

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 2010*



MINISTERIO
DE MEDIO AMBIENTE
Y MEDIO RURAL Y MARINO

SECRETARÍA DE ESTADO DE
MEDIO RURAL Y AGUA

SECRETARÍA GENERAL DE
MEDIO RURAL

DIRECCIÓN GENERAL DE MEDIO
NATURAL Y POLÍTICA FORESTAL

SERVICIO DE PROTECCIÓN DE LOS MONTES CONTRA LOS AGENTES NOCIVOS
C/ Ríos Rosas, 24
28003 Madrid, SPAIN



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 -2010

“MONITORING OF AIR QUALITY”



**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 (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:

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



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

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:

$$\text{Tasa de incorporación (ng/ppm min)} = DA / L$$

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:

Absorbente / adsorbente	Técnica analítica
AMONIACO (NH₃) Ac. Oxálico	Colorimetría Espectrofotometría
DIOXIDO DE NITROGENO (NO₂) Trietanolamina	Espectrofotometría
OZONO (O₃) Indigo Indigo Carmín Nitrato sódico	Espectrofotometría Espectrofotometría Cromatografía iónica
DIÓXIDO DE AZUFRE (SO₂) 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.

Característica	D. pasivo	M. activo
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., Majestrik, V., & Binek, B. (1993). The determination of NH₃ 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_2 y NH_3) como secundarios (O_3 , y NO_2).

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 su 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 2010 se han utilizado tres réplicas de dosímetros para todas las medidas. De común acuerdo con la DGB, y siguiendo las recomendaciones del ICP-Forests, las medidas de dosimetría del O₃ fueron bisemanales en los seis meses centrales del año (abril-septiembre), mientras que la periodicidad de los otros tres contaminantes (NO₂, SO₂, NH₃) y del ozono en los meses restantes fueron mensuales. Las carcacas se fijan a un poste de 2 m de altura.

Se utilizan tres réplicas por tipo de dispositivo y localización. Los dosímetros de SO₂ y NO₂ van montados en una carcaca, y los de NH₃ y O₃ en otra. Ambas carcacas se fijan a un poste de 2 m de altura.



DOSÍMETRO DE OZONO

El dosímetro para la evaluación de los niveles de ozono (O_3) consiste en los dispositivos (dosímetro y carcasa expositora, la carcasa es común para los dispositivos de O_3 y NH_3), y el análisis.

Dispositivos:

El dispositivo para muestrear O_3 (Fig. 1) 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 μm 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.

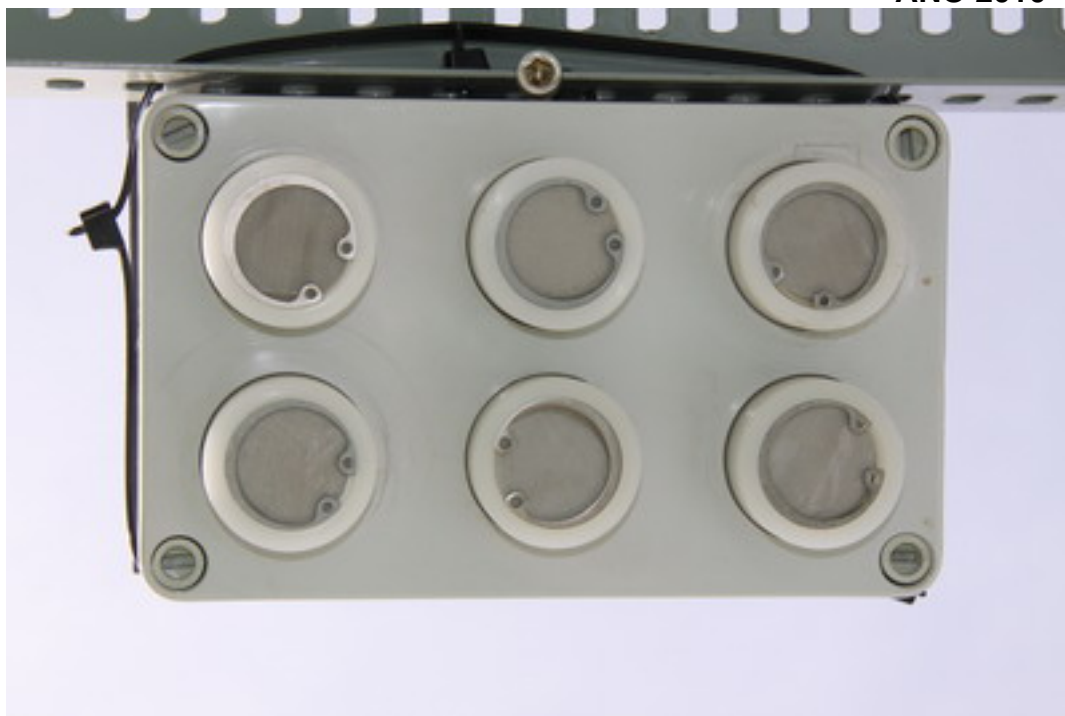


Figura 1. Dosímetros de ozono utilizado a partir de abril de 2009.

