

FURTHER DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF AN EU-  
LEVEL FOREST MONITORING SYSTEM  
-FUTMON-



Action: IM1: Intensive  
Monitoring in Cooperation with  
the International Cooperative  
Programme on Assessment and  
Monitoring of Air Pollution  
Effects on Forests (ICP Forests)

*Intensive Monitoring IM1: Monitoring of Air  
Quality in SPAIN - Report 2009*





SECRETARÍA DE ESTADO DE  
MEDIO RURAL Y AGUA  
SECRETARÍA GENERAL DE  
MEDIO RURAL  
DIRECCIÓN GENERAL DE MEDIO  
NATURAL Y POLÍTICA FORESTAL

## RED EUROPEA DE SEGUIMIENTO INTENSIVO Y CONTÍNUO DE LOS ECOSISTEMAS FORESTALES

PROYECTO LIFE 07 ENV/DE/000218 “FutMon”  
ACTION IM1 “Intensive Monitoring”

### RED NIVEL II MEMORIA -2009

“MONITORING OF AIR QUALITY”



---

## T.1. MEDIDAS DE LAS CONCENTRACIONES DE CONTAMINANTES MEDIANTE DISPOSITIVOS DE DOSIMETRÍA PASIVA EN LAS PARCELAS INSTRUMENTADAS DE LA RED EUROPEA DE SEGUIMIENTO DE DAÑOS EN LOS MONTES DE NIVEL II (13 PARCELAS EN ESPAÑA)

---

### 1. INTRODUCCIÓN

#### 1.1. Dosímetros pasivos: principios, ventajas y desventajas.

La potencial incidencia negativa de ciertos contaminantes en los ecosistemas naturales y el transporte de los mismos hacia áreas remotas es una realidad que no podemos obviar, es por ello que necesitamos herramientas que nos permitan determinar cuáles son las concentraciones de estos contaminantes en áreas que por sus importancia y peculiaridades requieren de protección, como es el caso de Los Parques Nacionales y otras zonas que gozan de alguna figura de protección. En general, estas zonas:

Corresponden a zonas de dimensiones considerables situadas en áreas remotas donde no es posible disponer de electricidad o un lugar adecuado para la instalación de equipos sofisticados para la mediación de contaminantes gaseosos,

Y son bastante heterogéneas, de compleja topografía, por lo que las concentraciones de los contaminantes en un solo punto (que es lo que nos suele permitir debido a lo anteriormente mencionado y a su elevado coste un monitor en continuo) no suelen representar adecuadamente todo el territorio (Millán et al. 2000).

Debido a este generalizado problema, algunos grupos de investigación han venido utilizando los denominados dosímetros pasivos. Los primeros intentos para utilizar este tipo de dispositivos en áreas remotas fueron hace 100 años (Fox, 1873), desde entonces hasta hace un par de décadas el interés por ellos parecía haberse olvidado.

En general se han utilizado para determinar la calidad del aire en:

- Lugares de trabajo,
- Interior de edificios
- Exteriores, incluyendo estudios a nivel regional



En nuestro caso nos encontramos en el tercero de sus usos. Y su importancia reside en la posibilidad de estimar la concentración de algunos contaminantes gaseosos en lugares remotos o su utilización en extensas redes espaciales. Este último ha sido uno de sus usos, la determinación de la existencia o no de los llamados gradientes de contaminación, incluso en el interior de los mismos doseles vegetales (Adema et al. 1993).

Se han utilizado para gases como el dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, monóxido de nitrógeno, ozono, amoníaco, PCBs, sulfuro de hidrógeno, formaldehído, y volátiles orgánicos (VOCs). Han sido mucho más utilizados en problemas relacionados con la salud humana que con los efectos de los contaminantes en la vegetación, este último uso es relativamente más reciente. Dentro de estos usos recientes es interesante mencionar que se han utilizado en áreas protegidas como los Parques Nacionales de Estados Unidos (<http://www2.nature.nps.gov/ard/gas/passives.htm>), comprobándose su enorme utilidad por ejemplo el caso del ozono. También se han realizado esfuerzos similares en algunos países de la Europa del Este como Polonia (Byznerowicz coms. Pers.)

En qué se basan.

Existen diferentes tipos de dosímetros comercializados, pero todos ellos se basan en dos principios físicos: absorción y adsorción.

Absorción (p.e. con tubos de difusión con un filtro como superficie)

El flujo unidireccional de un gas a través de un gas b viene dado por la ley de Fick:

$$F_1 = - D_{ab} \frac{dc_1}{dz}$$

$F_1$  = flujo de gas ( $\text{mol cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ )

$D_{ab}$  = coeficiente del gas a en el gas b ( $\text{cm}^2 \text{s}^{-1}$ )

$C_1$  = concentración del gas a en el gas b ( $\text{mol cm}^{-3}$ )

$Z$  = longitud de la difusión (cm)

La cantidad de gas transferido ( $Q_a$  mol) en  $t$  segundos para un cilindro de radio  $r$  viene dado por las dos ecuaciones siguientes:

$$Q_a = F_a (\pi r^2) t \text{ mol}$$

$$Q_a = - D_{ab} (c_a - c_0) (\pi r^2) t / z \text{ mol}$$



Donde  $c_0$  es la concentración que se registra en la superficie absorbente,  $(c_1 - c_0)/z$  es el gradiente de concentración a lo largo del cilindro de longitud  $z$ , y si la eficiencia del absorbente para eliminar el gas  $a$  es alta el  $c_0$  es 0.

Adsorción (p.e. tubos de difusión empaquetados)

La concentración del gas contaminante es el aire puede calcularse en este caso de la siguiente forma:

Concentración del analito (ppm) =

Masa incorporada (ng)

---

Tasa de incorporación (ng/ppm min) x tiempo de exposición (min)

La tasa de incorporación se calcula de la siguiente forma:

Tasa de incorporación (ng/ppm min) =  $DA / L$

Donde  $D$  es el coeficiente de difusión en aire ( $\text{cm}^2 \text{s}^{-1}$ ),  $A$  es el área de la sección del tubo de difusión y  $L$  su longitud.

Existen cuatro consideraciones a tener en cuenta cuando se diseña un dosímetro pasivo:

- Linealidad de la reacción o respuesta con respecto a la concentración en el aire del compuesto a determinar.
- Especificidad de la reacción del absorbente para el contaminante de interés.
- Efectos de la turbulencia del aire la eficiencia de captura del dispositivo.
- Correlación de los valores obtenidos por el dispositivo con los valores obtenidos por un muestreo en continuo.

Estos cuatro puntos pueden influenciar la medida, pero todos ellos pueden ser minimizados con el diseño adecuado.

## **1.2. Tipos de dosímetros pasivos.**

A continuación se adjuntan algunos ejemplos de dosímetros pasivos para algunos de los contaminantes gaseosos más importantes:

<b>Absorbente / adsorbente</b>	<b>Técnica analítica</b>
<b>AMONIACO (NH<sub>3</sub>)</b> Ac. Oxálico	Colorimetría Espectrofotometría
<b>DIOXIDO DE NITROGENO (NO<sub>2</sub>)</b> Trietanolamina	Espectrofotometría
<b>OZONO (O<sub>3</sub>)</b> Indigo Indigo Carmín Nitrato sódico	Espectrofotometría Espectrofotometría Cromatografía iónica
<b>DIÓXIDO DE AZUFRE (SO<sub>2</sub>)</b> Carbonato sódico Hidróxido sódico Trietanolamina	Cromatografía iónica Cromatografía iónica Espectrofotometría

### 1.3. Ventajas y desventajas de los dosímetros pasivos.

En la siguiente tabla se apuntan algunas de las ventajas y desventajas de estos dispositivos frente a los monitores activos.

