

# Caracterización meteorológica de los niveles de calidad del aire en diferentes comarcas del País Vasco

Juan Angel Acero<sup>(1)</sup>, Marivi Albizu<sup>(2)</sup>, Unai Zeberio<sup>(2)</sup>, Oscar Santa Coloma<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> LABEIN-Tecnalia, c/ Geldo -Edif.700-48160 Derio-Vizcaya, acero@labein.es

<sup>(2)</sup> Gobierno Vasco-Viceconsejería de Medio Ambiente, c/Gran Vía 85-8ª-48011 Bilbao, marivi-albizu@ej-gv.es

## INTRODUCCION

Es comúnmente sabido que las situaciones meteorológicas condicionan de manera significativa los niveles de calidad del aire. Los contaminantes emitidos en la superficie terrestre se dispersan tanto vertical como horizontalmente siguiendo los movimientos turbulentos del aire. Es pues importante conocer las características atmosféricas de un lugar o región para saber cómo se están dispersando los contaminantes en ella emitidos y consecuentemente poder valorar su impacto en la calidad del aire.

Uno de los objetivos del 6º Programa Marco en Materia de Medio Ambiente es alcanzar niveles de calidad del aire que no den lugar a riesgos o efectos negativos en la salud humana y el medio ambiente. Recientemente se ha presentado una propuesta de Directiva “sobre calidad del aire ambiente y atmósfera más limpia en Europa” (COM/2005/447) que marca una política integrada y estratégica a largo plazo englobando algunas Directivas anteriores y actualizando otras.

En la actualidad, en el Estado Español se encuentra en vigor el R.D. 1073/2002, transposición de diferentes directivas europeas, y que obliga a la realización de Planes de Acción para la mejora de la calidad del aire en las zonas en las que no se espera alcanzar los valores límite de contaminantes en los plazos fijados.

Durante los años 2003 y 2004, cinco comarcas del País Vasco rebasaron los límites permitidos de PM<sub>10</sub> (partículas en suspensión menores de 10 micras de diámetro aerodinámico). En una de ellas también el NO<sub>2</sub>. Por ello, se han elaborado Planes de Acción concretos para cada una de las comarcas. Estos se plantean en dos grandes etapas: Diagnóstico de calidad del aire en la comarca, y Acciones Correctoras para alcanzar los valores límite de contaminantes.

En este trabajo se presentan algunos resultados que muestran la implicación de la meteorología en los niveles de calidad del aire pudiendo identificar diferentes focos emisores y distinguir situaciones atmosféricas en las que la calidad del aire alcanza niveles problemáticos (episodios).

## OBJETIVOS DEL ESTUDIO

El trabajo que aquí se presenta se enmarca dentro de los Diagnósticos de la contaminación atmosférica para la elaboración de los Planes de Acción de calidad del aire del País Vasco. El objetivo principal de los diagnósticos es valorar los niveles de contaminación registrados en aire ambiente, e identificar los principales focos de emisión de contaminantes y su grado de afección a la calidad del aire.

Para justificar concentraciones de contaminantes en el aire, tan importante como conocer los focos emisores de contaminantes es conocer las características meteorológicas locales de cada comarca.

En este trabajo se muestran las características meteorológicas locales en diferentes comarcas del País Vasco, así como sus consecuencias en los niveles de contaminantes en aire ambiente.

## CARACTERISTICAS REGIONALES

El País Vasco y sus diferentes comarcas, comprenden una región de la Península Ibérica situada en el cantábrico oriental con una orografía compleja y bañada por aguas del cantábrico. Este entorno condiciona de forma importante las variables meteorológicas en las capas más próximas a la superficie, canalizando los flujos de aire a través de los diferentes valles y propiciando el desarrollado de brisas de mar, valle y ladera.

## RESULTADOS

Los resultados obtenidos muestran una situación dispersiva de los contaminantes diferente en cada comarca (dentro de su cuenca aérea). Esta siempre se caracteriza por movimientos de aire locales influenciados por la orografía y desacoplados de los vientos en altura (escala sinóptica). Esta situación se muestra de forma más clara en condiciones de estabilidad atmosférica (Millan y otros, 1987).