DOSÍMETRO DE DIÓXIDO DE NITRÓGENO

El dosímetro para la evaluación de los niveles de dióxido de Nitrógeno (NO_2) consiste, en los dispositivos (dosímetro y carcasa expositora, la carcasa es común para el dispositivo de NO_2 y SO_2), y el análisis.

Dispositivo: El dispositivo para muestrear 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 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 μm 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.

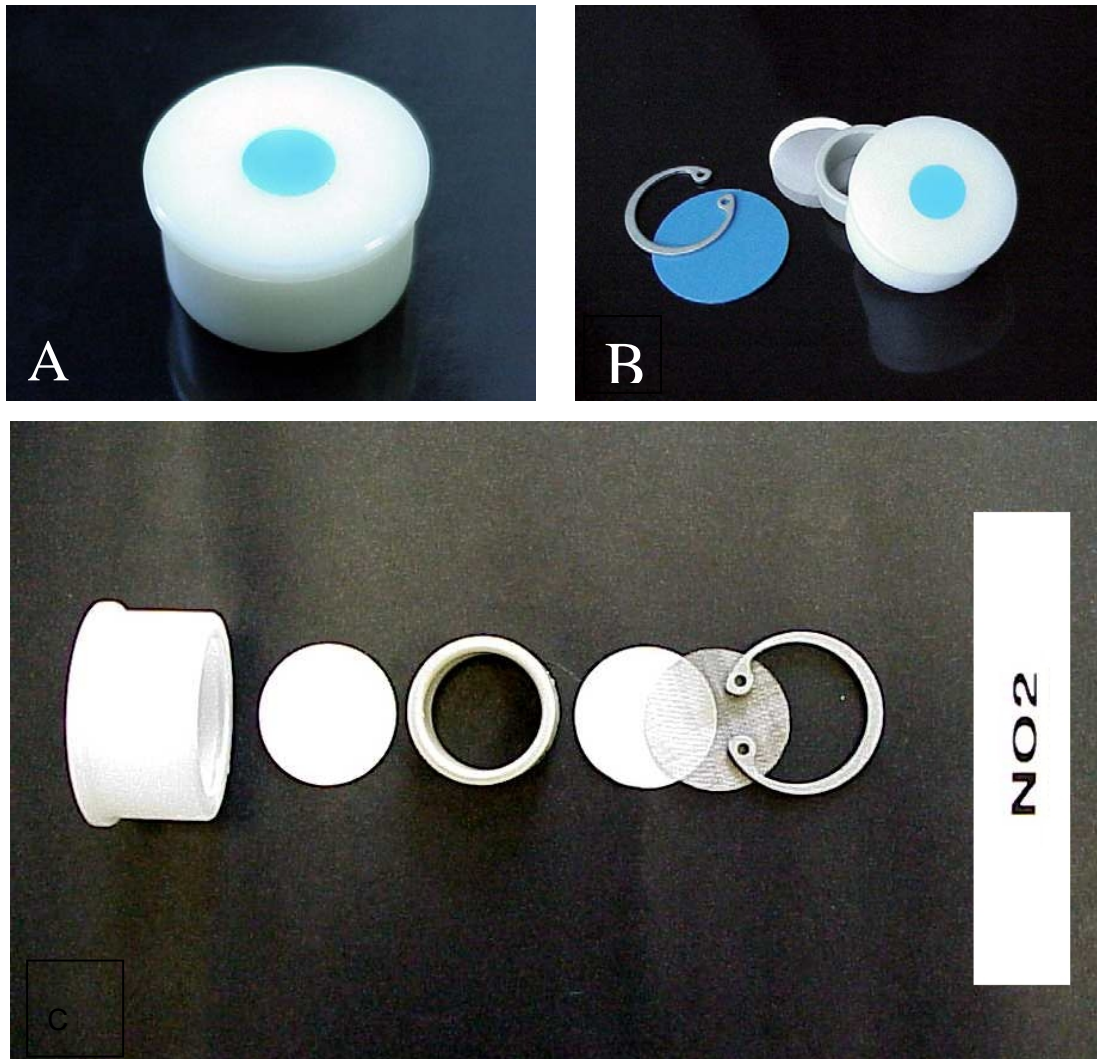


Figura 2. Dosímetro de NO₂. A) vista superior. B) Piezas incluyendo la tapa inferior. C) De izquierda a derecha, tapon de polipropileno, filtro de fibra de vidrio impregnado, aro interno de polipropileno, membrana de Teflón, malla de acero inoxidable y aro de sujeción.