<b>Característica</b>	<b>D. pasivo</b>	<b>M. activo</b>
Desde cuando se ha usado	1800	1950
Complejidad de su uso en campo	Bajo (+)	Alto (-)
Coste	Bajo (+)	Alto (-)
Horas de trabajo en campo requeridas	Bajo (+)	Alto (-)
Mantenimiento en campo	Bajo (+)	Alto (-)
Coste de análisis de laboratorio	Moderado-alto (-)	Ninguno-moderado (+/-)
Resolución temporal	Bajo (+)	Alto
Requerimientos energéticos	Ninguno (+)	Necesario (-)
Especificidad de las medidas	Interferencias posibles (+/-)	Interferencias posibles (+/-)
Interferencias meteorológicas	Posibles (-)	Poco probables (+)
Límite de detección	Relativamente alto (-)	Relativamente bajo (+)
Detección de episodios cortos	Bajo (-)	Alto (+)
Costo de su uso a nivel regional	Bajo (+)	Alto (-)

El (+) indica ventaja y el (-) indica desventaja (Fuente: Kruppa & Legge, 2000)

#### 1.4. Perspectivas de uso.

Se trata de una herramienta útil para ciertos estudios, especialmente aquellos en los que se pretende cubrir una amplia zona. Se debe contar con la posibilidad de contar con la existencia de algún monitor en continuo en la zona para así tener una buena calibración de estos dispositivos. Es sin duda una forma relativamente barata de determinar en amplias zonas boscosas la concentración de contaminantes que observan concentraciones crónicas a escala regional. Un ejemplo de esto es el caso del ozono. Pueden ser no tan útiles cuando tratamos con concentraciones episódicas, como puede ser el caso de impactos puntuales muy agudos de dióxido de azufre, pero en cualquier caso pueden servir para indicar donde se encuentran los problemas.

Son pues, una herramienta muy útil para el seguimiento de los niveles de contaminación atmosférica en áreas de interés desde el punto de vista de la conservación, que por su situación, amplitud y complejidad topográfica, no disponiendo de energía eléctrica, no pueden ser fácilmente caracterizados, como es el caso de un Parque Nacional.

#### 1.5. Bibliografía

Fox, C.B. (1973). Ozone and Antozone. J. and A. Churchill, London.

Millán, M.M., Mantilla, E., Carratalá, A., Salvador, R., Sanz, M.J., Alonso, L. & Navazo, M. (2000). Ozone Cycles in the Western Mediterranean Basin: Interpretation of Monitoring data in complex coastal terrain. *Journal of Applied Meteorology*, 39(4): 487-508.

Adema, E.H., Majestik, V., & Binek, B. (1993). The determination of NH<sub>3</sub> concentration gradients in a spruce forest using passive sampling technique. *Water, Air & Soil Pollution* 69: 321-335.

Kruppa, S. & Legge, A. (2000). Passive sampling of ambient, gaseous air pollutants: an assesment from an ecological perspective. *Envir. Pollut.* 107: 31-45.



## 2. OBJETIVOS DEL PRESENTE ESTUDIO

Se pretende realizar un estudio piloto de la calidad del Aire en las parcelas de Nivel II que disponen de instrumentación meteorológica, sin necesidad de instrumentación permanente o que requiera el uso de corriente eléctrica.

Se determinan cuatro de los gases considerados contaminantes de mayor impacto en los las especies vegetales, considerando tanto contaminantes primarios (SO<sub>2</sub> y NH<sub>3</sub>) como secundarios (O<sub>3</sub>, y NO<sub>2</sub>).

---

### ENVÍO DOSÍMETROS

---

## 3. ENVIO DE DOSIMETROS

El envío de dosímetros para su exposición se ha llevado a cabo siguiendo el calendario enviado por el SPCAN; este calendario es el de las visitas a las parcelas de Nivel II. Siguiendo el protocolo previsto:

- Se montaron los lotes de dosímetros para el periodo cubierto por este informe (montaje, impregnación de las superficies absorbentes, empaquetado por localidad y marcaje, embalaje y etiquetado y envío, incluyendo las fichas por localidad y manual de instrucciones en cada envío). Cada vez se enviaron 14 lotes (13 parcelas + blanco).
- El envío se realizó por mensajería al INIA, tal como se indicó por el SPCAN.
- Para los envíos recibidos, después de la exposición de los dosímetros, se comprobó que el material enviado se había recibido.

---

## ANÁLISIS DOSÍMETROS

---

### 4. ANÁLISIS DE DOSIMETROS

Se realizaron los análisis de los dosímetros en un laboratorio de analítica, utilizando equipos como el espectrofotómetro UV-Visible (CARY IV, Variant) y dos cromatógrafos iónicos (Dionex LC20, y DX-120), además de una cámara de aire cero en la que se manipulan los dosímetros tanto para montarlos como para desmontarlos. Este proceso, así como el de extracción y análisis se han llevado a cabo por dos químicos analíticos con la colaboración de los auxiliares de laboratorio con experiencia en la preparación y análisis de este tipo de dispositivos. Tras la extracción y análisis de los dosímetros expuestos, se calcularon las concentraciones para cada uno de los contaminantes y el periodo de exposición, y se incluyeron en una base de datos.

Los resultados obtenidos se adjuntan a continuación. Se ha seguido el calendario propuesto por el SPCAN para el envío y análisis de los dosímetros. Los resultados finales de las medidas con dosímetros pasivos para las 13 parcelas se incluyen el apartado resultados de este informe (ver más adelante):

### 5. MATERIAL Y MÉTODOS

Durante la primera parte del año (hasta abril de 2009), se han utilizado dos réplicas por tipo de dispositivo y localización, pero a partir de abril se han utilizado tres réplicas para todas las medidas. De común acuerdo con la DGB, y siguiendo las recomendaciones del ICP-Forests, las medidas de dosimetría del O<sub>3</sub> fueron bisemanales, mientras que la periodicidad de los otros tres contaminantes (NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>) fueron cada 4 semanas. También siguiendo las recomendaciones del ICP-Forests, en todos los casos se intensificaron las medidas: en vez de llevarse a cabo con 2 dosímetros por punto de muestreo y contaminante, se realizaron con 3 réplicas. Las carcasas se fijan a un poste de 2 m de altura. Hasta abril se han utilizado dosímetros con dos cavidades (Fig. 1A) y a partir de abril, con una cavidad (1B).

Se utilizan dos réplicas por tipo de dispositivo y localización. Los dosímetros de SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> y NH<sub>3</sub> van montados en una carcasa, y los de O<sub>3</sub> en otra. Ambas carcasas se fijan a un poste de 2,50 m de altura.

### DOSÍMETRO DE OZONO

El dosímetro para la evaluación de los niveles de ozono (O<sub>3</sub>) consiste en los dispositivos (dosímetro y carcasa expositora), y el análisis.

**Dispositivos:** Hasta abril se han utilizado dosímetros que constan de un cuerpo de polipropileno de 26 mm de largo por 15 mm de diámetro interno con dos cavidades, donde se alojan entre dos mallas de acero inoxidable (y un filtro por cavidad) de fibra de vidrio (15 cm diámetro) impregnados con una disolución de nitrito y sales higroscópicas, estas últimas para regular la humedad en el filtro (Figura 1A). Las cavidades se encuentran cerradas con dos tapas de polipropileno provistas de perforaciones. Finalmente, con el fin de evitar el efecto de la dirección del viento y que haya una correcta difusión del aire hasta los dosímetros, estos se alojan en una carcasa para su exposición que se suministra para cada uno de los puntos a considerar. El principio de medida se basa en la oxidación del nitrito al entrar en contacto con ozono, pasando a nitrato, posteriormente, este nitrato es analizado por cromatografía iónica (Dionex LC20 con una columna Ionpack de 2 mm).