A su vez, las brisas de mar canalizadas por los valles, varían en intensidad según la época del año, dependiendo de la intensidad de la radiación solar, la

temperatura ambiente y la temperatura superficial del agua del mar. De esta manera, en otoño-invierno, comarcas interiores alejadas de la línea de costa apenas reciben la influencia de las brisas de mar. Sin embargo, en primera-verano este fenómeno alcanza mayor intensidad, y unido al desarrollo de un sistema de baja presión en el centro peninsular (Millan y otros, 1991), permite que masas de aire circulen con facilidad desde la costa hasta zonas del interior, con el consecuente arrastre de contaminantes.

### Comarca del Goierri

Esta comarca del interior presenta una orografía compleja con un valle principal estrecho orientado en dirección noreste(NE)-suroeste(SO) que conecta Beasain con Tolosa (Fig. 1) desembocando en la costa cantábrica (~37 km.). A este valle, por el que discurre la carretera N1, se conectan otros valles secundarios ocasionando en situaciones de estabilidad atmosférica, flujos de aire de carácter local muy influenciados por la topografía. Toda la comarca se caracteriza por una alta actividad industrial y fuerte tráfico con alta presencia de vehículos pesados.

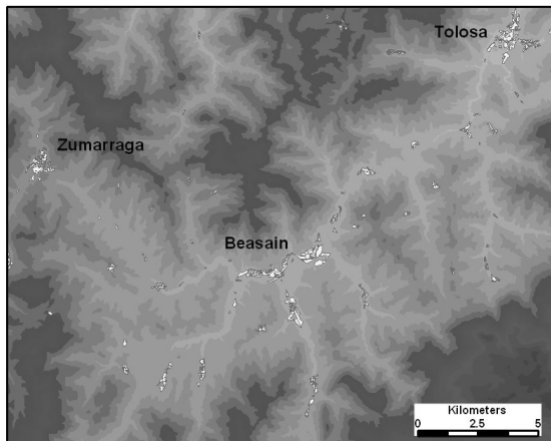


Fig. 1.- Orografía y ubicación de los principales pueblos de la comarca del Goierri

Las direcciones de viento predominantes en Beasain están influenciadas por la orografía que circunda el núcleo urbano. La rosa de vientos presenta altas frecuencias en direcciones NE-ENE y SSO-SO-OSSO. En general, las situaciones calmas ( $v < 0.5$  m/s) no son muy frecuentes (18%), favoreciendo una dispersión más activa de los contaminantes emitidos por las fuentes locales. Se distinguen dos situaciones diferenciadas según la época del año (Fig. 2). En invierno, las situaciones meteorológicas de la CAPV desarrollan en Beasain vientos del SO siguiendo la orografía del terreno. Por el contrario, en verano, la situación atmosférica favorece la existencia de brisas de mar cuya influencia puede alcanzar varias decenas de kilómetros tierra adentro llegando a

Beasain flujos de aire con direcciones entorno al este-noreste (ENE).

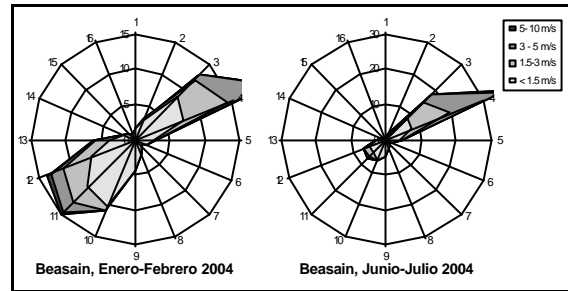


Fig. 2.- Rosas de viento registradas en el núcleo urbano de Beasain

Estas características meteorológicas quedan reflejadas en los niveles de contaminación del aire (Fig. 3). En la época invernal las mayores concentraciones de  $PM_{10}$  se dan con baja intensidad de viento y dirección entorno a SO, provenientes principalmente de focos locales. Sin embargo, en verano, son direcciones del primer cuadrante las que presentan altas concentraciones a intensidades medias de viento ( $v \sim 3$  m/s). Este efecto se debe al arrastre de masas de aire contaminado que por acción de las brisas de mar pueden llegar a Beasain.