DOSÍMETRO DE DIÓXIDO DE AZUFRE

El dosímetro para la evaluación de los niveles de dióxido de azufre (SO₂) consiste, en los dispositivos (dosímetro y carcasa expositora, la carcasa es común para el dispositivo de NO₂ y SO₂), y el análisis.

Dispositivo: El dispositivo para muestrear SO₂ 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 µm 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.



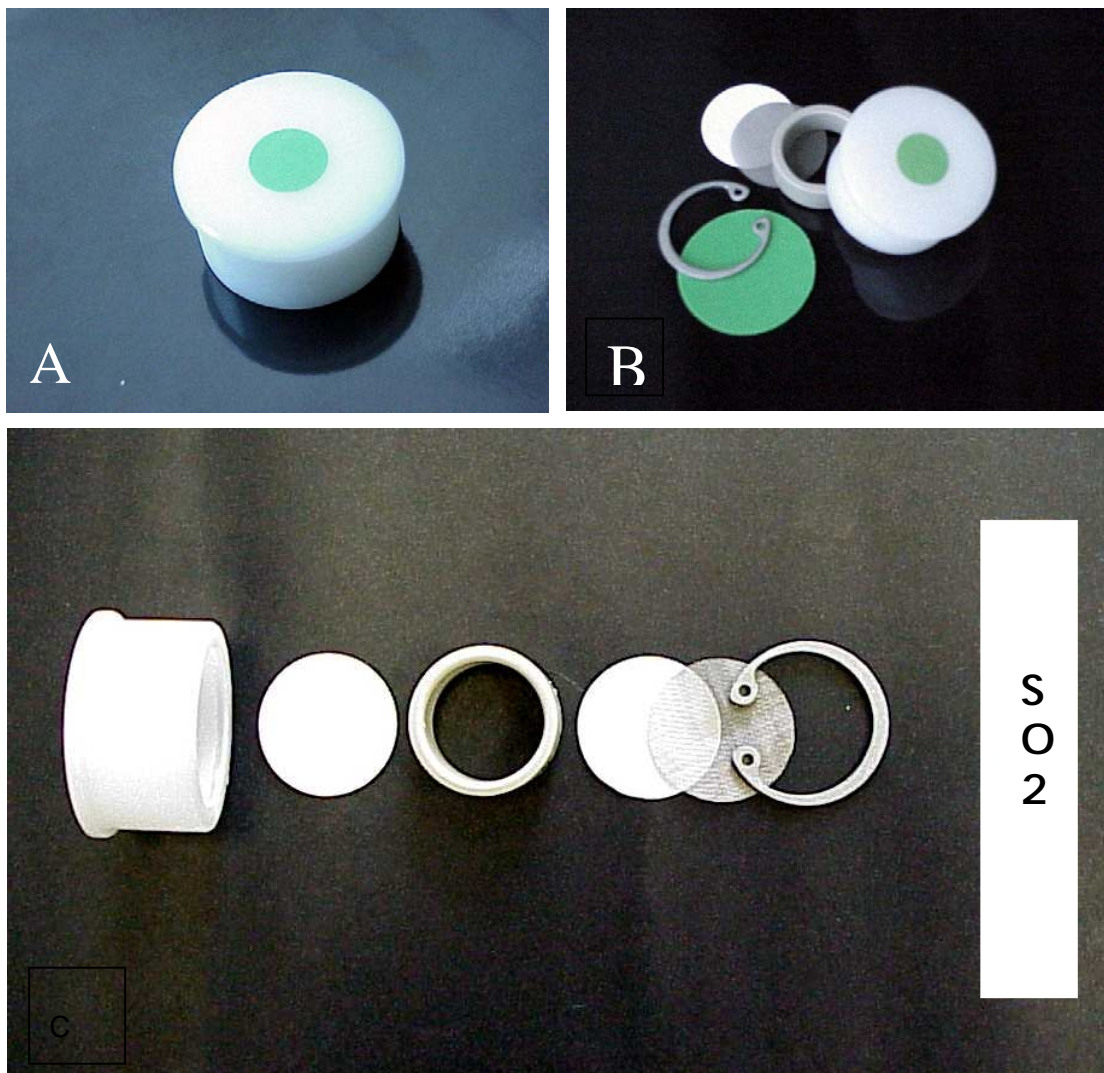


Figura 3. Dosímetro de SO₂. A) vista superior. B) Piezas incluyendo la tapa inferior. C) De izquierda a derecha, tapon de polipropileno, filtro de fibra de vidrio impregnado, aro interno de polipropileno, membrana de Teflón, malla de acero inoxidable y aro de sujeción.

DOSÍMETRO DE AMONIACO

El dosímetro para la evaluación de los niveles de amoniaco (NH_3) consiste, en los dispositivos (dosímetro y carcasa expositora, la carcasa es común para el dispositivo de O_3 y NH_3), y el análisis.

Dispositivo: El dispositivo para muestrear 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 μm 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.

