

|   |                              |                             |
|---|------------------------------|-----------------------------|
|  <p><b>Ciemat</b><br/>Centro de Investigaciones<br/>Energéticas, Medioambientales<br/>y Tecnológicas</p> <p>Unidad de COP y Contaminantes<br/>Emergentes en Medio Ambiente</p> | <b>INFORME DE RESULTADOS</b> | <b>Código: MA/COP-23-09</b> |
|   |                              | <b>Edición: 01</b>          |
|   |                              | <b>Diciembre 2023</b>       |
|   |                              | Página 1 de 53              |

## VIGILANCIA AMBIENTAL DE CONTAMINANTES ORGÁNICOS PERSISTENTES

### ACTIVIDADES REALIZADAS POR LA UNIDAD DE COP Y CONTAMINANTES EMERGENTES EN MEDIO AMBIENTE DEL CIEMAT DURANTE EL AÑO 2023

| MODIFICACIONES RESPECTO A LA EDICIÓN ANTERIOR |
|---|
| NA – CREACIÓN DEL DOCUMENTO                   |

| Elaborado:   | Revisado y Aprobado:            |
|--|---------------------------------|
| Adrián de la Torre<br>Irene Navarro<br>Covadonga Alonso<br>M <sup>a</sup> Esther Gutiérrez<br>Ana Bizarro<br>M <sup>a</sup> Ángeles Martínez | M <sup>a</sup> Ángeles Martínez |

Los resultados aquí expuestos se refieren únicamente a la muestra o muestras a la que se hace referencia. Este Informe no podrá reproducirse parcialmente sin autorización previa del CIEMAT. Sólo se podrá reproducir el informe si se cita la fuente de referencia. Los ensayos se han realizado en un laboratorio certificado conforme a la norma ISO 9001:2015 por SGS con número de registro: ES12/12224.

|   |                                |                      |
|---|--------------------------------|----------------------|
|  <p><b>Ciemat</b><br/>Centro de Investigaciones<br/>Energéticas, Medioambientales<br/>y Tecnológicas</p> <p>Unidad de COP y Contaminantes<br/>Emergentes en Medio Ambiente</p> | <h2>INFORME DE RESULTADOS</h2> | Código: MA/COP-23-09 |
|   |                                | Edición: 01          |
|   |                                | Diciembre 2023       |
|   |                                | Página 2 de 53       |

## ÍNDICE

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>ACTIVIDADES LLEVADAS A CABO DURANTE EL AÑO 2023 .....</b>   | <b>3</b>  |
| 1.1      | DESPLIEGUE DE DISPOSITIVOS DE MUESTREO PASIVO (PAS) PARA LA OBTENCIÓN DE MUESTRAS DE AIRE EN ESTACIONES EMEP Y CIUDADES .....    | 3         |
| 1.2      | DESPLIEGUE DE CAPTADORES ACTIVOS DE ALTO VOLUMEN (CAV) PARA LA OBTENCIÓN DE MUESTRAS DE AIRE EN ESTACIONES EMEP Y CIUDADES ..... | 8         |
| 1.3      | MUESTREO DE AGUA EN LA CUENCA DEL RÍO TAJO.....  | 9         |
| 1.4      | ANÁLISIS DE COP EN MUESTRAS DE AIRE Y AGUA .....   | 11        |
| 1.4.1    | <i>Metodología analítica.....</i>  | 11        |
| 1.4.2    | <i>Determinación de concentraciones en aire y análisis de datos .....</i>  | 13        |
| <b>2</b> | <b>RESULTADOS .....</b>  | <b>14</b> |
| 2.1      | CONCENTRACIÓN DE COP EN MUESTRAS DE AIRE OBTENIDAS MEDIANTE PAS .....  | 14        |
| 2.1.1    | <i>Niveles de <math>\Sigma</math>PCDD/F en PAS por localidades .....</i>   | 15        |
| 2.1.2    | <i>Niveles de <math>\Sigma</math>PCB en PAS por localidades .....</i>  | 16        |
| 2.1.3    | <i>Niveles de <math>\Sigma</math>PBDE en PAS por localidades .....</i>   | 17        |
| 2.1.4    | <i>Niveles de <math>\Sigma</math>HCH en PAS por localidades .....</i>  | 18        |
| 2.1.5    | <i>Niveles de HCB en PAS por localidades.....</i>  | 19        |
| 2.1.6    | <i>Niveles de <math>\Sigma</math>DDX en PAS por localidades .....</i>  | 19        |
| 2.1.7    | <i>Niveles de PeCB en PAS por localidades.....</i>   | 21        |
| 2.1.8    | <i>Niveles de <math>\Sigma</math>Endosulfán en PAS por localidades.....</i>  | 21        |
| 2.1.9    | <i>Evaluación de las diferencias entre localizaciones EMEP y ciudades.....</i>   | 23        |
| 2.2      | CONCENTRACIÓN DE COP EN MUESTRAS DE AGUA SUPERFICIAL .....   | 29        |
| 2.2.1    | <i>Discusión de los resultados de las sustancias perfluoradas obtenidas en la cuenca del río Tajo. Valoración global. ....</i>   | 29        |
| <b>3</b> | <b>CONCLUSIONES .....</b>  | <b>31</b> |
| <b>4</b> | <b>AGRADECIMIENTOS .....</b>   | <b>32</b> |
| <b>5</b> | <b>ANEXO I.....</b>  | <b>33</b> |
| <b>6</b> | <b>ANEXO II.....</b>   | <b>45</b> |
| <b>7</b> | <b>ANEXO III.....</b>  | <b>49</b> |
| <b>8</b> | <b>ANEXO IV .....</b>  | <b>51</b> |