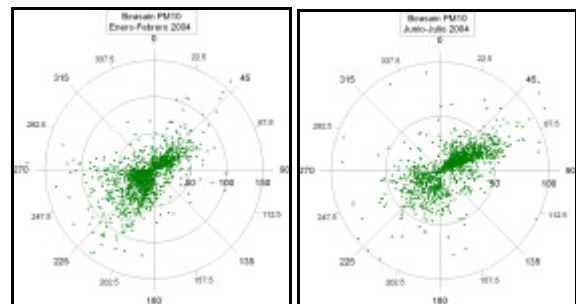


Fig. 3.- Rosas de concentración de  $PM_{10}$  en Beasain

Los óxidos de nitrógeno ( $NO_x = NO + NO_2$ ) presentan un claro ciclo anual (Fig. 4). Las medias mensuales disminuyen durante la primavera-verano alcanzándose las mayores concentraciones durante el otoño e invierno. Además de la menor emisión de  $NO_x$  durante el verano (época vacacional, menor consumo de combustible), la alta presencia de luz solar desarrolla procesos fotoquímicos que tienden a oxidar las concentraciones de  $NO_x$  a  $NO_3^-$ , además de contribuir a la formación de ozono ( $O_3$ ).

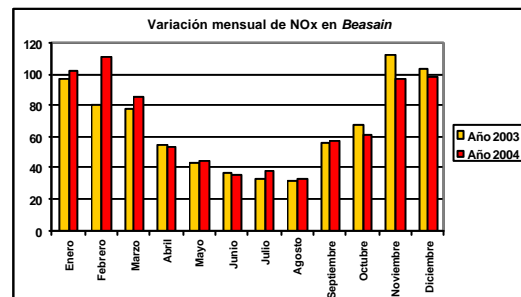


Fig. 4.- Variación mensual de  $NO_x$  en Beasain

El Abra dentro del Bajo Nervión

El Abra se considera la zona donde desemboca la Ría del Nervión en el Mar Cantábrico y donde en la actualidad se está emplazando el nuevo puerto exterior de Bilbao. Zierbena, Portugalete y Getxo son municipios que rodean el Abra (Fig. 5).

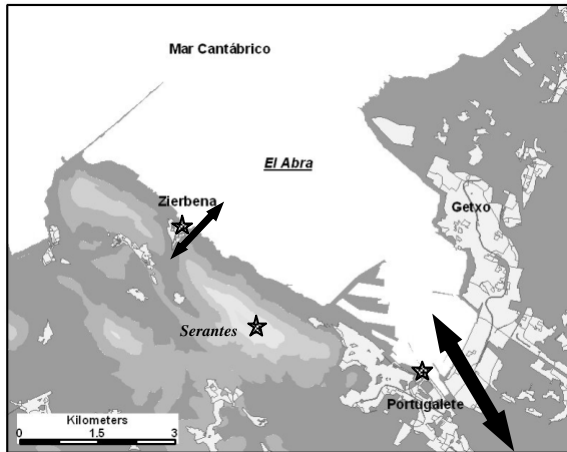


Fig. 5.- Orografía entorno al Abra

Los flujos de aire predominantes en la desembocadura del Bajo Nervión (Nautica) son dos: a) dentro del segundo cuadrante centrados en la dirección SE y b) en el cuarto cuadrante entorno al NO. Estos vientos debido a efectos locales de la orografía y el desarrollo de brisas, pueden verse desacoplados de los vientos generales en altura (escala sinóptica) como se puede comprobar en la rosa de vientos anual de Serantes ubicada a 450 m sobre el nivel del mar.