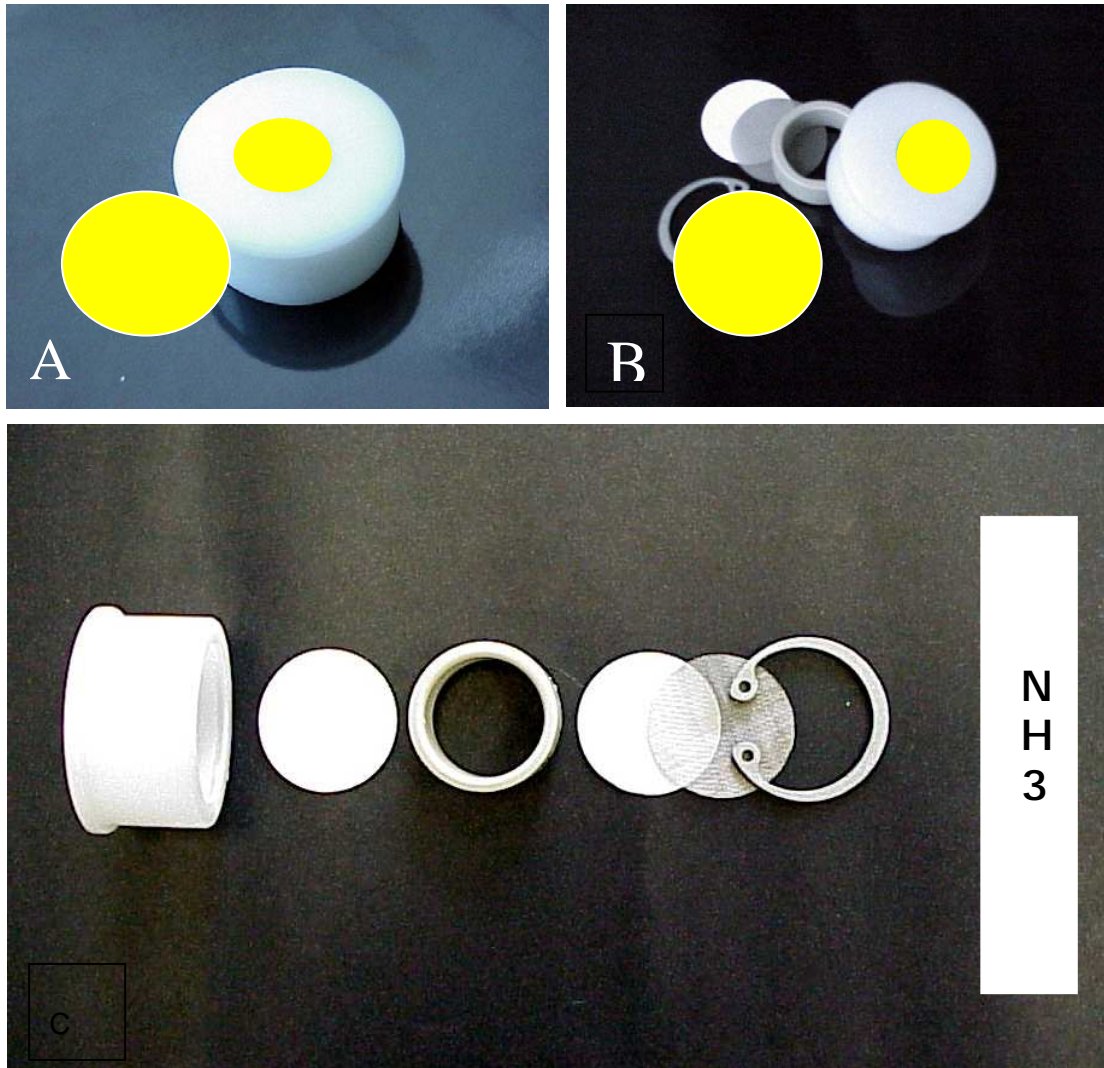


Figura 4. Dosímetro de NH_3 . A) vista superior. B) Piezas incluyendo la tapa inferior. C) De izquierda a derecha, tapon de polipropileno, filtro de fibra de vidrio impregnado, aro interno de polipropileno, membrana de Teflón, malla de acero inoxidable y aro de sujección.

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:

NO₂: Analizador de óxidos de nitrógeno NO/NO_x/NO₂ “Dasibi Chemiluminescent Nitrogen oxides analyzer model 2108”. Método de referencia de la EPA para la medida de NO₂ (Nº RFNA-0479-038)