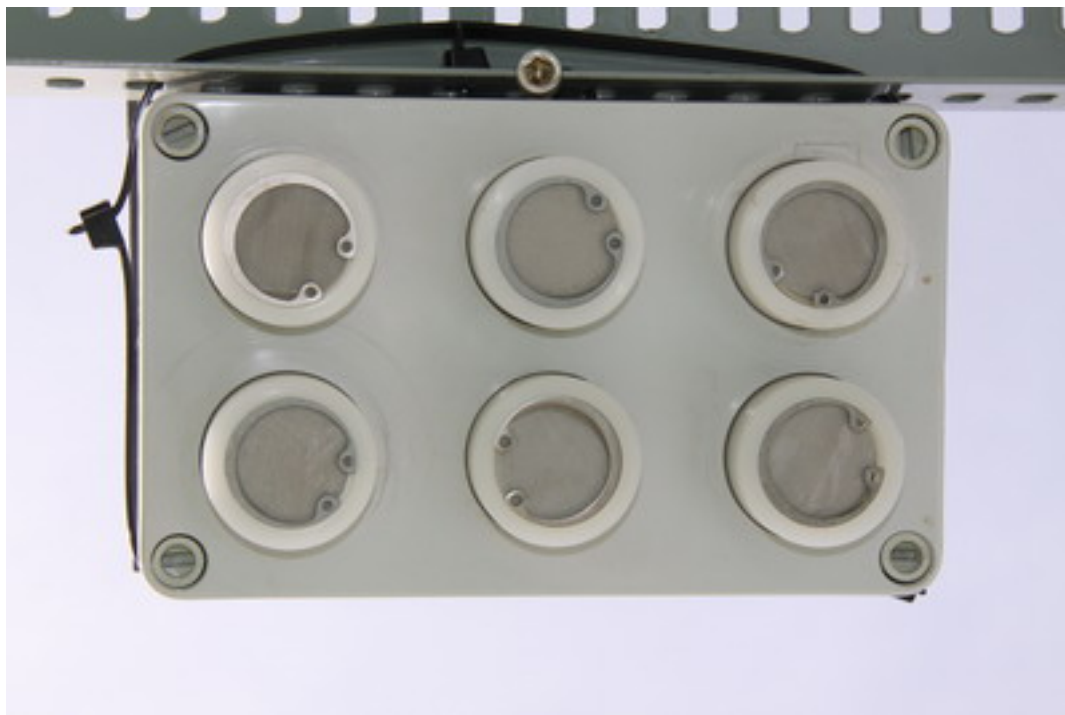
El par de dosímetros se presentan montados en una abrazadera doble de polietileno, con un tornillo central de acero inoxidable que se enrosca a la carcasa. Todo ello se encuentra dentro de una bolsa de polietileno trasparentemente herméticamente cerrada. En cada envío además se incluye un dosímetro en una bolsa de polietileno cerrada etiquetado como blanco que no debe ser expuesto pero debe transportarse con los otros dosímetros del lote enviado.

A partir de abril se ha cambiado a un tipo de dosímetro más fiable, ya que es menos sensible al viento (Figura 1B). El dispositivo para muestrear O<sub>3</sub> consiste en un pequeño aro de polipropileno (10 mm de altura, 20 mm de diámetro interno y 25 mm de diámetro externo), cerrado por un lado con un tapón de polietileno, sobre el que se coloca un filtro de fibra de vidrio de 25 mm de diámetro (Millipore AP20) impregnado con una solución de Nitrito sódico y sales higroscópicas, estas últimas regulan la humedad del filtro. El principio de medida se basa en la oxidación del nitrito al entrar en contacto con ozono, pasando a nitrato, posteriormente, este nitrato es analizado por cromatografía iónica (Dionex LC20 con una columna IonPack de 2 mm).

Una malla de acero inoxidable (0,08 mm de diámetro de malla, 0,125 mm de medida de malla y 38,5% de porosidad), se coloca en el otro extremo del tapón de polietileno, y una membrana de teflón (Sartorius PTFE, 1,2  $\mu\text{m}$  de poro) se deja sobre la malla, quedando cerrado el tapón de polietileno mediante un aro situado sobre la malla de acero galvanizado que encaja en una ranura de la pared. El aro posee una apertura de 20 mm de diámetro, por la cual entrará el aire atmosférico por difusión molecular. Para el transporte antes y después de su exposición la superficie en donde se encuentra la membrana de Teflón se cubre con una tapa de polipropileno que se sujeta con una cinta de Parafilm.



**Figura 1A.** Dosímetro de ozono utilizado hasta abril. A) Dosímetro de ozono desmontado. De izquierda a derecha: tapón de polipropileno con 24 perforaciones de 1,5 mm, malla de acero inoxidable (0,3 mm de paso de malla), filtro de fibra de vidrio impregnado con la solución captadora, cuerpo de polipropileno, y a continuación otra vez las partes mencionadas en orden inverso.



**Figura 1B.** Dosímetros de ozono utilizado a partir de abril.

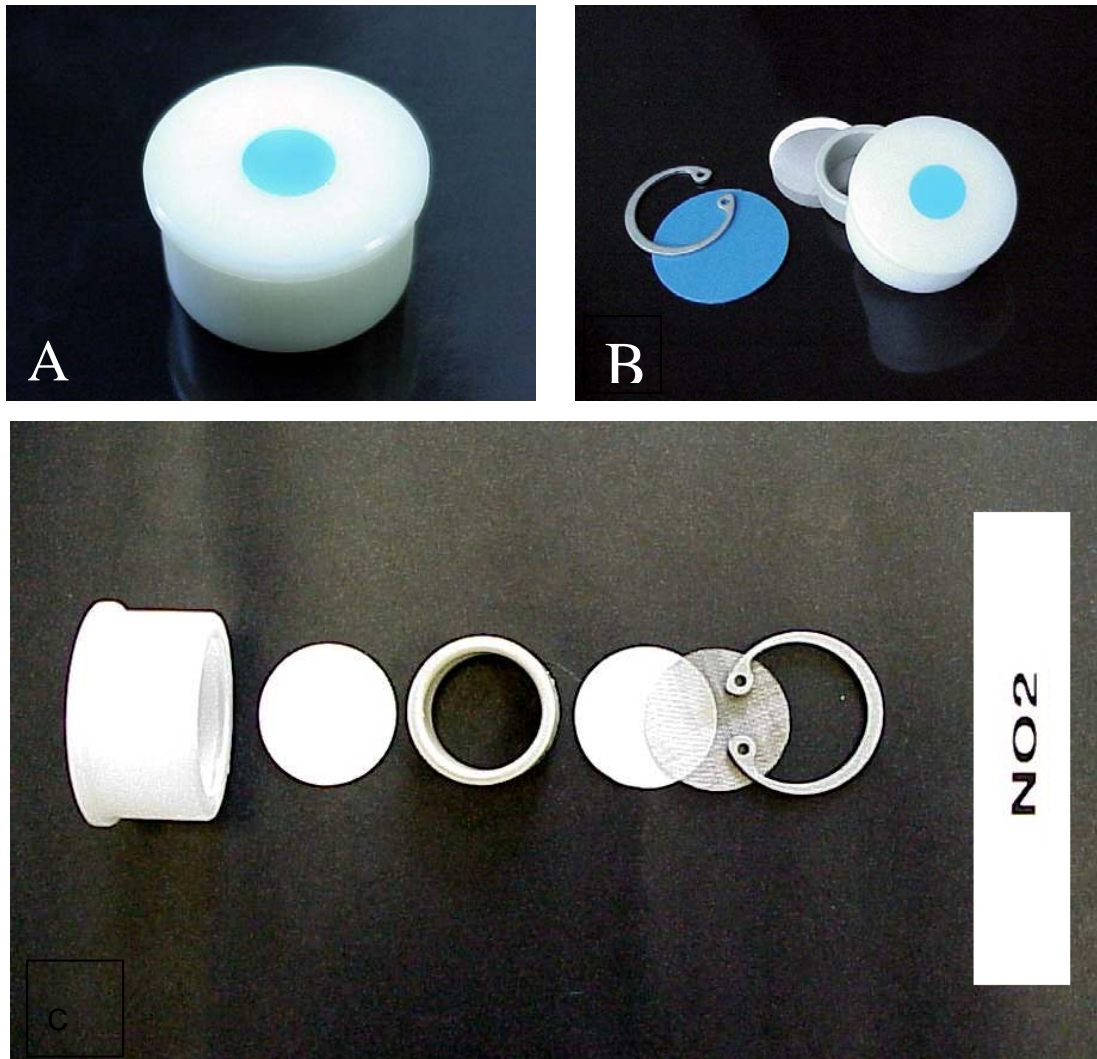
### **DOSÍMETRO DE DIÓXIDO DE NITRÓGENO**

El dosímetro para la evaluación de los niveles de dióxido de Nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ) consiste, en los dispositivos (dosímetro y carcasa expositora, la carcasa es común para el dispositivo de  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$  y  $\text{NH}_4$ ), y el análisis.

