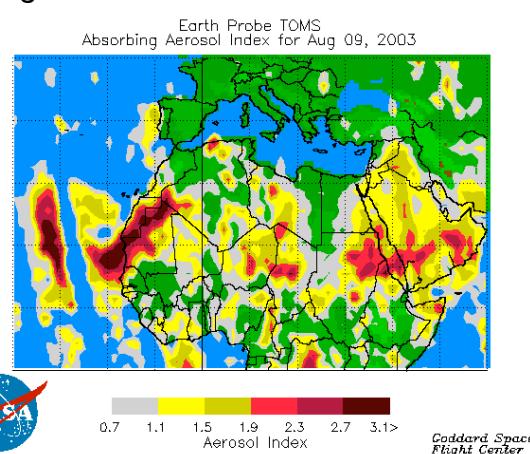


Figura V.23. Mapa de aerosoles del TOMS correspondiente al día 9 de Agosto.

El día 23 de Agosto se registraron en Basauri 50.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM10 como consecuencia de una nueva intrusión, tal y como se muestra en la fotografía del SeaWIFS (**Figura V.24**).

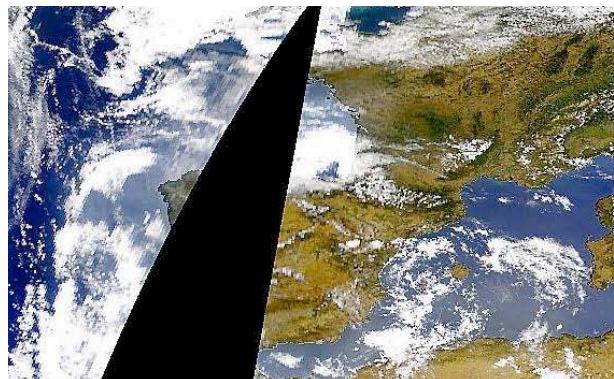


Figura V.24. Fotografía del SeaWIFS. 23/08/03.

Septiembre 2003

Durante el mes de Septiembre los valores de PM10 medio diario superaron en 6 ocasiones el límite máximo permitido. La escasez de datos registrada en algunos de los días hace que el número de superaciones no se aprecie claramente (**Figura V.25**).

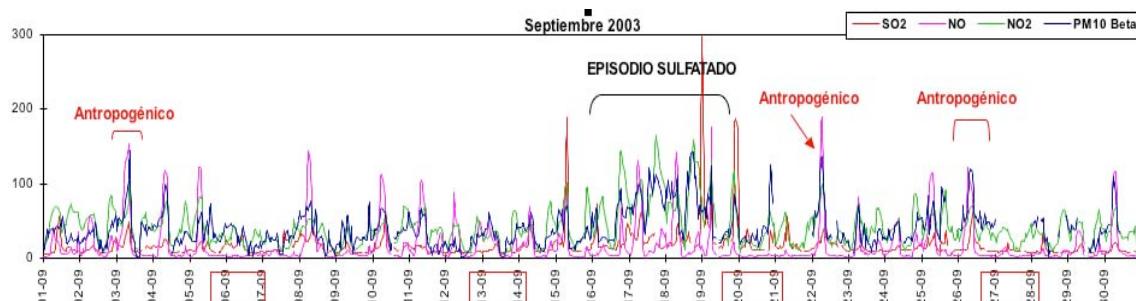


Figura V.25. Valores horarios de PM10 y otros contaminantes para Septiembre en Basauri. Se indican los eventos de tipo antropogénico y africano y los fines de semana (enmarcados).

Del 16 al 19 de Septiembre se produjo la superación del valor límite permitido de PM10, alcanzándose un valor de PM10 de 101.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. La característica de esta superación está relacionada con la existencia de una masa de aire envejecida que viene marcada por el alto contenido en NO_2 y SO_2 , lo que indica un origen antrópico de la contaminación. No obstante, esta contaminación esta relacionada con la migración de una masa de aire desde Centro Europa (**Figura V.26**) hacia la península. En la **Figura V.27** se observa

el modelo del NAAPS que indica una alta concentración de sulfatos sobre la península, lo que apoya el origen antropogénico lejano del material particulado.

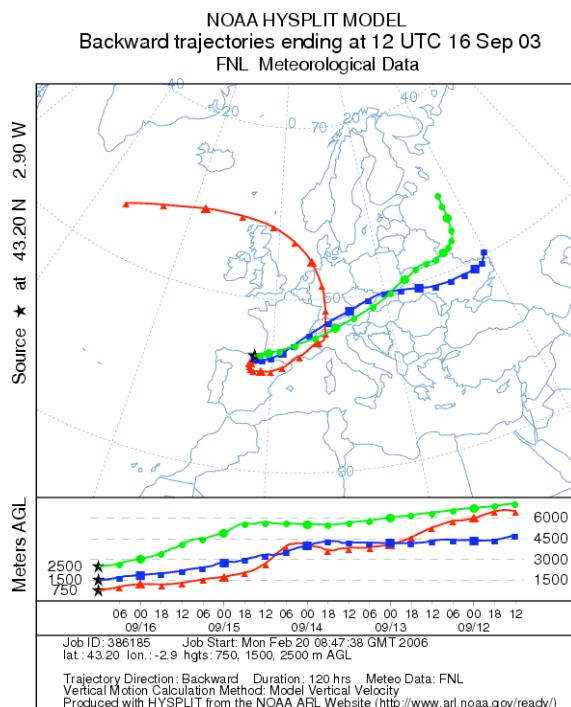


Figura V.26. Retrotrayectoria correspondiente al día 16 de Septiembre.