SO₂: Analizador de dióxido de azufre “Dasibi U.V Fluorescence SO₂ analyzer, model 4108 /W perm” (incluye calibrador). Método homologado por la EPA para la medida de SO₂ (Nº EQSA-1086-061)

O₃: analizador de ozono “Dasibi UV Photometric O₃ analyzer, model 1008-RS”. Método homologado por la EPA para la medida de SO₂ (Nº EQSA-0383-056).

NH₃: El dosímetro de NH₃ 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:



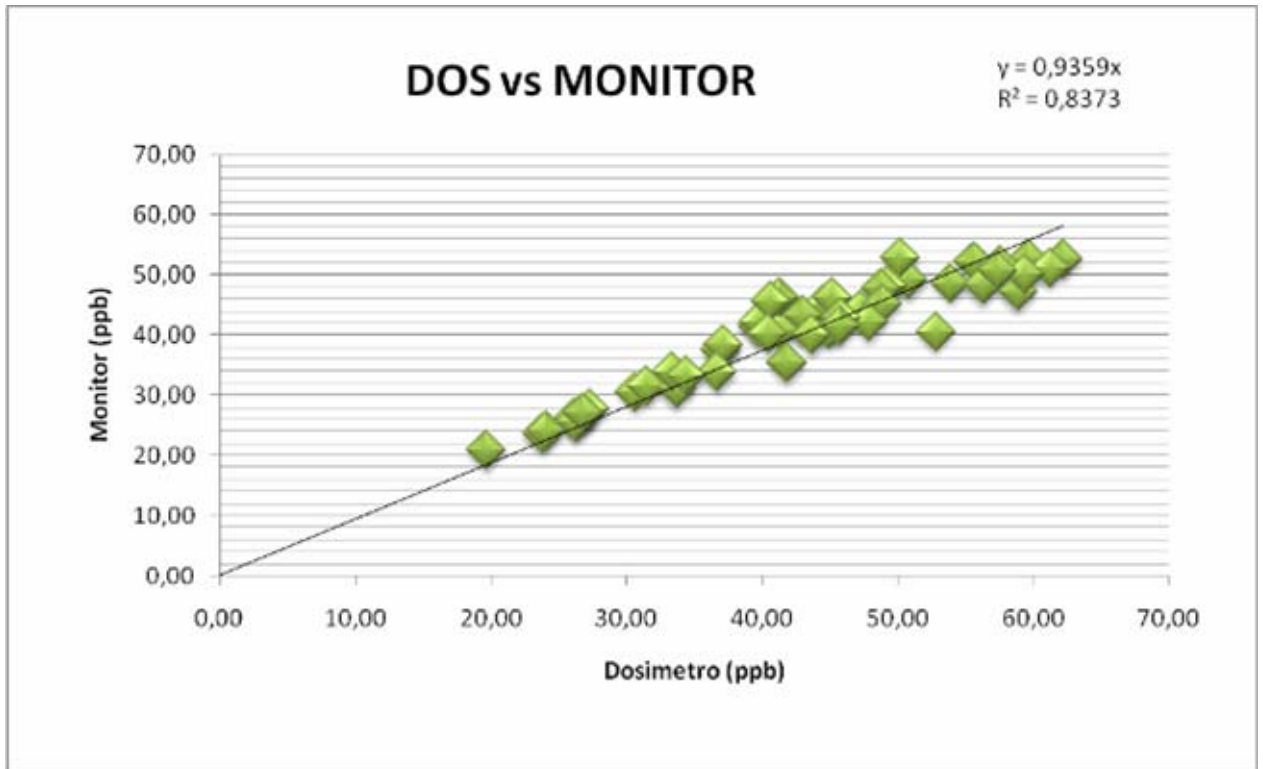


Figura 5: Comparación entre las medidas realizadas con dosímetros pasivos y las realizadas con un analizador en continuo.