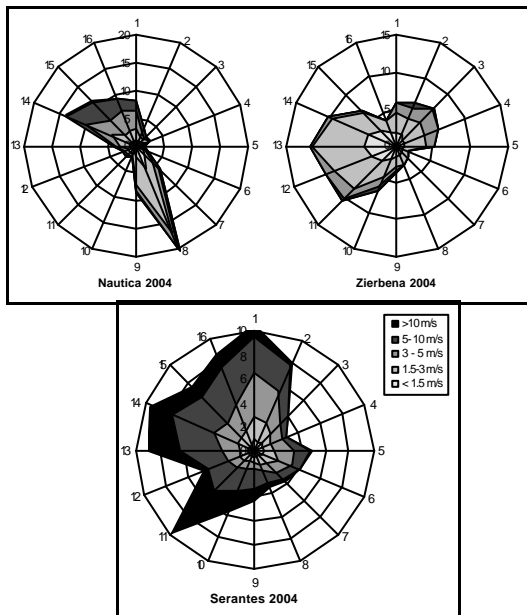


Fig. 6.- Rosas de vientos en Nautica (Portugalete), Zierbena y Serantes

A diferencia de Portugalete, en Zierbena se registran principalmente direcciones de viento del primer y tercer cuadrante. Esta circunstancia se debe a la influencia de brisas de ladera que se desarrollan por la presencia de una cadena montañosa orientada en dirección NO-SE. Estas brisas de carácter local varían la intensidad de su ciclo según la época del año. Durante el verano (alta intensidad de radiación solar y la temperatura superficial del agua menor que la temperatura ambiente) favorece el ascenso de masas de aire por la ladera de la montaña (viento anabático). Sin embargo, en invierno, predomina el viento katabático que desciende la ladera (Fig. 7).

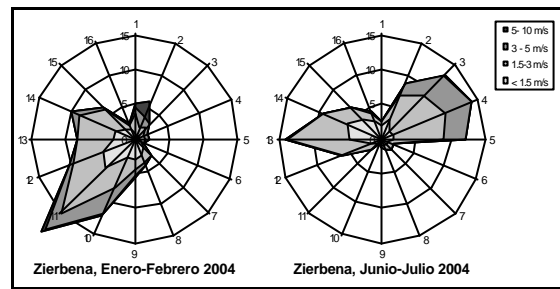


Fig. 7.- Rosas de viento registradas en la Zierbena Puerto

Con una meteorología de carácter tan local como la de Zierbena, la identificación de fuentes lejanas de contaminación se hace compleja y hay que recurrir a otras estaciones que registren situaciones más genéricas como Nautica (Portugalete) o Serantes (Fig. 8). Los resultados muestran que las mayores concentraciones de PM<sub>10</sub> se registran con vientos del segundo cuadrante a velocidades medias (focos a cierta distancia). En estas circunstancias Zierbena esta recibiendo el impacto de emisiones de la actividad urbana e industrial de la parte baja de la Ría del Nervión, así como otras emisiones industriales en el entorno del Abra. Sin embargo, con los datos de Serantes (escala sinóptica) destacan altas concentraciones tanto de PM<sub>10</sub> como NO<sub>x</sub> en dirección OSO lo que señala la influencia de una industria petroquímica debido a su ubicación.

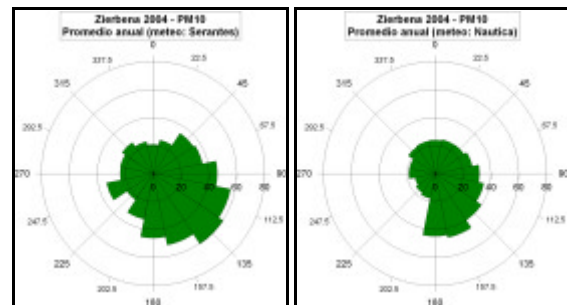


Fig. 8.- Rosas de concentración promedio de PM<sub>10</sub> en Zierbena con meteorología de Serantes y Nautica.

Por lo tanto, aunque Zierbena registre unas direcciones de viento diferentes a las existentes en la desembocadura del Bajo Nervión (Portugalete), las masas de aire contaminadas que desembocan en el Abra afectan la calidad del aire de Zierbena. Esto se

confirma mirando su ciclo diario de  $PM_{10}$  y  $NO_x$  (Fig. 9). Si lo comparamos con estaciones como Nautica (estación urbana) vemos que en Zierbena el pico matinal se da una hora más tarde. Esto tiene su explicación en que las brisas de valle a lo largo del Bajo Nervión pueden durar hasta media mañana (aproximadamente en condiciones estables y dependiendo de la intensidad de la radiación solar, es decir, de la época del año). De esta manera, tenemos unos flujos de aire que recogen todas las emisiones (tráfico matinal y otras) de la parte baja de la Ría del Nervión transportándolas hasta Zierbena. Al entrar en juego la actividad convectiva y la entrada de aire más limpio en el Abra, disminuyen los niveles de contaminantes. Esta misma y la inexistencia de tráfico en Zierbena, son las razones por las que no aparece el pico de contaminantes de la tarde como en el resto de estaciones urbanas.