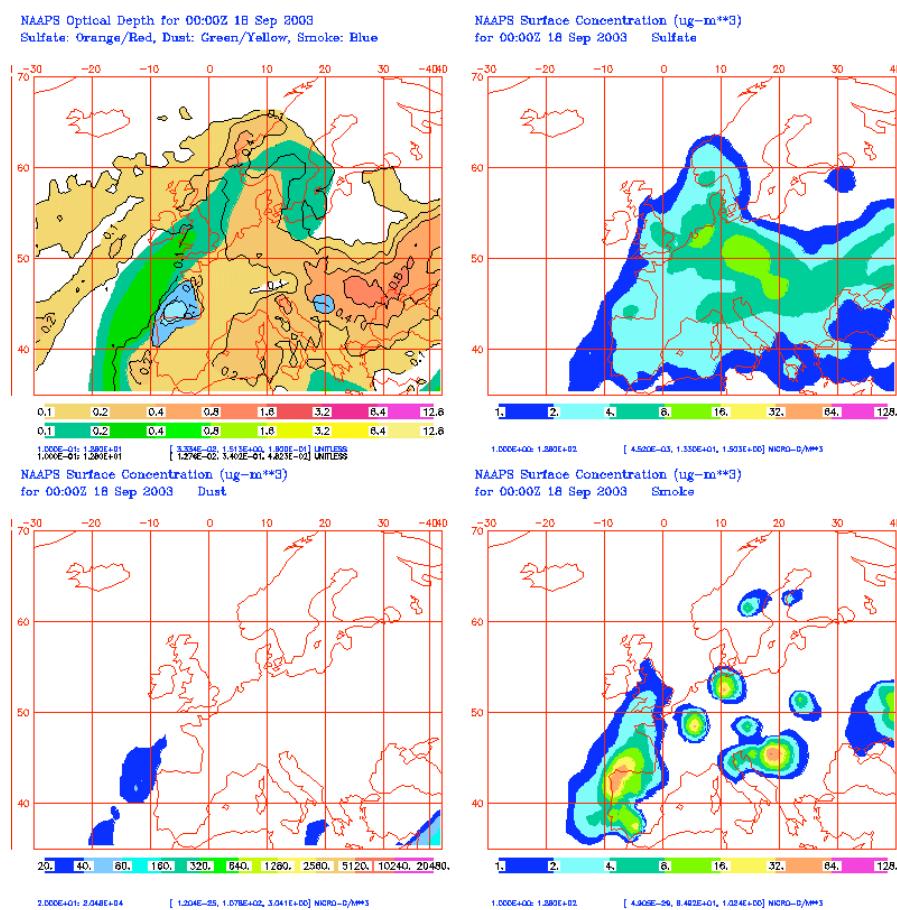


Figura V.27. Gráficos del NAAPS. Se refleja la presencia de material particulado y de sulfatos.

Los días 3 y 26 de Septiembre corresponden a días de superación más puntuales, acompañadas de un pico de NO, por lo que en principio debe tratarse de superaciones de origen antropogénico de tipo local. Las retrotrayectorias obtenidas para estos días indican un periodo de advección atlántica. Las fotografías del SeaWIFS no permiten ver si existen o no nubes de partículas en la zona debido a la espesa nubosidad. Los gráficos del NAAPS y las predicciones del ICoD no reflejan la existencia de contaminantes alóctonos, por lo que la superación debe considerarse de origen antropogénico local.

Octubre 2003

Durante el mes de Octubre se produjeron 5 superaciones del límite permitido por la normativa europea (**Figura V.28**).

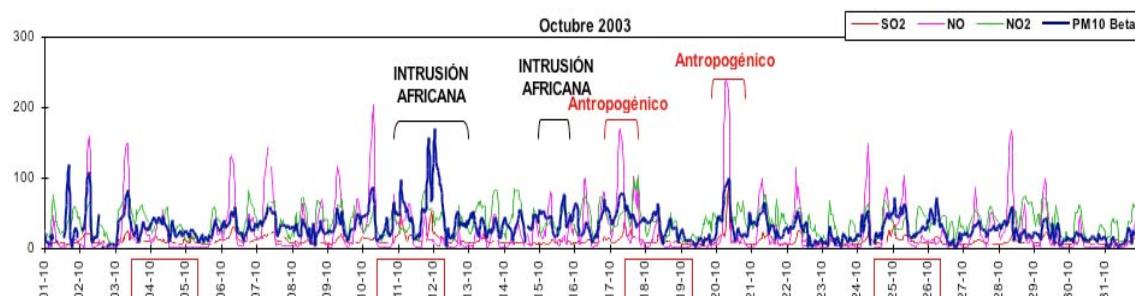


Figura V.28. Valores horarios de PM10 y otros contaminantes para el mes de Octubre en Basauri. Se indican los eventos de tipo antropogénico y africano y los fines de semana (enmarcados).

Para los días de superación 11 y 12 de Octubre las retrotrayectorias apuntan hacia Europa y Norte de África como origen de las partículas. En las fotografías del SeaWIFS aparece abundante nubosidad por lo que no puede apreciarse la existencia de partículas sobre la península. Tanto los gráficos del NAAPS (**Figura V.29**) como las predicciones del ICoD reflejan la existencia de material particulado procedente desde el norte de África. Por lo tanto, se considera que la superación se debe a la acción de un episodio de intrusión sahariana.

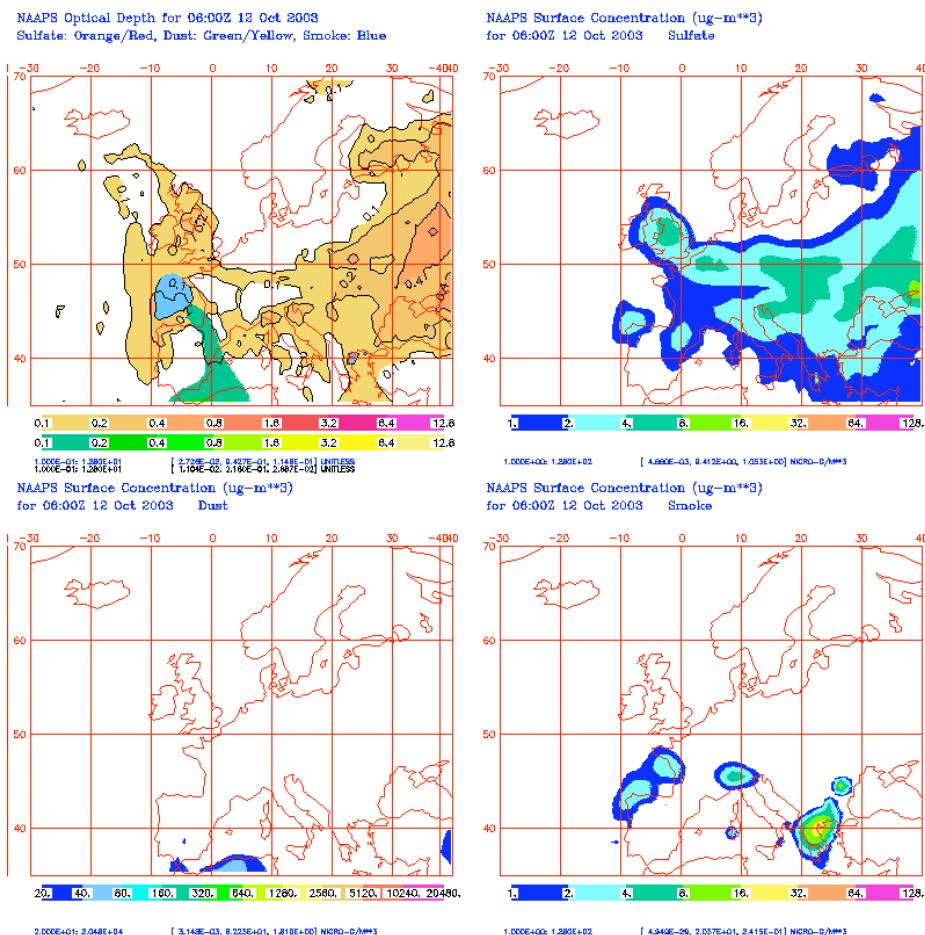


Figura V.29. Gráficos del NAAPS correspondientes al día 12 de Octubre.

Para el día 15 de Octubre la fotografía del SeaWIFS muestra abundante nubosidad mientras que tanto los gráficos del NAAPS como las predicciones del ICOD (Figura V.30) reflejan la existencia de material particulado procedente de África sobre el Norte de la Península. Por ello, asumimos que la superación se debe a un nuevo episodio de intrusión de material particulado procedente de África.