**Dispositivo:** El dispositivo para muestrear  $\text{NO}_2$  consiste en un pequeño aro de polipropileno (10 mm de altura, 20 mm de diámetro interno y 25 mm de diámetro externo), cerrado por un lado con un tapón de polietileno, sobre el que se coloca un filtro de fibra de vidrio de 25 mm de diámetro (Millipore AP20) impregnado con una solución de Trietanolamina. El  $\text{NO}_2$  se capta en forma de nitrito que posteriormente se determina por espectrofometría (CARY IV, Variant). Una malla de acero inoxidable (0,08 mm de diámetro de malla, 0,125 mm de medida de malla y 38,5% de porosidad), se coloca en el otro extremo del tapón de polietileno, y una membrana de teflón (Sartorius PTFE, 1,2  $\mu\text{m}$  de poro) se deja sobre la malla, quedando cerrado el tapón de polietileno mediante un aro situado sobre la malla de acero galvanizado que encaja en una ranura de la pared. El aro posee una apertura de 20 mm de diámetro, por la cual entrará el aire atmosférico por difusión molecular. Para el transporte antes y después

de su exposición la superficie en donde se encuentra la membrana de Teflón se cubre con una tapa de polipropileno que se sujeta con una cinta de Parafilm.

El dispositivo presenta en la parte superior un punto de color azul para su fácil identificación.



**Figura 2.** Dosímetro de NO<sub>2</sub>. A) vista superior. B) Piezas incluyendo la tapa inferior. C) De izquierda a derecha, tapon de polipropileno, filtro de fibra de vidrio impreginado, aro interno de polipropileno, membrana de Teflón, malla de acero inoxidable y aro de sujeción.

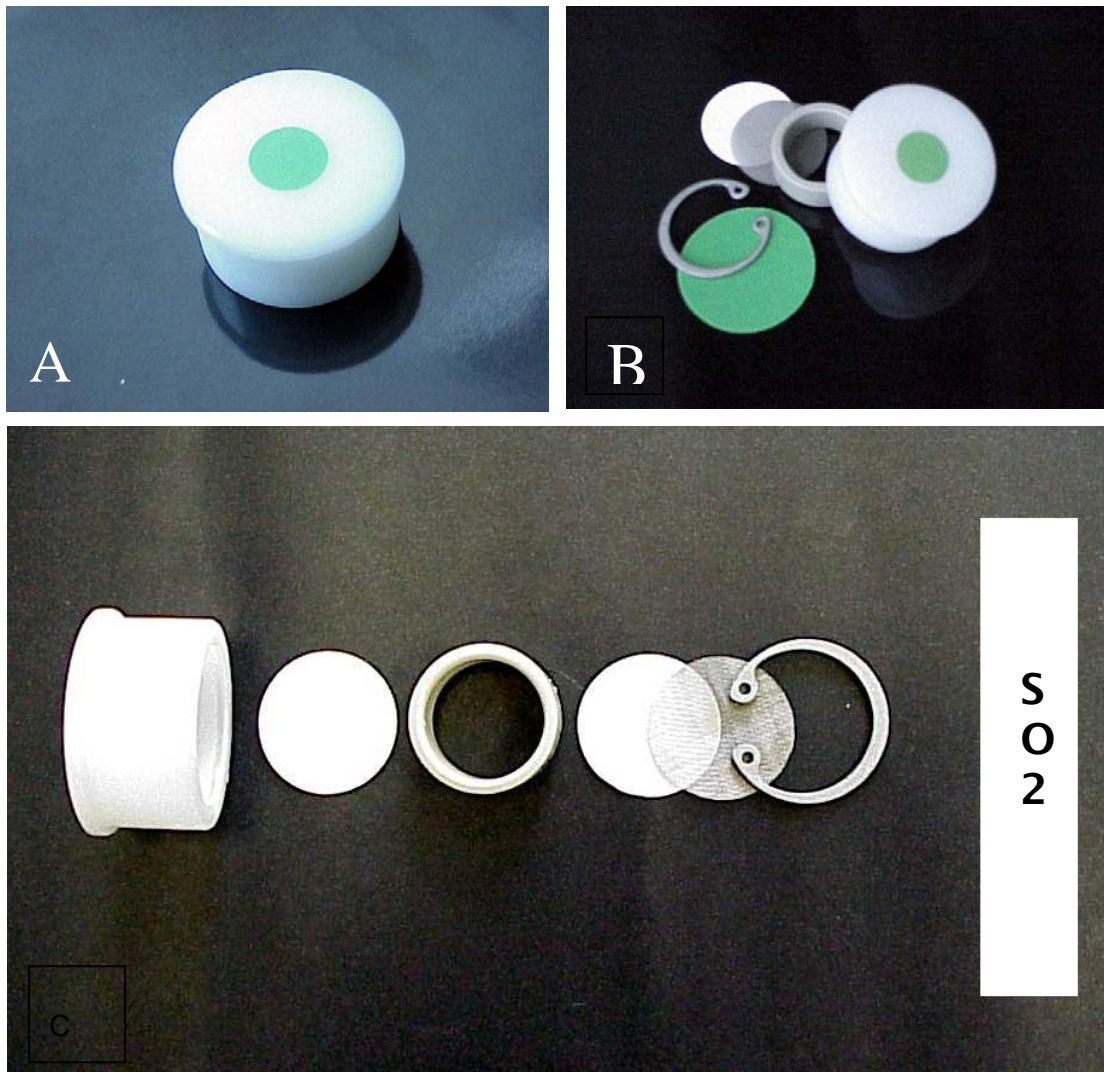
## DOSÍMETRO DE DIÓXIDO DE AZUFRE

El dosímetro para la evaluación de los niveles de dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ) consiste, en los dispositivos (dosímetro y carcasa expositora, la carcasa es común para el dispositivo de  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$  y  $\text{NH}_3$ ), y el análisis.

**Dispositivo:** El dispositivo para muestrear  $\text{SO}_2$  consiste en un pequeño aro de polipropileno (10 mm de altura, 20 mm de diámetro interno y 25 mm de diámetro externo), cerrado por un lado con un tapón de polietileno, sobre el que se coloca un filtro de fibra de vidrio de 25 mm de diámetro (Millipore AP20) impregnado con una disolución de sosa en metanol y el análisis del dióxido de azufre recogido por el absorbente, se analiza como sulfato por cromatografía iónica.

Una malla de acero inoxidable (0,08 mm de diámetro de malla, 0,125 mm de medida de malla y 38,5% de porosidad), se coloca en el otro extremo del tapón de polietileno, y una membrana de teflón (Sartorius PTFE, 1,2  $\mu\text{m}$  de poro) se deja sobre la malla, quedando cerrado el tapón de polietileno mediante una aro situado sobre la malla de acero galvanizado que encaja en una ranura de la pared. El aro posee una apertura de 20 mm de diámetro, por la cual entrará el aire atmosférico por difusión molecular. Para el transporte antes y después de su exposición, la superficie en donde se encuentra la membrana de Teflón se cubre con una tapa de polipropileno que se sujeta con una cinta de Parafilm.

El dispositivo presenta en la parte superior un punto de color verde para su fácil identificación.



**Figura 3.** Dosímetro de SO<sub>2</sub>. A) vista superior. B) Piezas incluyendo la tapa inferior. C) De izquierda a derecha, tapon de polipropileno, filtro de fibra de vidrio impregnado, aro interno de polipropileno, membrana de Teflón, malla de acero inoxidable y aro de sujeción.