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

El presente informe es el informe final de 2010. Anteriormente se han entregado tres informes parciales, en el mes de junio, octubre y noviembre.

Los resultados obtenidos de los análisis realizados de los dosímetros pasivos para las 13 parcelas en 2010 se incluyen en forma de tablas y gráficas en las páginas siguientes.

6. RESULTADOS

En las páginas siguientes se detallan los resultados del estudio.



RESUMEN DE LOCALIDADES

CONCENTRACIONES DE OZONO

Las concentraciones de ozono son menores en el invierno, aumentando en primavera y en verano y volviendo a bajar en otoño, siguiendo la pauta normal anual. Las parcelas que han superado los 50 ppb de ozono han sido: Tibi, Andujar, Villanueva de la Sierra, La Granja, Vallivana, Cervera de Pisuerga y Almonte. La localidad de Tibi (25Ph) superó estos niveles durante toda la primavera y el verano, siendo la que presentó los valores más elevados de los muestreados. Le sigue la parcela de Andujar (26Qi) que mostró niveles altos (superiores a 50 ppb) durante los meses de junio, julio y agosto. La parcela de Villanueva de la Sierra (11Qs) así como la parcela de La Granja (05Ps) mostraron los valores altos en los meses de verano. Mientras que Cervera de Pisuerga (33Qpe) mostró un pico primaveral en el mes de mayo. Vallivana (06Qi) mostró un par de picos uno en mayo y otro en el mes de julio. Las concentraciones de ozono de las parcelas del Norte (Cervera de Pisuerga, Burguete (15Fs), Soria (30Ps) y Dodro (102Ppr)) son bastante bajas en los meses de verano (fig. 58).

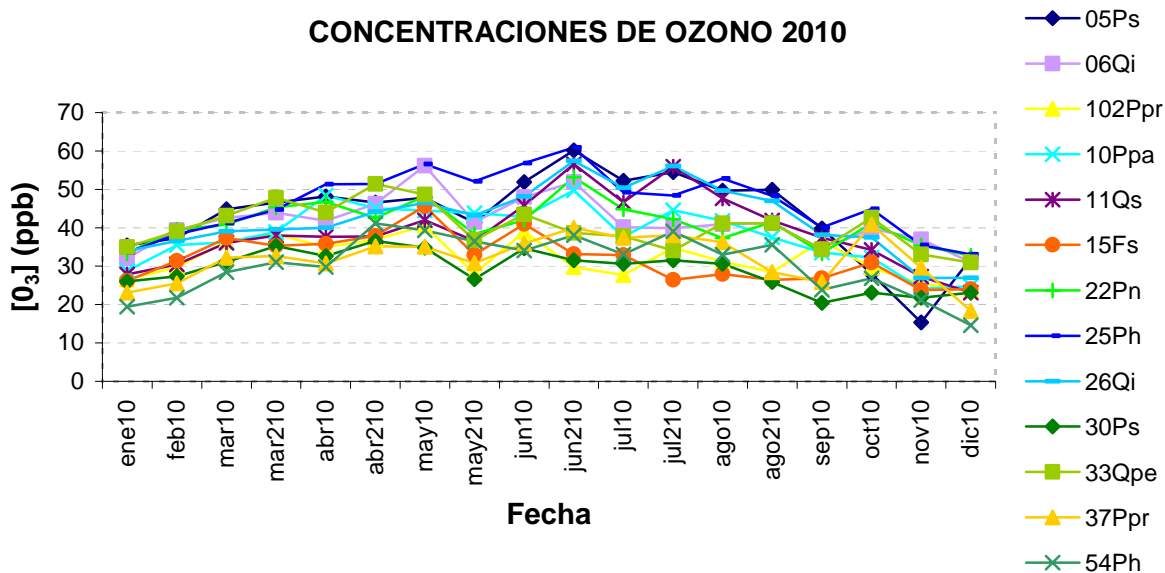


Figura 58: Concentraciones de Ozono (ppb) de las 13 parcelas de estudio en 2010.