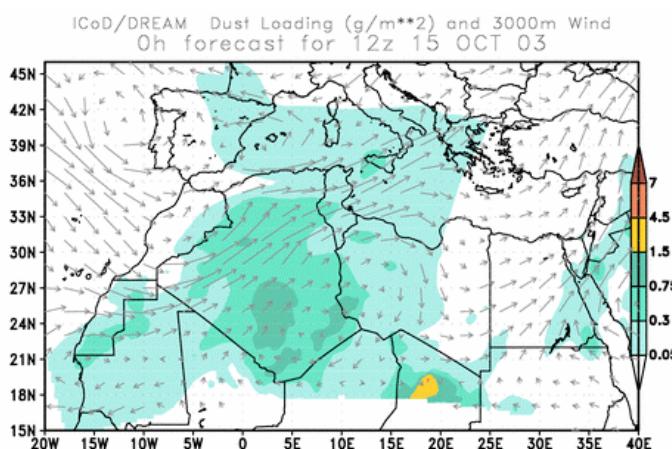


Figura V.30 Predicción del ICOD para el día 15 de Octubre.

Los días 17 y 20 de Octubre se registraron superaciones del valor permitido de PM10 que coinciden con episodios de altos niveles de NO, los cuales aparecen en forma de picos puntuales y muy marcados, probablemente debido a eventos de contaminación antropogénica local.

Además de las superaciones del valor permitido de PM10, durante el mes de Octubre se observa la existencia de numerosos episodios con altos niveles de NO, los cuales aparecen en forma de picos puntuales y muy marcados, debido a eventos de contaminación antropogénica local.

Noviembre 2003

Durante el mes de Noviembre las superaciones fueron numerosas, llegándose a sobrepasarse el límite legal establecido en 9 jornadas (**Figura V.31**).

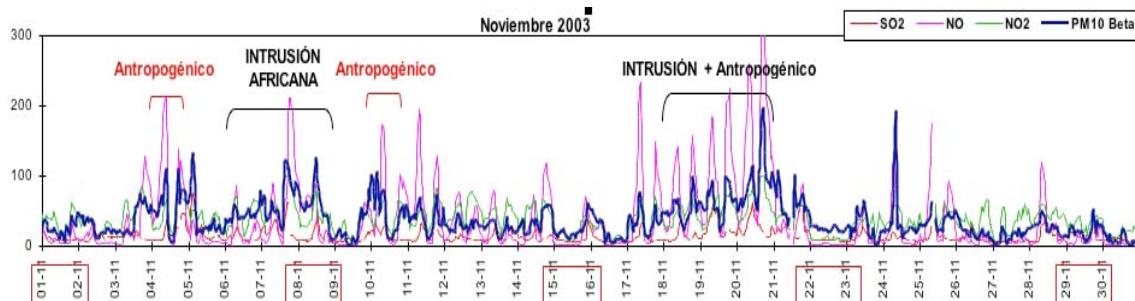


Figura V.31. Valores horarios de PM10 y otros contaminantes para Noviembre en Basauri. Se indican los eventos de tipo antropogénico y africano y los fines de semana (enmarcados).

La primera superación de los $50 \mu\text{g/m}^3$ permitidos por la legislación vigente se produjo el día 4 de Noviembre. Por tratarse de un pico de carácter puntual y que aparece acompañado de un aumento en la concentración de NO, puede atribuirse a la contaminación un carácter antropogénico. Ni en los gráficos obtenidos del NAAPS e ICoD ni en la fotografía del SeaWIFS se observan indicios de la existencia de un aporte externo de material particulado, por lo que la contaminación debe considerarse local.

La siguiente superación se produjo durante los días 6, 7 y 8 de Noviembre. En este caso también se observa un pico de NO asociado al de PM10 para el día 7. Sin embargo, esta superación difiere de la anterior en que no tiene un carácter tan puntual como la anterior y alcanza valores de PM10 más elevados ($68.4 \mu\text{g/m}^3$). Las retrotrayectorias correspondientes a estos días indican una procedencia desde el sur del Atlántico para el material

particulado. No obstante, ni los gráficos del NAAPS ni las fotografías del SeaWIFS reflejan la existencia de material particulado de origen externo, aunque sí se detectan eventos intrusivos que no parecen afectar directamente al norte de la Península. Tan solo las predicciones del ICoD (**Figura V.32**) reflejan la existencia de una masa de material particulado procedente del Norte de África. Por lo tanto, se considera que la superación se debe a la intrusión de material exógeno, si bien ha debido solaparse con un periodo de contaminación antropogénica local.

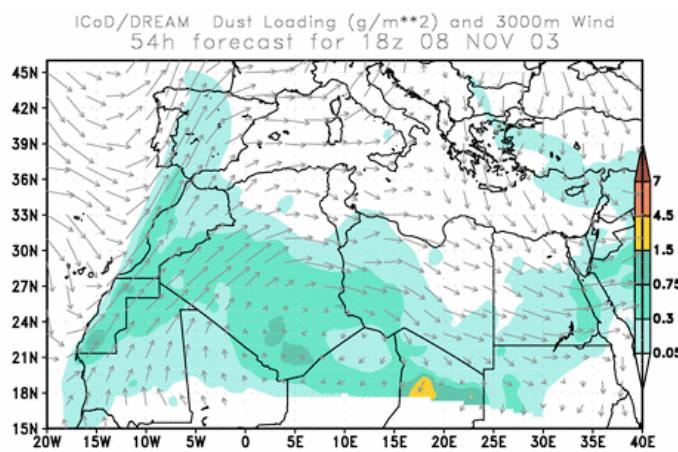


Figura V.32. Predicciones del ICoD para el día 8 de Noviembre.

La siguiente superación se produjo el día 10 de Noviembre. Se trata de un pico de carácter puntual que aparece acompañado de un aumento en la concentración de NO. Ni en los gráficos obtenidos del NAAPS ni en las predicciones del ICoD se observan indicios de la existencia de un aporte externo de material particulado, por lo que la contaminación debe considerarse de carácter antropogénico y local.

Por último, entre los días 18 y 21 se produjeron las últimas superaciones durante el mes de Noviembre, durante un periodo en el que el **?** se indica una procedencia desde el norte de África. En este caso también se detecta un aumento de la cantidad de NO. El carácter puntual de los picos de NO apunta a una contaminación antropogénica de tipo local debida probablemente al efecto del tráfico. Los gráficos del NAAPS y las predicciones del ICoD reflejan claramente la existencia de un evento de intrusión de material particulado del norte de África que afectó claramente a la Península Ibérica. En las fotografías del SeaWIFS (**Figura V.33**) se observa la existencia de gran cantidad de partículas.



Figura V.33. Fotografía del SeaWIFS correspondiente al día 19 de Noviembre.

Diciembre 2003

Durante el mes de Diciembre se superaron en 2 ocasiones el límite establecidos por la normativa en Basauri (**Figura V.34**).