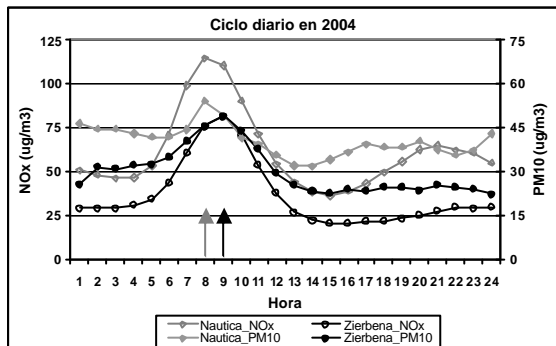


Fig. 9.- Ciclo diario de  $PM_{10}$  y  $NO_x$  en Zierbena y Nautica en el año 2004.

### El valle del Cadagua

Este es un valle profundo con fuertes desniveles topográficos que conecta la zona occidental de Bizkaia con la parte baja de la Ría del Nervión (Fig. 10).

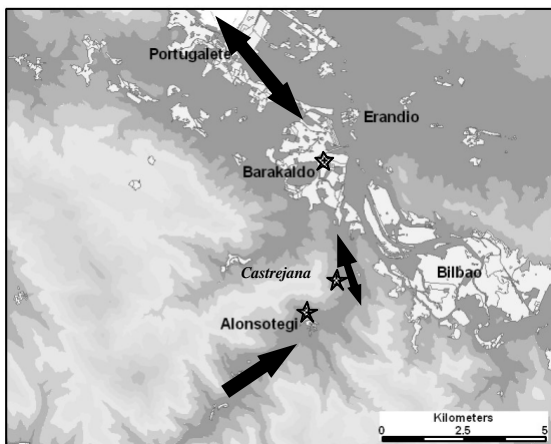


Fig. 10.- Orografía de la parte baja de la Ría del Nervión y su conexión con el valle del Cadagua (Alonsotegi)

Dada la orografía abrupta del terreno, los flujos de aire siguen por lo general el curso del valle predominando de forma clara la dirección OSO de

salida hacia el Gran Bilbao (Fig. 11). En general, existe un desacople entre la dirección de los vientos en la Ría del Nervión y en el valle del Cadagua. Las brisas de mar detectadas a lo largo de la Ría no penetran con facilidad por el Cadagua. Solo, cuando este fenómeno es más intenso, en primavera-verano, en ocasiones puede llegar a entrar aire desde la Ría.

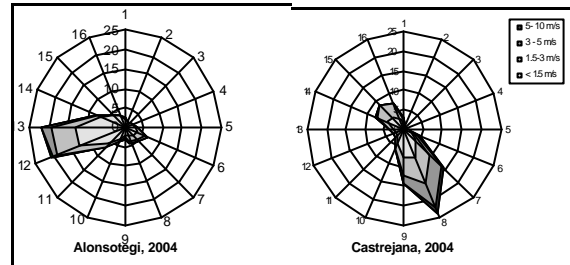


Fig. 11.- Rosas de viento registradas en el valle del Cadagua

Castrejana, debido a la orientación del valle, presenta vientos de salida que en cierta manera coinciden con los registrados en la Ría del Nervión (Barakaldo). Sin embargo, las entradas desde el mar registradas en Barakaldo (direcciones NO), no tienen una dirección definida en Castrejana (Fig. 12). Por otra parte, las direcciones predominantes en Alonsotegi entorno a OSO corresponden con direcciones del SE en Castrejana lo que justifica que las masas de aire siguen el 'serpenteo' del valle.