CONCENTRACIONES DE DIÓXIDO DE NITRÓGENO

En general, las concentraciones de dióxido de nitrógeno se mantienen bastante estables durante el período muestreado, aunque se observa una ligera disminución en los meses de verano, a excepción de la parcela de Almonte (10Ppa), que aumenta ligeramente en los meses de verano. En el muestreo de septiembre se produce un aumento generalizado de las concentraciones, siendo este más importante en las parcelas de El Saler, Dodro y Villanueva de la Sierra (54Ph, 102Ppr y 11Qs respectivamente). Las concentraciones de dióxido de nitrógeno más elevadas corresponden a la parcela de El Saler, que está influenciada por el paso de una carretera relativamente cerca, las concentraciones más elevadas corresponden al mes de febrero y a los tres últimos meses del año. La parcela de Dodro presenta concentraciones intermedias. Mientras que las demás parcelas muestran valores de dióxido de nitrógeno bastante bajos (fig.59).

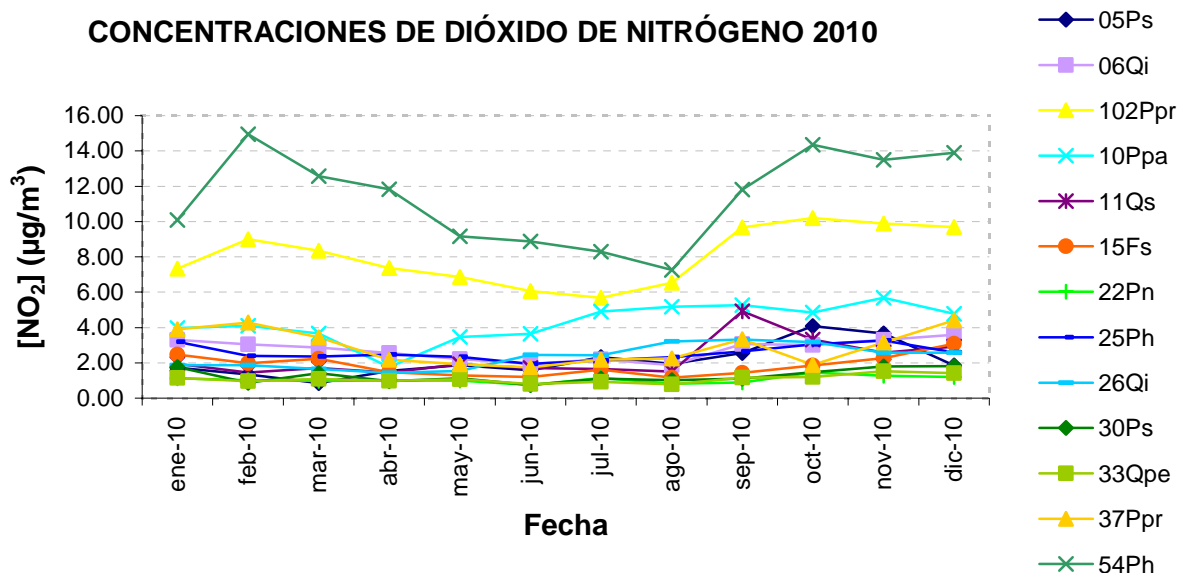


Figura 59: Gráfico de las concentraciones de dióxido de nitrógeno ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) de las 13 parcelas de estudio durante el período 2010.

CONCENTRACIONES DE AMONIACO

Las concentraciones de amoniaco más elevadas corresponden a las parcelas de Almonte (10Ppa), El Saler (54Ph) y Cuéllar (37Ppr), siguiendo la pauta de otros años. Generalmente, se observa un ligero aumento de las concentraciones de amoniaco en los meses de verano (fig. 60).