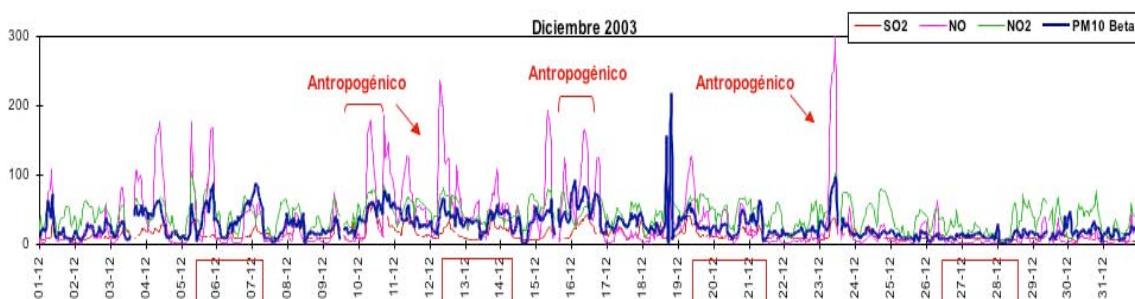


Figura V.34. Valores horarios de PM10 y otros contaminantes para Diciembre en Basauri. Se indican los eventos de tipo antropogénico y los fines de semana (enmarcados).

El día 10 se registró una superación en Basauri. La retrotrayectoria correspondiente a este día apunta hacia el Mediterráneo como fuente del material particulado. Los gráficos del NAAPS y las predicciones del ICoD (**Figura V.35**) no reflejan la existencia de partículas en la zona del Mediterráneo ni sobre la península Ibérica. La existencia de elevados contenidos en NO apunta hacia una contaminación antropogénica de tipo local.

La siguiente superación se produjo el día 16 de Diciembre acompañada también de un aumento en la concentración de NO. Ni en los gráficos obtenidos del NAAPS ni en las predicciones del ICoD se observan indicios de la existencia de un aporte externo de material particulado, por lo que la contaminación debe considerarse de carácter antropogénico local.

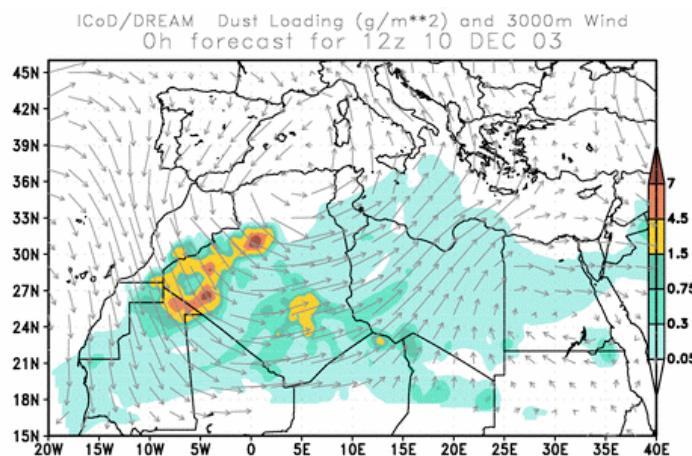


Figura V.35. Predicción del ICOD para el día 10 de Diciembre.

Además de las superaciones del valor permitido de PM10 durante el mes de Diciembre se observa la existencia de numerosos episodios con altos niveles de NO, que aparecen en forma de picos puntuales y muy marcados, probablemente debido a eventos de contaminación antropogénica local, si bien no se producen otras superaciones en PM10 de la que marca la normativa.

Enero 2004

Durante el mes de Enero se registraron 2 días de superación del valor de PM10 permitido en Basauri (**Figura V.36**)

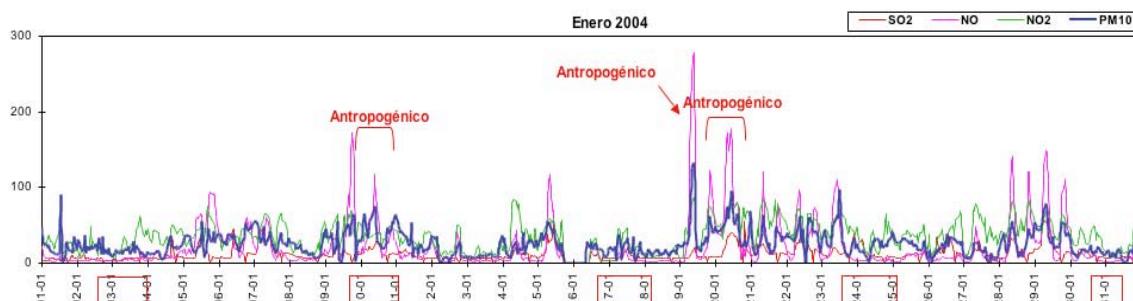


Figura V.36. Valores horarios de PM10 y otros contaminantes para el mes de Enero en Basauri. Se indican los eventos de tipo antropogénico y los fines de semana (enmarcados).

Las superaciones se produjeron el día 10 y 20 de Enero. Se trata de picos de carácter puntual que aparecen acompañados de un aumento de NO. Ni en los gráficos obtenidos del NAAPS ni en las predicciones del ICOD se observan indicios de la existencia de un aporte externo de material particulado, por lo que la contaminación se considera de carácter antropogénico y local.

El 19 de este mes se registró un pico puntual en la concentración de NO que coincide con el aumento puntual del PM10, lo que correspondería a un episodio de contaminación antropogénico de tipo local, por el cual no se superan los 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM10 legislados.

Febrero 2004

Durante el mes de Febrero se superaron en 6 ocasiones el límite establecido por la normativa en Basauri (**Figura V.37**).

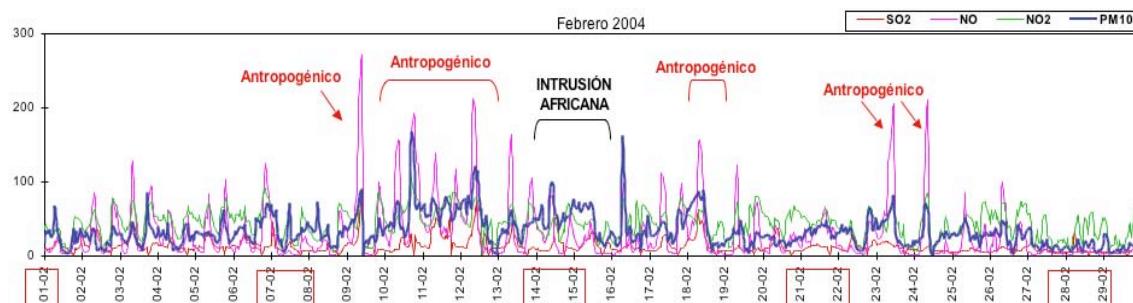


Figura 2V.37. Valores horarios de PM10 y otros contaminantes para el mes de Febrero en Basauri. Se indican los eventos de tipo antropogénico y africano y los fines de semana (enmarcados).

Del día 10 al 12 se registraron las primeras superaciones en Basauri. Las retrotrayectorias correspondientes a este día apuntan hacia Europa como fuente del material particulado y las predicciones del ICoD (**Figura V.38**) reflejan la existencia de una nube de partículas al suroeste de la Península, sobre el Océano Atlántico, que no parecen afectar al País Vasco. Los elevados contenidos registrados en NO apuntan hacia una contaminación antropogénica de tipo local.