## 1 ACTIVIDADES LLEVADAS A CABO DURANTE EL AÑO 2023

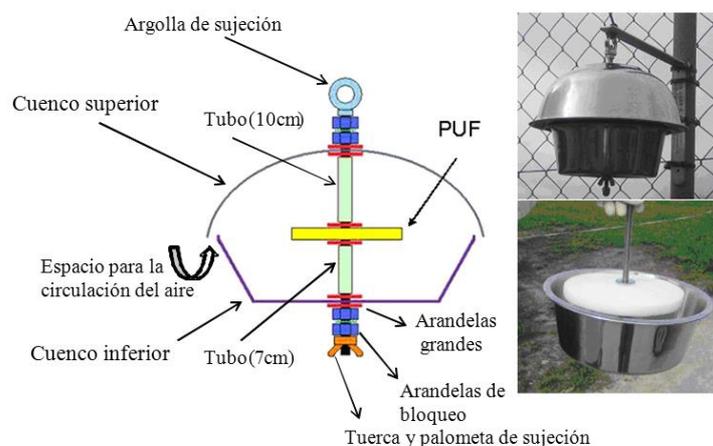
El presente informe procede a detallar los resultados obtenidos por la Unidad de Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP) y Contaminantes Emergentes (CE) en Medio Ambiente del CIEMAT, durante el año 2023, en el marco del Protocolo de Actuación entre la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental (DGCA) y el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas, O.A., M.P. (CIEMAT) en materia de contaminación atmosférica y contaminantes orgánicos persistentes. Incluye la descripción de:

- 1.- Campañas de muestreo de COP en aire realizadas mediante captadores pasivos (PAS, *passive air samplers*) y captadores activos de alto volumen (CAV).
- 2.- Análisis y cuantificación de 63 analitos en las muestras de aire captadas entre el verano de 2020 y el invierno de 2021-2022 (cuatro campañas) con PAS y entre diciembre de 2020 y junio de 2022 (cuatro campañas) con CAV.
- 3.- Campañas de muestreo de agua superficial en la cuenca hidrográfica del río Tajo y determinación analítica de PFOS, PFOA y PFHxS.

### 1.1 Despliegue de dispositivos de muestreo pasivo (PAS) para la obtención de muestras de aire en estaciones EMEP y ciudades

De acuerdo con las sugerencias y propuestas elaboradas por el *Global Monitoring Plan*, GMP, el trabajo de vigilancia ambiental se ha realizado considerando el aire como primera matriz de interés porque presenta tiempos de respuesta muy cortos para los cambios producidos en la emisión atmosférica y es un medio relativamente bien mezclado. Además, es una entrada a la cadena alimenticia y un medio de transporte global.