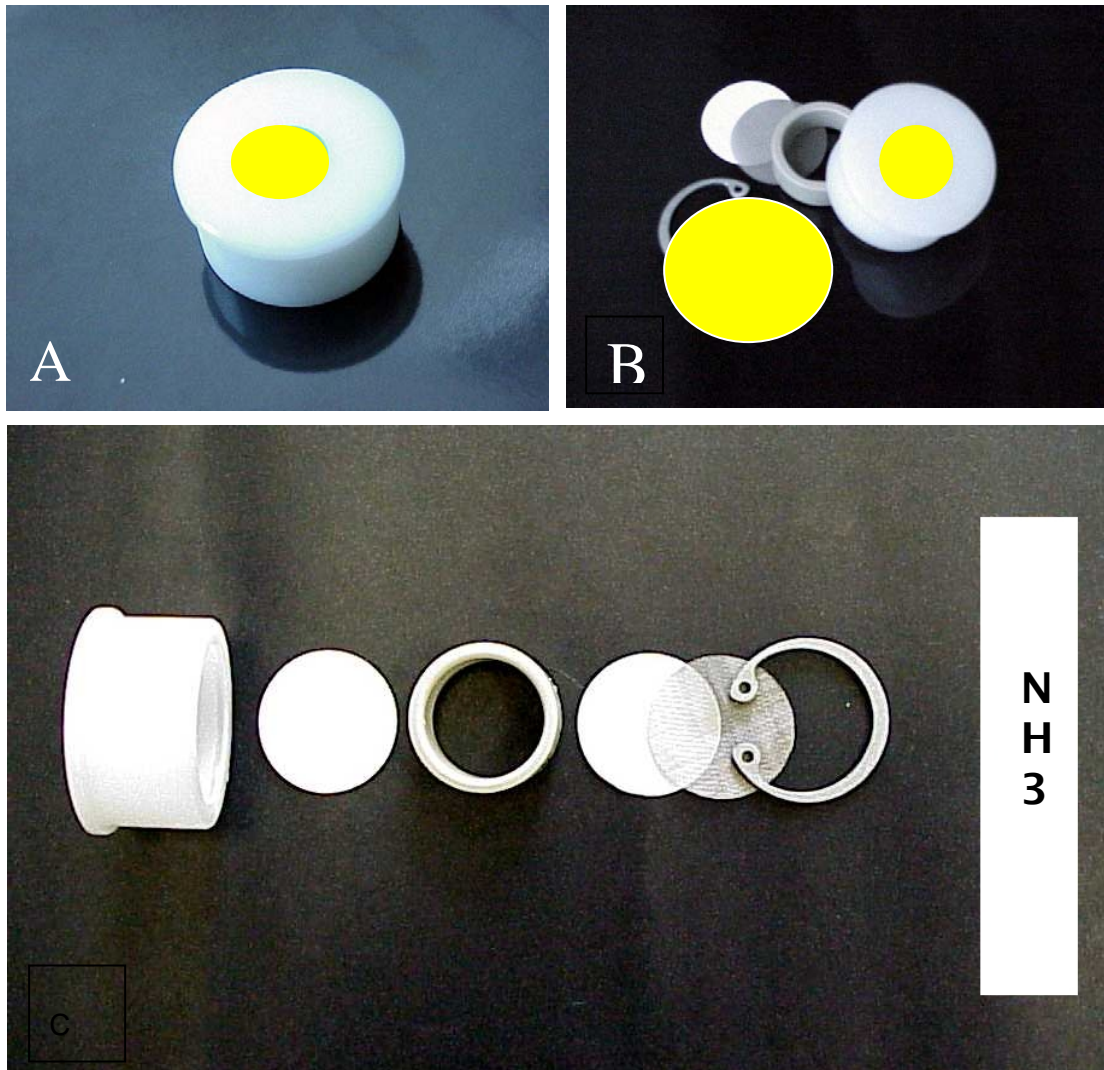
## DOSÍMETRO DE AMONIACO

El dosímetro para la evaluación de los niveles de amoniaco ( $\text{NH}_3$ ) consiste, en los dispositivos (dosímetro y carcasa expositora, la carcasa es común para el dispositivo de  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$  y  $\text{NH}_3$ ), y el análisis.

**Dispositivo:** El dispositivo para muestrear  $\text{NH}_3$  consiste en un pequeño aro de polipropileno (10 mm de altura, 20 mm de diámetro interno y 25 mm de diámetro externo), cerrado por un lado con un tapón de polietileno, sobre el que se coloca un filtro de fibra de vidrio de 25 mm de diámetro (Millipore AP20) impregnado con una disolución de ácido cítrico en metanol y el análisis del amoniaco recogido por el absorbente se analiza como amonio por espectrofotometría.

Una malla de acero inoxidable (0,08 mm de diámetro de malla, 0,125 mm de medida de malla y 38,5% de porosidad), se coloca en el otro extremo del tapón de polietileno, y una membrana de teflón (Sartorius PTFE, 1,2  $\mu\text{m}$  de poro) se deja sobre la malla, quedando cerrado el tapón de polietileno mediante una aro situado sobre la malla de acero galvanizado que encaja en una ranura de la pared. El aro posee una apertura de 20 mm de diámetro, por la cual entrará el aire atmosférico por difusión molecular. Para el transporte antes y después de su exposición, la superficie en donde se encuentra la membrana de Teflón se cubre con una tapa de polipropileno que se sujeta con una cinta de Parafilm.

El dispositivo presenta en la parte superior un punto de color amarillo para su fácil identificación.



**Figura 4.** Dosímetro de  $\text{NH}_3$ . A) vista superior. B) Piezas incluyendo la tapa inferior. C) De izquierda a derecha, tapon de polipropileno, filtro de fibra de vidrio impregnado, aro interno de polipropileno, membrana de Teflón, malla de acero inoxidable y aro de sujeción.

## Control de calidad y validación

Los dispositivos se someten a calibraciones/validaciones con instrumentos homologados para cada uno de los lotes (todos los envíos para cada periodo de exposición quincenal corresponden a un mismo lote) coincidiendo con los periodos de exposición. Las validaciones se realizan para al menos tres tipos de régimen de exposición (tres altitudes diferentes, baja, media y alta). Los instrumentos utilizados para las validaciones son:

NO<sub>2</sub>: Analizador de óxidos de nitrógeno NO/NO<sub>x</sub>/NO<sub>2</sub> "Dasibi Chemiluminescent Nitrogen oxides analyzer model 2108". Método de referencia de la EPA para la medida de NO<sub>2</sub> (Nº RFNA-0479-038)

SO<sub>2</sub> : Analizador de dióxido de azufre "Dasibi U.V Fluorescence SO<sub>2</sub> analyzer, model 4108 /W perm" (incluye calibrador). Método homologado por la EPA para la medida de SO<sub>2</sub> (Nº EQSA-1086-061)