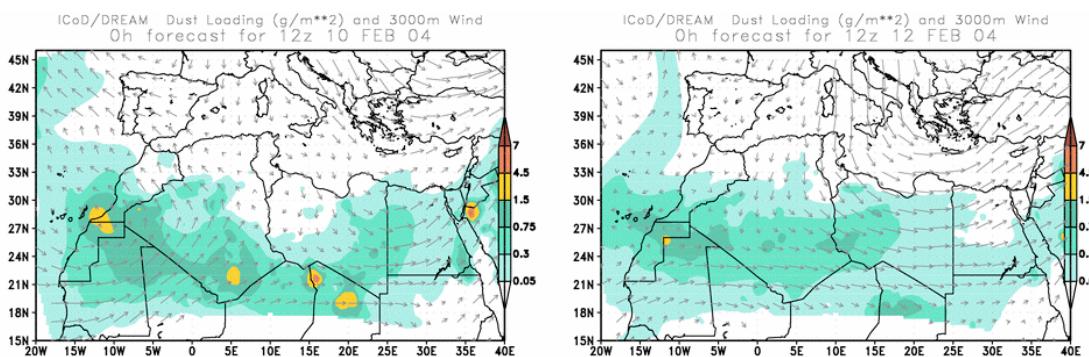


Figura V.38. Predicción del ICoD para los días 10 y 12 de Febrero.

El 14 y 15 de Febrero se registraron nuevas superaciones en Basauri. Las retrotrayectorias correspondientes a estos días apuntan hacia el suroeste

de la Península y Europa como fuente del material particulado. Las predicciones del ICoD (**Figura V.39**) reflejan la existencia de partículas al suroeste de la Península que pudieron afectar al País Vasco. No existen elevados contenidos de NO para estos días, de modo que asumimos que ambas superaciones han sido a causa de una intrusión de material particulado desde el norte de África.

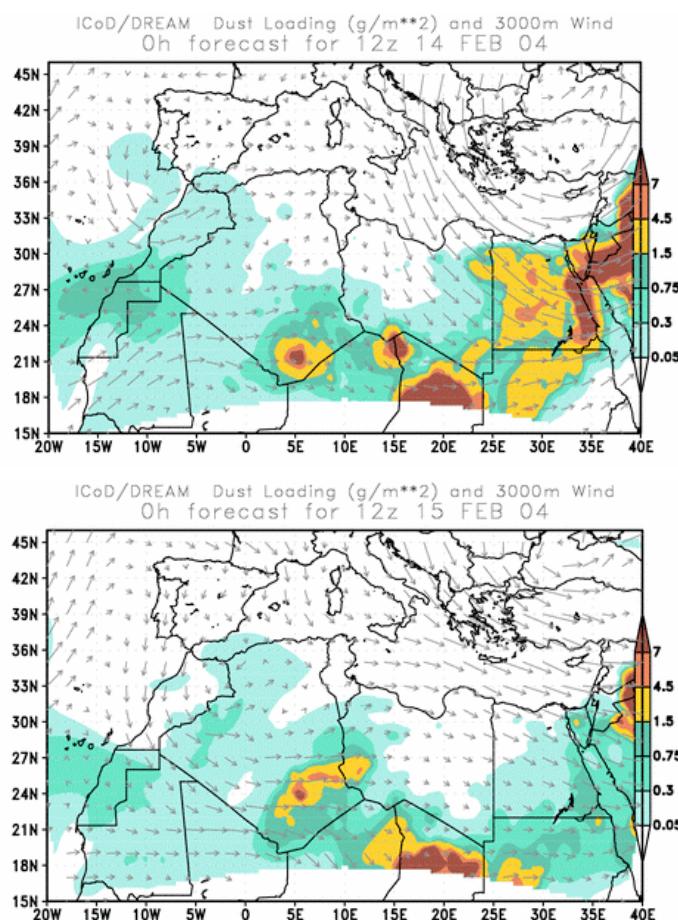


Figura V.39. Predicción del ICoD para los días 14 y 15 de Febrero.

La última superación se produjo el día 18 de Febrero acompañada también de un aumento en la concentración de NO. En las predicciones del ICoD no se observan indicios de la existencia de un aporte externo de material particulado mientras que el NAAPS (**Figura V.40**) muestra la presencia de gran cantidad de sulfatos sobre el norte de la Península. La superación observada durante este día parece no tener un origen natural, si bien su origen antropogénico no es tampoco claro ya que no se observan niveles altos de NO₂ ni SO₂. Por tanto, deducimos que la contribución a las partículas es antropogénica de tipo local.

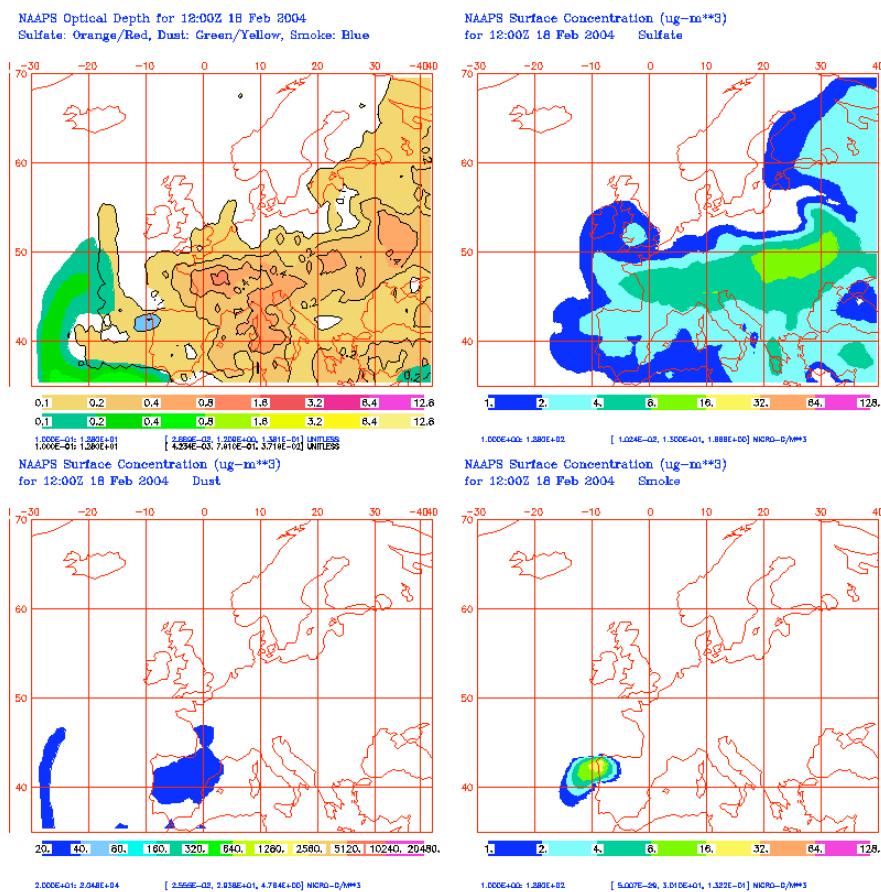


Figura V.40. Gráficos del NAAPS correspondientes al día 18 de Febrero.

Marzo 2004

Durante el mes de Marzo las superaciones fueron 6 alcanzando el valor de $80.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para el día 17 (Figura V.41).