El estudio se ha llevado a cabo desplegando PAS, ya que su funcionamiento no requiere ningún tipo de infraestructura eléctrica y las muestras obtenidas corresponden a largos periodos de tiempo de captación. Este tipo de captadores se basa en la difusión de las sustancias presentes en la atmósfera a un volumen o matriz de sustancia adsorbente limpia (espuma de poliuretano, PUF) tal y como se muestra en la Figura 1. El contaminante muestreado es posteriormente extraído, purificado y cuantificado, para finalmente obtener las concentraciones en las que dicho analito se encuentra en el volumen de aire muestreado.



**Figura 1.** Esquema de los captadores de aire pasivos (PAS) utilizados.

|   |                                |                      |
|---|--------------------------------|----------------------|
|  <p>Centro de Investigaciones<br/>Energéticas, Medioambientales<br/>y Tecnológicas</p> <p>Unidad de COP y Contaminantes<br/>Emergentes en Medio Ambiente</p> | <h2>INFORME DE RESULTADOS</h2> | Código: MA/COP-23-09 |
|   |                                | Edición: 01          |
|   |                                | Diciembre 2023       |
|   |                                | Página 4 de 53       |

Para las campañas de muestreo se acordó elegir puntos remotos, indicativos de las concentraciones de fondo, esto es, no directamente influenciadas por fuentes locales, intentando utilizar estaciones de vigilancia ya existentes. Con este objetivo, se consideró de gran interés utilizar las estaciones EMEP establecidas en la Península. Esta red proporciona unas posibilidades de gran valor en términos de localización, logística y práctica en la producción de medidas y evaluaciones. Las estaciones de la red EMEP/VAG/CAMP, gestionadas por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), proporcionan una base excelente para este ejercicio y cumplen los criterios para localización de estaciones de fondo propuestos por el GMP. De este modo y gracias a la fructífera colaboración de la AEMET, se obtienen niveles de fondo de COP en zonas que ya poseen una amplia información sobre otros tipos de contaminantes y condiciones meteorológicas. Los datos de contaminación de COP de estas zonas servirán como datos de fondo y se considerarán como niveles de referencia.

CIEMAT se encarga de realizar el despliegue en las siguientes estaciones EMEP:

- ES01 (San Pablo de los Montes, Toledo)
- ES08 (Niembro, Asturias)
- ES09 (Campisábalos, Guadalajara)
- ES11 (Barcarrota, Badajoz)
- ES12 (Zarra, Valencia)
- ES13 (Peñausende, Zamora)
- ES07 (Víznar, Granada)

Adicionalmente se analizaron muestras provenientes de la estación de Doñana (ES17) en Huelva para la intercomparación con otros grupos de investigación.

Las campañas de muestreo se han llevado a cabo desplegando cuatro PAS durante un periodo de tres meses en las citadas estaciones de la red EMEP. Tres de los captadores se utilizan para la determinación del contenido de dioxinas (PCDD), furanos (PCDF), policlorobifenilos (PCB) y polibromodifenil éteres (PBDE), mientras que el cuarto está destinado al muestreo de pesticidas organoclorados. Adicionalmente, se tomó un blanco de campo en cada una de las campañas y de las estaciones de muestreo.

El despliegue de los PAS en cada estación se ha llevado a cabo siguiendo, en términos generales, las orientaciones del programa GAPS (Global Atmospheric Passive Sampling Survey, Network):