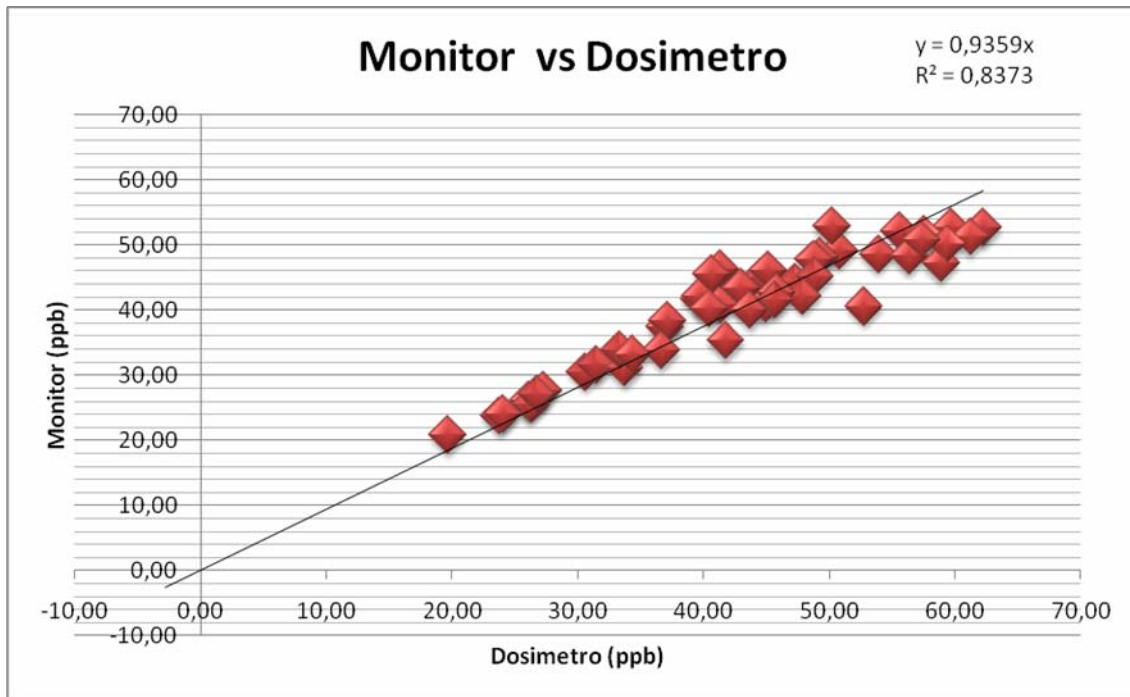
O<sub>3</sub> : analizador de ozono "Dasibi UV Photometric O<sub>3</sub> analyzer, model 1008-RS". Método homologado por la EPA para la medida de SO<sub>2</sub> (Nº EQSA-0383-056).

NH<sub>3</sub>: El dosímetro de NH<sub>3</sub> se ha validado frente a un fotoacústico INNOVA y un Un TGA100A Trace Gas Analyzer.

La QA se resuelve mediante el uso de blancos (que se incluyen en cada envío) y la existencia de réplicas para cada una de las exposiciones (2 dosímetros por punto periodo y gas considerado).

Se dispone de dos simuladores de atmósferas controladas completamente equipadas para la medida de los gases contemplados en las que se realizan validaciones de los dispositivos, cuando se realizan modificaciones en los dispositivos o en las carcasas que los protegen.

Ejemplo de Validación de un lote de dosímetros de Ozono:



**Figura 5:** Comparación entre las medidas realizadas con dosímetros pasivos y las realizadas con un analizador en continuo. En el ejemplo de validación que se adjunta se puede observar que la respuesta es lineal y la correlación entre los valores del monitor en continuo homologado y nuestro dispositivo es del 98%.

---

## INFORMES

---

### 5. INFORMES

Este informe final recoge los resultados de dos informes parciales anteriores (2009/1 y 2009/2), y cubre hasta el final del año 2009.

Los resultados obtenidos de los análisis realizados de los dosímetros pasivos para las 13 parcelas en 2009 se incluyen en forma de tablas y gráficas en las páginas siguientes.

### 6. RESULTADOS

En las páginas siguientes se detallan los resultados del estudio.

## 7. CONCLUSIONES

En el apartado anterior se han incluido el valor promedio diario para la quincena y mes para los cuatro gases considerados ( $O_3$ ,  $NO_2$ ,  $NH_3$  y  $SO_2$ ). Se han incluido todos los datos disponibles, con el objeto de mostrar una continuidad temporal.

En el caso del amoniaco el límite de detección es de 250 ppb h de AOT, y en el caso del  $SO_2$  en general los valores son extremadamente bajos, muy cerca del límite de detección.

### Óxidos de Nitrógeno

Los óxidos de Nitrógeno son precursores del ozono y resultan de la fijación de Nitrógeno presente en el aire cuando se somete a las altas temperaturas que se dan en los procesos de combustión (p.e. motores de combustión). Están por tanto altamente relacionados con la existencia de actividad industrial y tráfico rodado.

Los resultados obtenidos pueden resumirse en los siguientes puntos:

- Los valores tienden a incrementarse en general en invierno aunque puntualmente pueden ser altos en primavera o inicio del verano, en algunos puntos de muestreo donde probablemente debido al aumento de actividad del parque móvil en entorno inmediato del punto de muestreo la localización se producen emisiones locales más elevadas.
- Las concentraciones se mantienen, casi siempre menores a 2 ppb. Estas concentraciones son bajas y nada preocupantes.
- La localidad que presenta una mayor concentración es El Saler, debido a la influencia de la ciudad de Valencia relativamente cerca. La parcela de Dodro (Galicia) también presenta los valores más altos, después de El Saler.

### Ozono

El ozono es en general moderado en todas las localidades, las concentraciones son más altas en primavera, verano y otoño, observándose generalmente los mínimos en invierno, coincidiendo con máximos de sus precursores o radiaciones solares muy bajas. En general las parcelas más al sur de la península y mayor altitud presentan mayores concentraciones de ozono.



## Amoniaco

Las fuentes más importantes para este gas son las actividades agrícolas y ganaderas, especialmente si son intensivas. El amoniaco es un gas que no se transporta a largas distancias y que se deposita relativamente pronto. Las concentraciones de amoniaco suelen ser más elevadas en primavera, verano y otoño cuando las temperaturas son más elevadas y se favorece la volatilización y coincidiendo con periodos de fertilización de la tierra de cultivo y actividades ganaderas.

Las concentraciones son habitualmente menores a 2 ppb, concentraciones muy bajas, aumentando en primavera y verano.

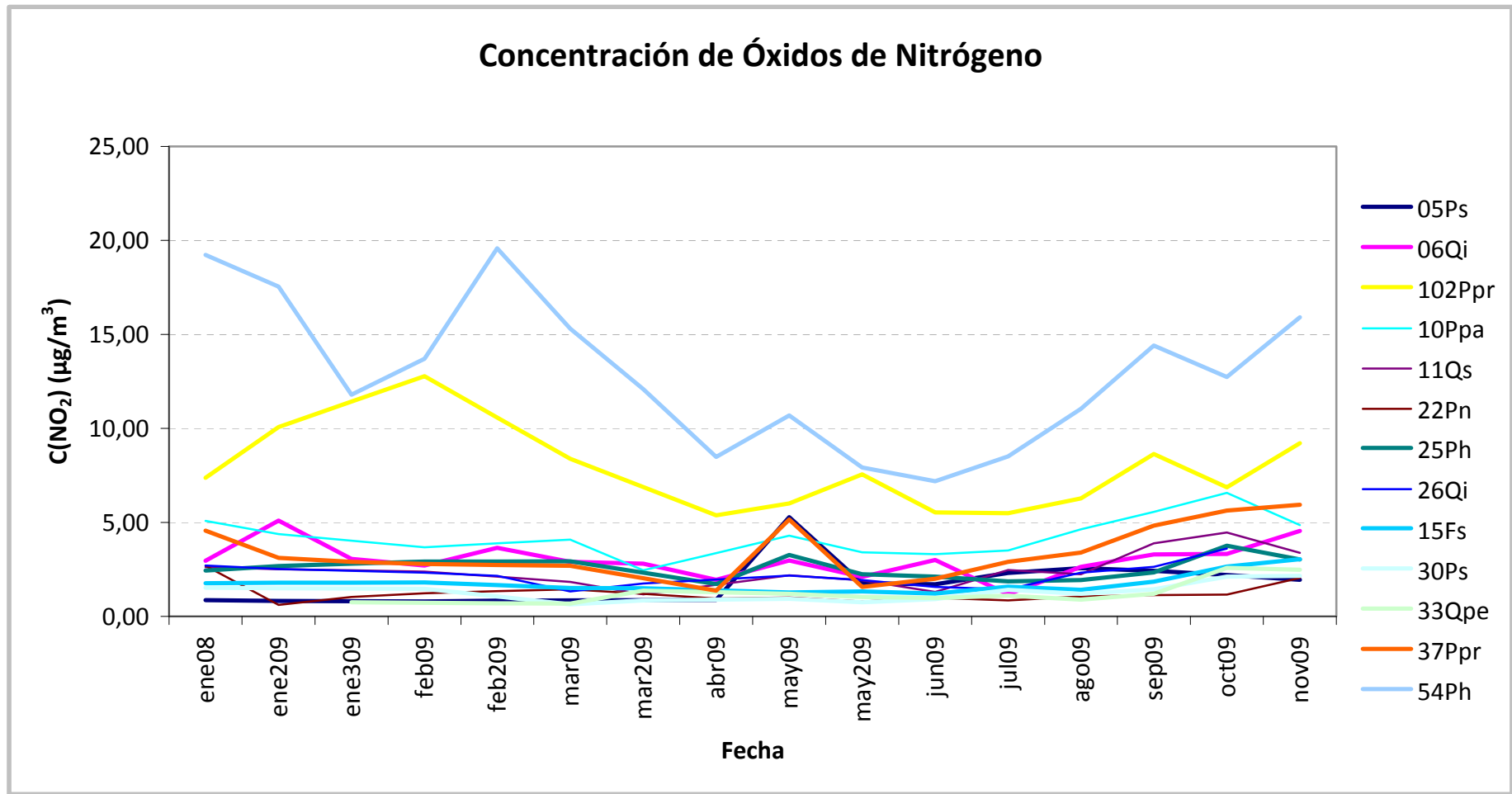
La localidad con concentraciones mayores de amoniaco es la de Cuellar, durante todo el año. Destaca un pico muy importante superior a 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en el período entre noviembre y diciembre de 2009 en la parcela de Almonte (Huelva).