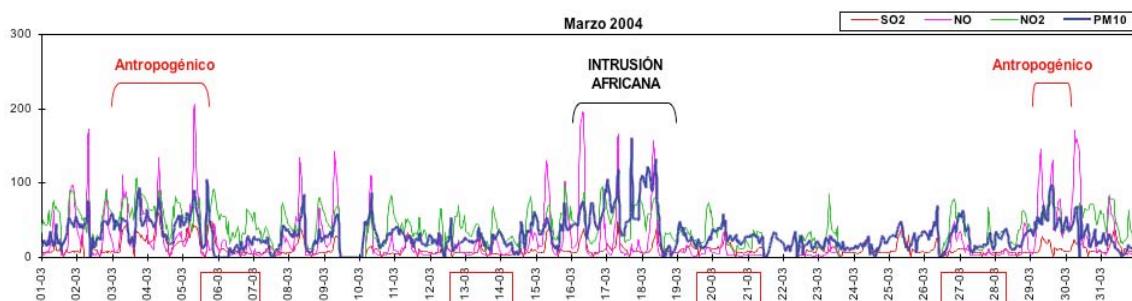


Figura V.41. Valores horarios de PM₁₀ y otros contaminantes para el mes de Marzo en Basauri. Se indican los eventos de tipo antropogénico y africano y los fines de semana (enmarcados).

La primera superación de los $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ permitidos por la legislación vigente se produjo del 3 al 5 de Marzo. Ni en los gráficos obtenidos del NAAPS ni en las predicciones del ICoD se observan indicios de la existencia de un aporte externo de material particulado desde el continente africano. La

fotografía del SeaWIFS (**Figura V.42**) para el día 5 muestra una nube de polvo muy cargada sobre el océano en el suroeste de la península que no llega a afectar al País Vasco. Por tratarse de superaciones que vienen acompañadas de un aumento importante en la concentración de NO, atribuimos a la contaminación un carácter antropogénico de tipo local.

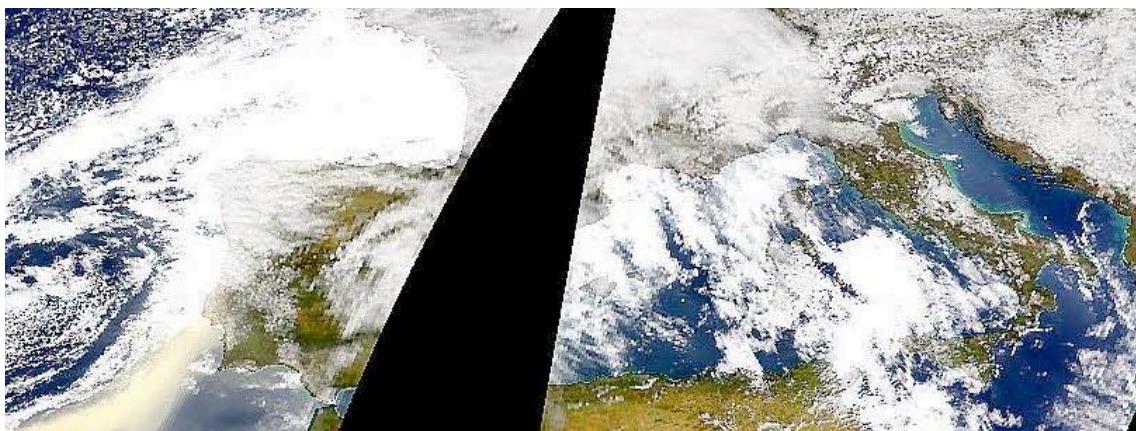


Figura V.42 Fotografías del SeaWIFS correspondiente al día 5 de Marzo.

La siguiente superación se produjo durante los días 16, 17 y 18. Las retrotrayectorias correspondientes a estos días indican una procedencia desde el sur para el material particulado. Tanto los gráficos del NAAPS como las predicciones del ICoD reflejan el origen africano del material particulado y en la fotografía del SeaWIFS (**Figuras V.42 y V.43**) se observa la existencia de gran cantidad de partículas para el día 16 de este mes.

También se observan picos de NO que atribuimos a la contribución por contaminación antropogénica local.

Por lo tanto, se deduce que la superación se debe a la intrusión de material exógeno, pero sin descartar un periodo de contaminación antropogénica local.



Figura V.43 Fotografía del SeaWIFS correspondiente al día 16 de Marzo.

La última superación se produjo el día 29 de Marzo, acompañada también de un aumento en la concentración de NO. Las retrotrayectorias correspondientes a estos días indican una procedencia mediterránea para el material particulado. Tanto los gráficos del NAAPS como las predicciones del ICOD reflejan el origen externo del material particulado. Aun así, debido a que este fenómeno no se registra en una estación de fondo regional como Izki (**Figura V.44**) y que la superación viene acompañada por un aumento importante de NO, suponemos que la causa de esta superación es la contaminación antropogénica local.

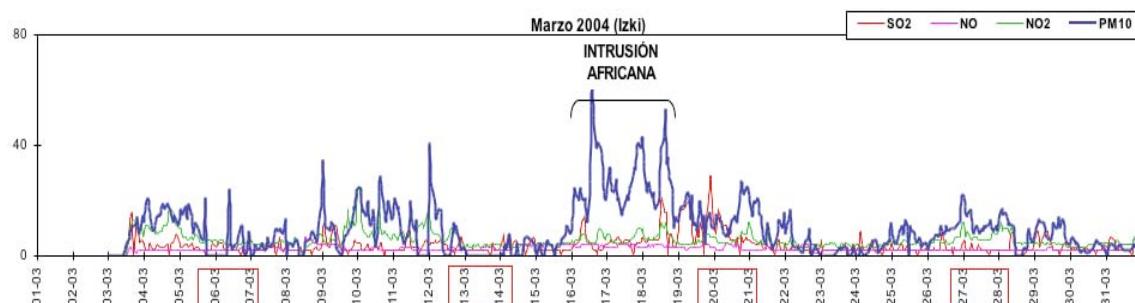


Figura V.44. Valores horarios de PM10 y otros contaminantes para el mes de Marzo en Izki. Se indican los eventos de tipo antropogénico y africano y los fines de semana (enmarcados).

Abril 2004

Durante el mes de Abril se superaron en 2 ocasiones el límite de PM10 establecido por la normativa en Basauri (**Figura V.45**).

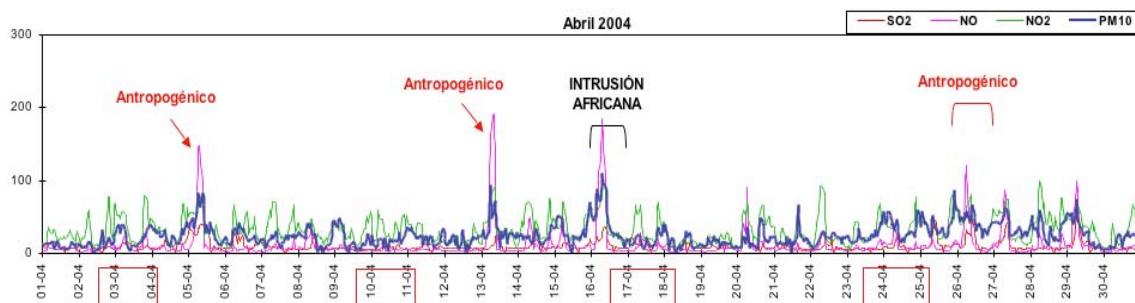


Figura V.45. Valores horarios de PM10 y otros contaminantes para el mes de Abril en Basauri. Se indican los eventos de tipo antropogénico y africano y los fines de semana (enmarcados).