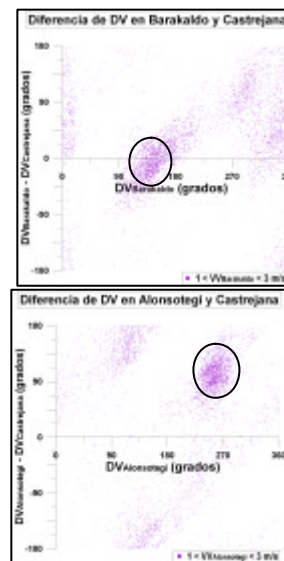


Fig. 12.- Diferencias de dirección de viento en estaciones de la Ría del Nervión y el valle del Cadagua

Las brisas de mar que consiguen llegar a Alonsotegi en primavera-verano arrastran importantes concentraciones de contaminantes desde la Ría del Nervión y la desembocadura del Cadagua. Sin embargo, la predominancia de vientos del OSO con concentraciones bajas de  $PM_{10}$  permite que Alonsotegi no tenga una media anual alta. Así pues, mientras el valor límite anual se cumple en Alonsotegi, es el número de superaciones del valor

límite diario de PM<sub>10</sub> el que se sitúa por encima de lo permitido por la legislación.

Sin embargo, es en Castrejana donde se registra mejor la entrada de contaminantes desde el Bajo Nervión. En esta estación se puede observar un pico de PM<sub>10</sub> a media mañana (entre las 11 y 15 hora GMT) que destaca sobre todo entre Mayo y Septiembre y se corresponde con el desarrollo de brisas de mar intensas. En Alonsotegi este pico pasa prácticamente desapercibido reduciendo su presencia a los meses de primavera-verano. Por otra parte, en esta última estación durante el otoño-invierno las concentraciones son mas o menos constantes durante el día (no existe máximo matinal asociado al tráfico) hasta la tarde (entorno a las 18 hora GMT) cuando en el fondo del valle se forma una capa fría de aire estable que impide una correcta dispersión de los contaminantes.

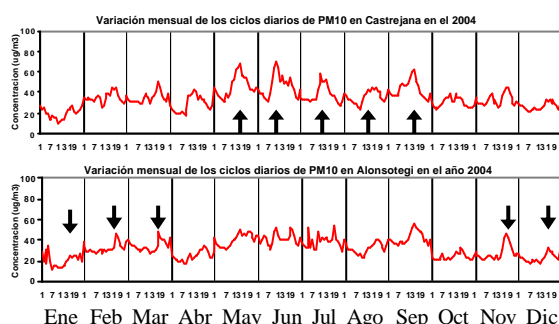


Fig. 12.- Diferencias de dirección de viento en estaciones de la Ría del Nervión y el valle del Cadagua

## CONCLUSIONES

La orografía compleja del País Vasco así como su presencia junto al mar condiciona el movimiento de masas de aire en las capas mas bajas de la atmósfera que tienden a seguir el curso de los valles. En situaciones anticiclónicas estables, la capacidad dispersiva de la atmósfera queda muy limitada con la formación de una inversión térmica en el fondo de los valles, donde la calidad del aire puede alcanzar niveles inadecuados.

La influencia de fenómenos de mesoescala como son las brisas de mar/valle, condicionan los niveles de calidad del aire, de manera que contaminantes emitidos dentro de un valle pueden llegar atrapados dentro de una misma masa de aire contaminado.

## BIBLIOGRAFIA

Stull, R.B., 1998: "An introduction to Boundary Layer Meteorology", Kluwer Academic Publishers, Dordrecht

Arya, A.P., 1999: "Air pollution meteorology and dispersion". Oxford University Press. New York

Millan, M., Alonso, L., Legarreta, J.A., Albizu, M.V., Ureta, I., Egusquiaguire, C., 1984. "A fumigation episode in an industrialized estuary: Bilbao, November 1981". Atmos. Environ. 18, nº3, pp. 563-572

Viana, M., Querol, X., Alastuey, A., Gangoiti, G., Menéndez, M., 2003, "PM levels in the Basque Country (Northern Spain): Analysis of a 5-year data record and interpretation of seasonal variations". Atmos. Environ. 37, pp. 2879-2891

Zorraquino, J., 1971, "Datos y comentarios sobre la Contaminación del Aire en Erandio (Bilbao) en 1969". DYNA nº1 Enero, pp. 19-29

Millan, M., Otamendi, E., Alonso, L., Ureta, I., 1987. "Experimental Characterization of Atmospheric Diffusion in Complex Terrain with Land-Sea Interactions". JAPCA 37, nº 7, pp.807-811

Millan, M., Artiñano, B., Alonso, L., Navazo M., 1991. "The effect of meso-scale flows on regional and long-range atmospheric transport in the western Mediterranean area". Atmos. Environ. 25ª, nº 5-6, pp. 949-963