## Dióxido de Azufre

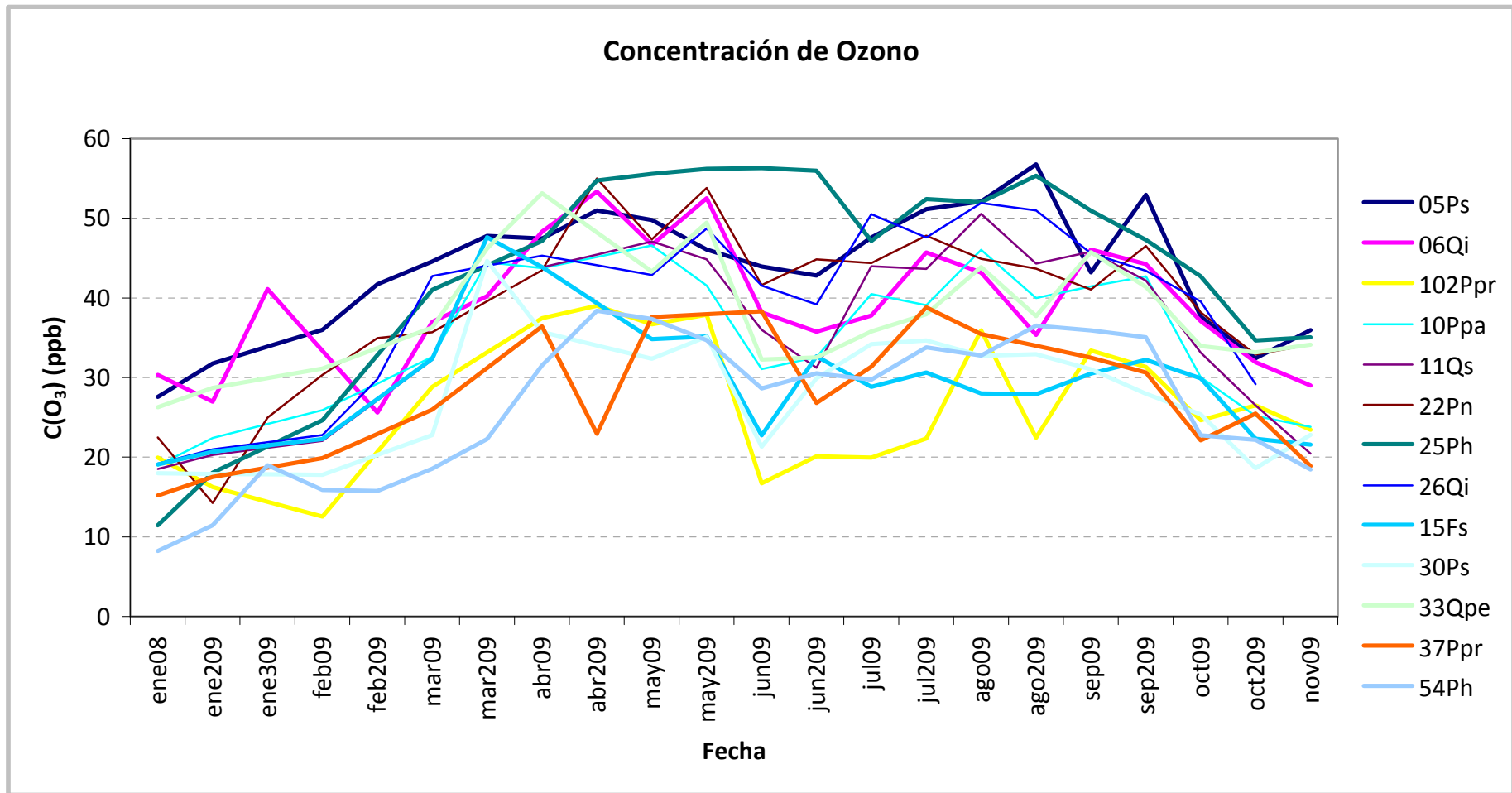
El dióxido de Azufre es un gas que se puede asociar muy estrechamente a los procesos de combustión en los que el material que se quema tienen un alto contenido en Azufre (p.e. Centrales térmicas de Carbón y combustión de fuel-oleo, motores diesel). Es un contaminante primario asociado a estas fuentes.

Las concentraciones en las localizaciones se encuentran generalmente entre 1 y 2 ppb, concentraciones muy bajas. Estas concentraciones son las normales para áreas remotas que no se ven influenciadas por masas de aire contaminadas por actividades industriales y urbanas.

La localidad de El Saler es en la que se registran mayor concentración de  $\text{SO}_2$ . Le siguen las localidades de Almonte (Huelva) y Dodro (Galicia) que también presentan picos de concentración elevados seguramente provocados por áreas industriales cercanas.