La primera superación se produjo el día 16 de Abril acompañada de un aumento puntual en la concentración de NO debida a un aporte local de la contaminación. La retrotrayectoria correspondiente a este día indica la procedencia norteafricana del material particulado. Tanto los gráficos del

NAAPS como las predicciones del ICoD (**Figura V.46**) reflejan el origen africano del material particulado.

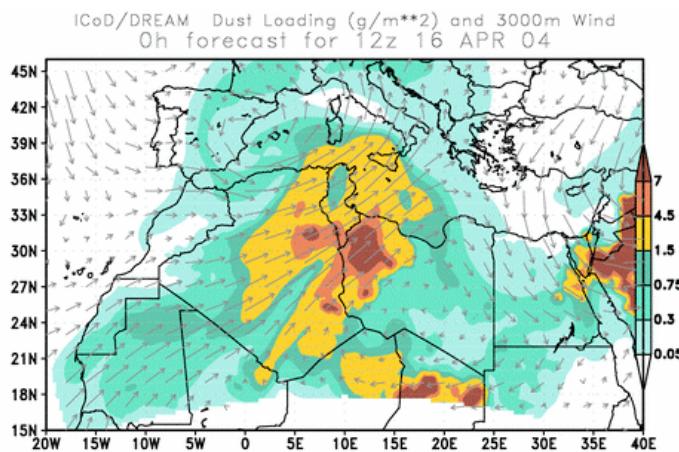


Figura V.46. Predicción del ICoD para el día 16 de Abril.

La segunda superación se produjo el día 26 de Abril. En esta ocasión también tenemos un aumento puntual en la concentración de NO pero que no coincide con el pico de PM10. Las retrotrayectorias correspondientes a estos días indican una procedencia europea para el material particulado. Tanto los gráficos del NAAPS como las predicciones del ICoD (**Figura V.47**) no reflejan un origen africano del material particulado y en la fotografía del SeaWIFS (**Figura V.48**) no se observa la existencia partículas para el día 26 sobre la península. Ya que no se observan niveles altos de NO₂ ni SO₂ suponemos que la contaminación es local. No obstante estamos ante un evento de llegada de masas de aire envejecidas que provocan un aumento notable de la cantidad de partículas desde el día 24 al 28 de Abril.

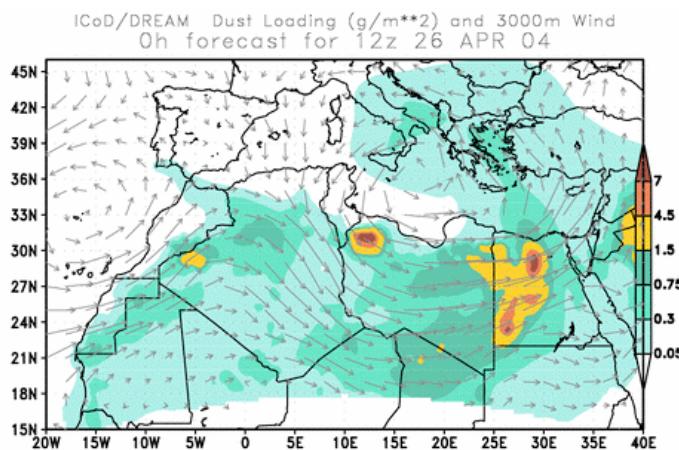


Figura V.47. Predicción del ICoD para el día 26 de Abril.



Figura V.48. Fotografía del SeaWIFS correspondiente al día 26 de Abril.

Los días 5 y 13 de este mes se registra un pico puntual en la concentración de NO que coincide con el aumento puntual del PM10, lo que correspondería a un episodio de contaminación antropogénico de tipo local local, aunque no se superaron los $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM10 legislados.

Mayo 2004

Durante el mes de Mayo el límite máximo de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM10 se superó en 9 ocasiones (**Figura V.49**).

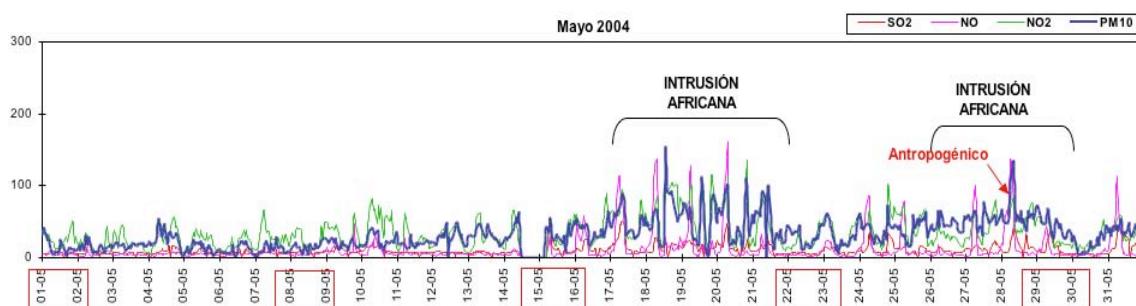


Figura V.49. Valores horarios de PM10 y otros contaminantes para el mes de Mayo en Basauri. Se indican los eventos de tipo antropogénico y africano y los fines de semana (enmarcados).

A partir del día 17 y hasta el 21 se superó el límite de PM10 permitido por la normativa europea. Las retrotrayectorias para esos días indican una procedencia externa (mediterránea) de las partículas y las predicciones del ICOD (**Figura V.50**) reflejan la existencia de un evento intrusivo de material particulado desde el norte de África que alcanzó claramente el País Vasco el día 21 de Mayo. Las fotos del SeaWIFS (**Figura V.51**) correspondientes a

estos días, a pesar de la nubosidad, evidencian dicha intrusión. Estas superaciones, a su vez, vienen acompañadas de un aumento en la concentración de NO, de modo que puede atribuirse a la contaminación también un carácter antropogénico de tipo local.

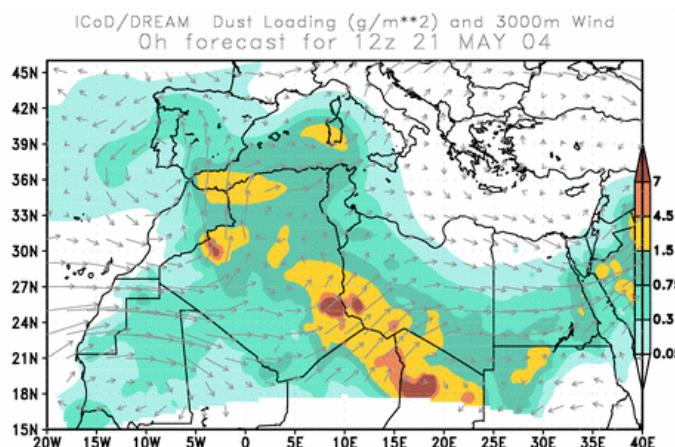


Figura V.50. Predicción del ICOD para el día 21 de Mayo.