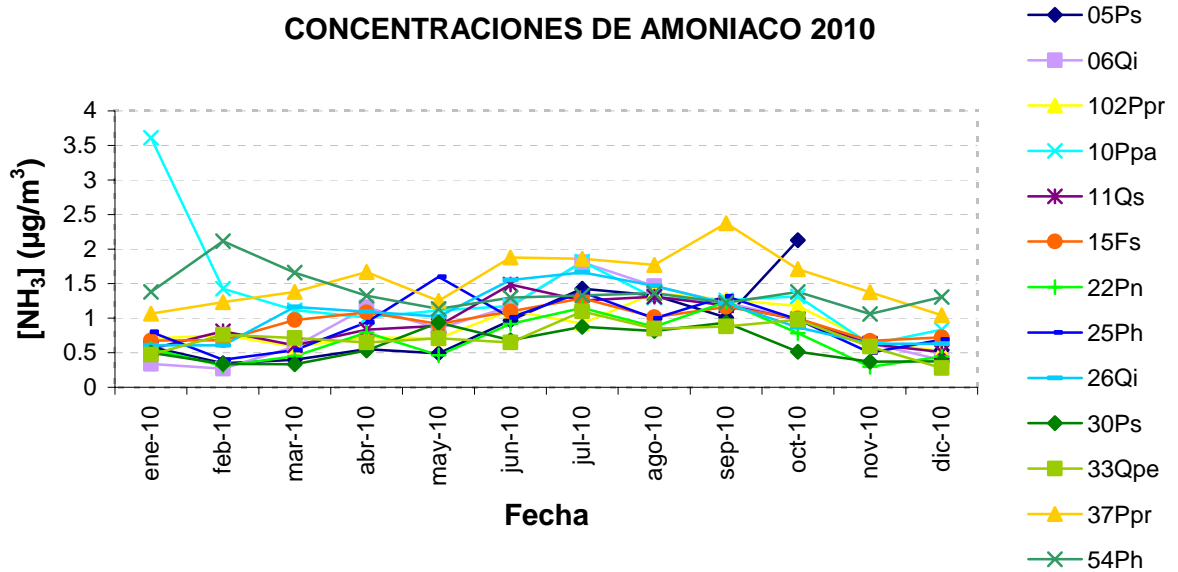


Figura 60: Gráfico de las concentraciones de amoniaco ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) de las 13 parcelas de estudio durante el período 2010.

CONCENTRACIONES DE DIÓXIDO DE AZUFRE

Como en años anteriores, las concentraciones de dióxido de azufre más elevadas se registran en las parcelas de El Saler (54Ph), Almonte (10Ppa) y Dodro (102Ppr). Las elevadas concentraciones de las parcelas de Almonte y Dodro pueden estar relacionadas con la presencia de áreas industriales cercanas. Las parcelas de Soria (30Ps) y de Cervera de Pisuerga (33Qpe) son las que menor concentración de SO₂ experimentan a lo largo del período estudiado (fig. 61).

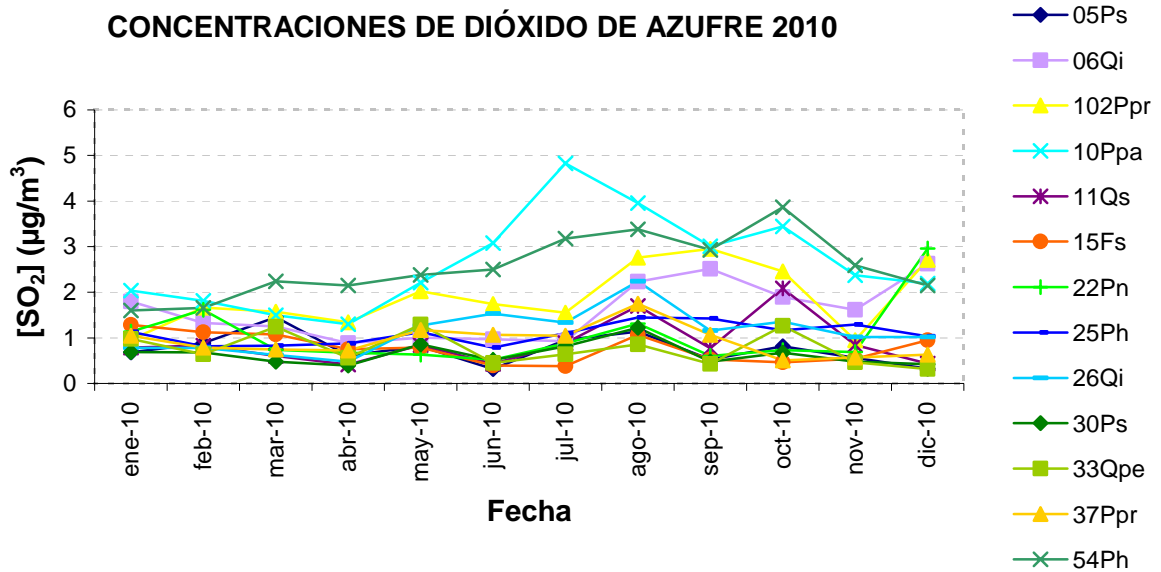


Figura 61: Gráfico de las concentraciones de dióxido de azufre (µg/m³) de las 13 parcelas de estudio durante el 2010.