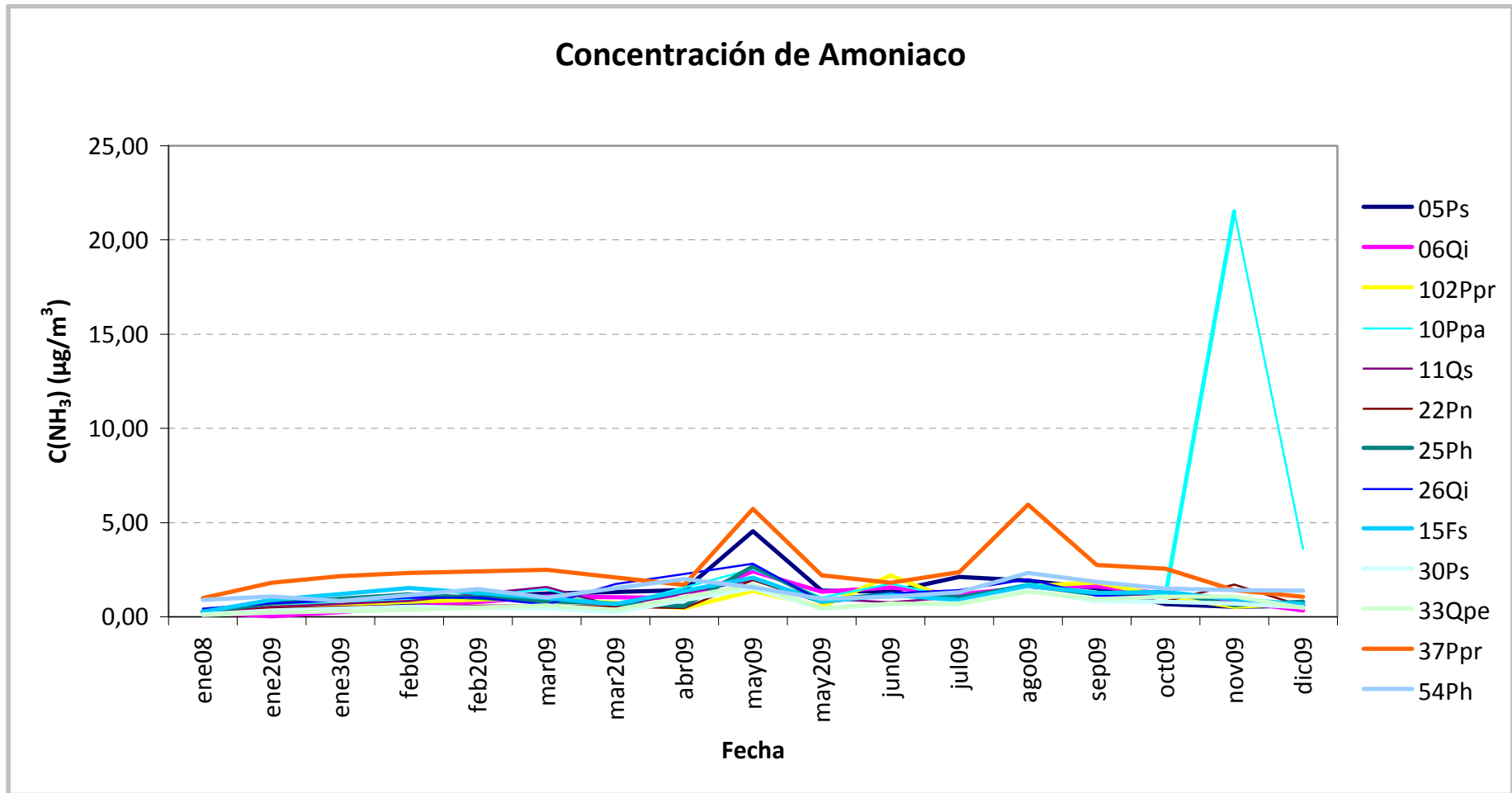


**Figura 58:** Promedio de concentraciones de óxidos de nitrógeno ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) de todas las localidades de muestreo durante el año 2009. Las discontinuidades en las líneas ocurren debido a que los periodos de exposición de algunas parcelas (p.e. 05Ps, 102Ppr) son mayores que en otras en las que se expuso con mayor frecuencia durante periodos de exposición más cortos (06Qi, 54Ph), también puede ser debido a errores en el análisis

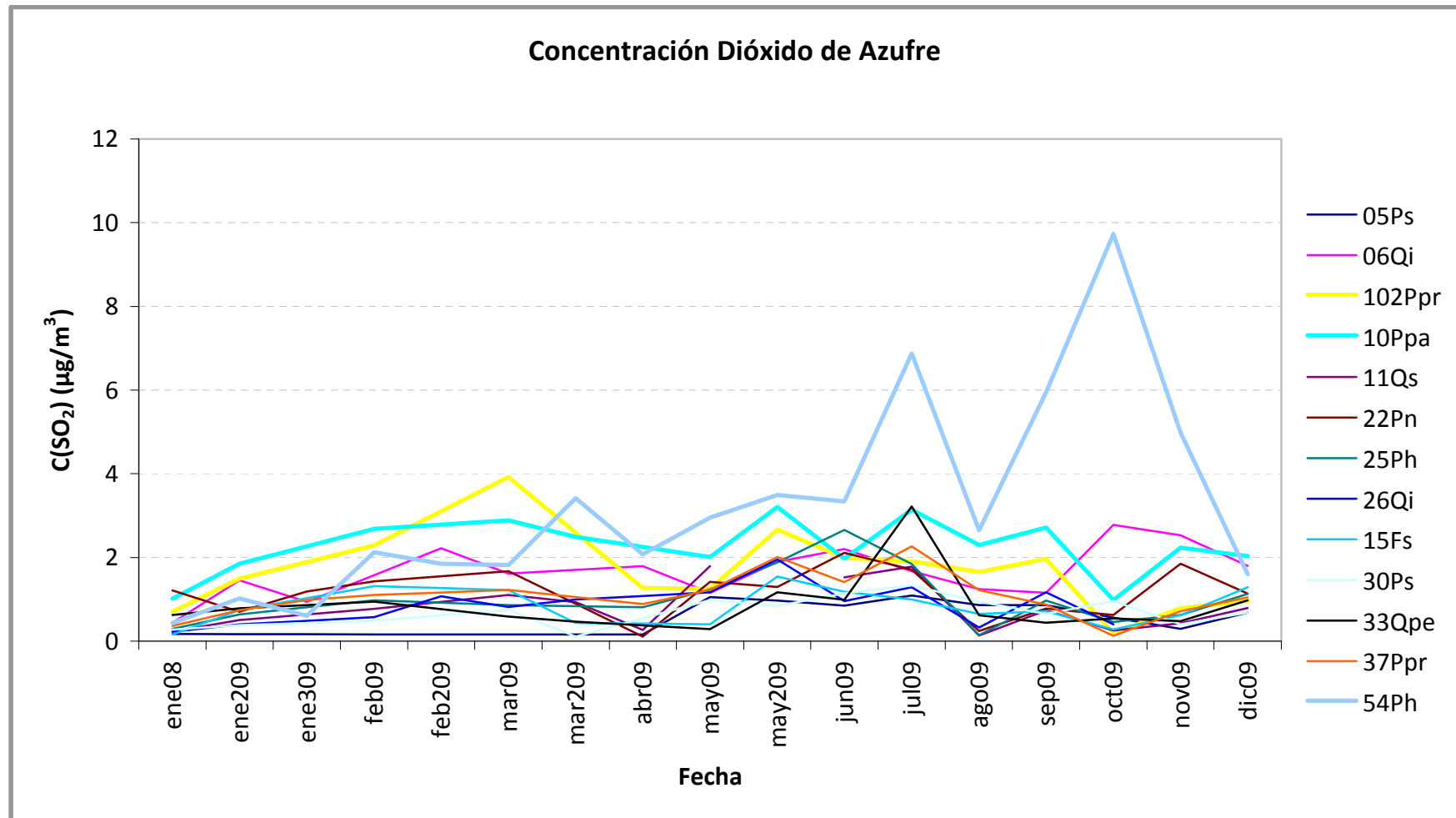


**Figura 59:** Promedio de concentraciones de ozono (ppb) de todas las localidades de muestreo durante el año 2009. Las discontinuidades en las líneas ocurren debido a que los periodos de exposición de algunas parcelas (p.e. 05Ps) son mayores que en otras en las que se expuso con mayor frecuencia durante periodos de exposición más cortos (06Qi), también puede ser debido a errores en el análisis.





**Figura 60:** Promedio de concentraciones de amoniaco ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) de todas las localidades de muestreo durante el año 2009. Las discontinuidades en las líneas ocurren debido a que los periodos de exposición de algunas parcelas (p.e. 05Ps, 102Ppr) son mayores que en otras en las que se expuso con mayor frecuencia durante periodos de exposición más cortos (06Qi, 54Ph), también puede ser debido a errores en el análisis



**Figura 61:** Promedio de concentraciones de dióxidos de azufre ( $\mu g/m^3$ ) de todas las localidades de muestreo durante el año 2009. Las discontinuidades en las líneas ocurren debido a que los periodos de exposición de algunas parcelas (p.e. 05Ps, 102Ppr) son mayores que en otras en las que se expuso con mayor frecuencia durante periodos de exposición más cortos (06Qi, 54Ph), también puede ser debido a errores en el análisis