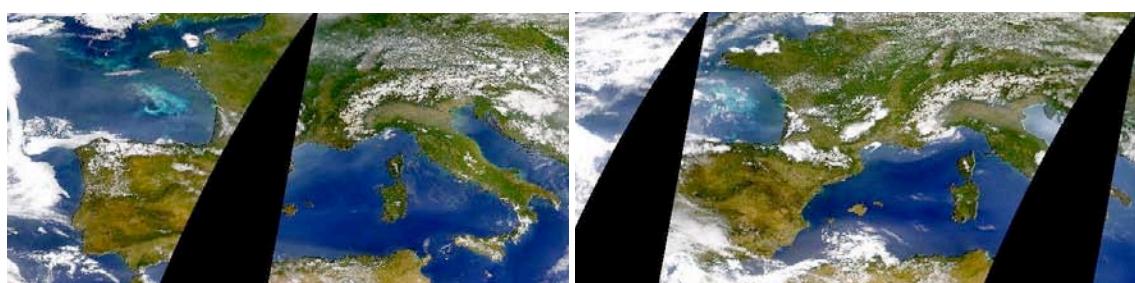


Figura V.51. Fotografías del SeaWiFS correspondientes a los días 19 y 20 de Mayo.

La siguiente superación del valor permitido por la normativa se produjo a partir del día 26 hasta el día 29 de Mayo. Las retrotrayectorias indican la procedencia de material desde el norte de África por el oeste de la Península Ibérica. Las predicciones del ICOD apuntan a la existencia de una intrusión africana para los días 26 y 27 de Mayo pero no para los días 28 y 29. Hay un aumento puntual en la concentración de NO que coincide con un pico puntual de PM10 para el día 28, lo que correspondería a un episodio de contaminación antropogénico local. Por lo tanto, se deduce que la superación se debe a la intrusión de material africano (26, 27 y 29), si bien ha debido solaparse con un periodo de contaminación antropogénica local (28) tal y como se observa en la **Figura V.52**.

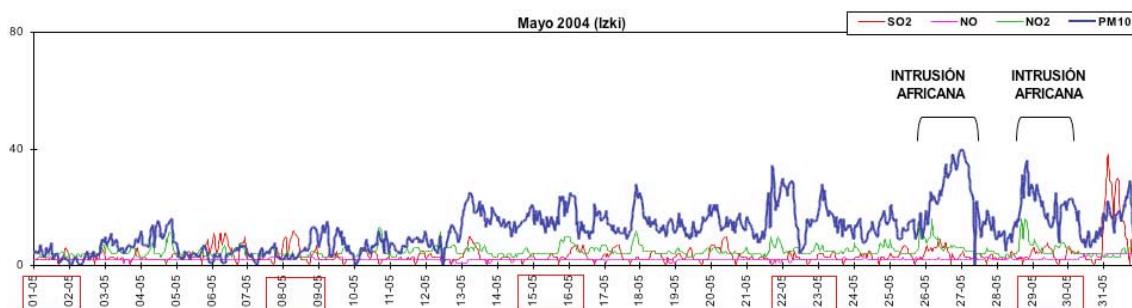


Figura V.52. Valores horarios de PM10 y otros contaminantes para el mes de Mayo en Izki. Se indican los eventos de tipo antropogénico y africano y los fines de semana (enmarcados).

Junio 2004

Durante este mes se superaron en 6 ocasiones el límite máximo de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM10 (**Figura V.53**).

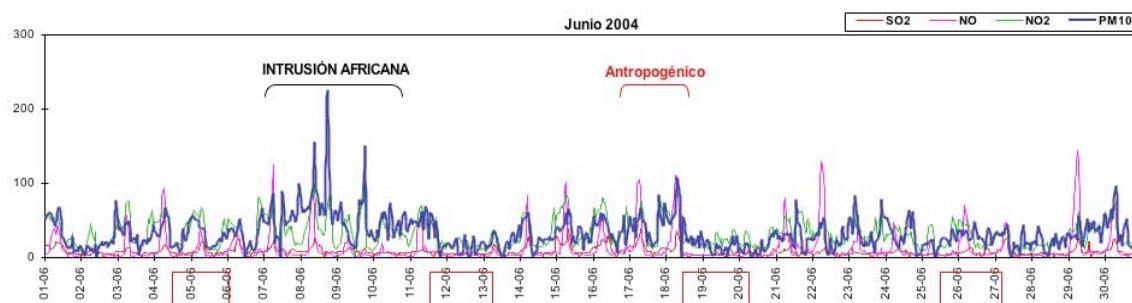


Figura V.53. Valores horarios de PM10 y otros contaminantes para el mes de Junio en Basauri. Se indican los eventos de tipo antropogénico y africano y los fines de semana (enmarcados).

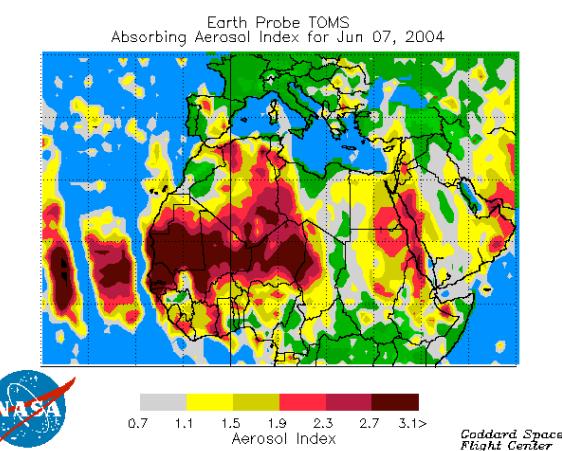


Figura V.54. Mapa de aerosoles del TOMS correspondiente al día 7 de Junio.

Del 7 al 10 se produjo el primer periodo de superación del límite de PM10 permitido por la normativa europea, llegando hasta un valor de $99.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para el día 8 de Junio. Las retrotrayectorias para estos días indican una

procedencia norteaficana de las partículas. Tanto los gráficos del NAAPS y TOMS (**Figura V.54**) como las predicciones del ICoD reflejan la existencia de un evento intrusivo de material particulado desde el continente africano y en la fotografía del SeaWIFS (**Figura V.55**) para el día 9 de Junio puede observarse, a pesar de la nubosidad, una gran cantidad de partículas sobre la península Ibérica.



Figura V.55. *Fotografías del SeaWIFS correspondientes al día 9 de Junio.*

La siguiente superación se produjo los días 17 y 18 de Junio. En esta ocasión el valor máximo de PM10 obtenido fue de $51.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para el día 18 de Junio. Las retrotrayectorias indican una procedencia atlántica del material particulado. Las predicciones del ICoD para ambos días muestran una nube de partículas sobre el Océano Atlántico, al oeste de la Península, que no parece afectar al País Vasco. A su vez en la fotografía del SeaWIFS para el día 17 de Junio (**Figura V.56**) vemos la Península Ibérica limpia de material particulado.



Figura V.56. *Fotografía del SeaWIFS correspondiente al día 17 de Junio.*

Debido a que las superaciones vienen acompañadas de un aumento de NO, asumimos que para estos días la superación se debe a la contaminación local.