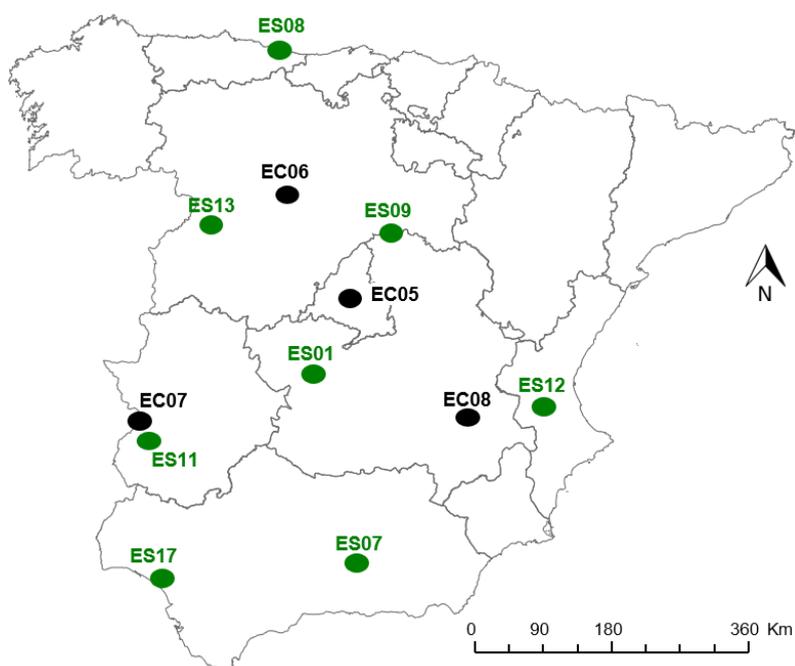
- Evitar obstáculos que dificulten o apantallen la entrada de aire
- Zona de umbría
- Altura máxima desde el suelo 1,5 m.

Con objeto de establecer un adecuado sistema de vigilancia de las concentraciones ambientales de COP, es necesario determinar la presencia de los mismos en escenarios de diversa naturaleza que incluyan no sólo zonas remotas, sino también regiones urbanas e industriales. Por ese motivo, de manera simultánea al muestreo de aire realizado en zonas remotas, se han llevado a cabo muestreos mediante idéntica metodología (captadores pasivos y PUF como medio adsorbente), en distintas ciudades de la geografía nacional. Con la introducción de localizaciones urbanas en la metodología del estudio, se trata de identificar diferencias en cuanto a niveles de COP entre estaciones urbanas y remotas.

CIEMAT se encarga de realizar el despliegue en las siguientes ciudades:

- EC05 (Madrid)
- EC06 (Valladolid)
- EC07 (Badajoz)
- EC08 (Albacete)

Las condiciones en las que se desarrollan dichos muestreos son las mismas que se han descrito para los muestreos en zonas remotas. En las Figuras 2 y 3 y Tabla 1 se presentan las localizaciones muestreadas.



**Figura 2.** Localización geográfica de los puntos de muestreo PAS. Los puntos remotos (ES; verde) corresponden a estaciones de la red EMEP/VAG/CAMP y los puntos negros (EC), a las estaciones urbanas.

## ESTACIONES EMEP

ES01. San Pablo de los Montes (Toledo)



ES07. Víznar (Granada)



ES08. Niembro (Asturias)



ES09. Campisábalos (Guadalajara)



ES11. Barcarrota (Badajoz)



ES12. Zarra (Valencia)



## ES17. Doñana (Huelva)

**ESTACIONES URBANAS**

## EC05. Madrid



## EC06. Valladolid



## EC07. Badajoz



## EC08. Albacete

**Figura 3.** Fotografías de las estaciones EMEP y urbanas utilizadas en el presente estudio.

**Tabla 1.** Localización geográfica de los puntos de muestreo PAS.

| Código      | Localidad                        | Tipología         | Coordenadas         |
|-------------|----------------------------------|-------------------|---------------------|
| <b>ES01</b> | San Pablo de los Montes (Toledo) | EMEP <sup>a</sup> | 39° 33'N - 04° 21'W |
| <b>ES07</b> | Víznar                           | EMEP <sup>a</sup> | 37° 14'N - 03°32'W  |
| <b>ES08</b> | Niembro (Asturias)               | EMEP <sup>a</sup> | 43° 26'N - 04° 51'W |
| <b>ES09</b> | Campisábalos (Guadalajara)       | EMEP <sup>a</sup> | 41° 16'N - 03° 08'W |
| <b>ES11</b> | Barcarrota (Badajoz)             | EMEP <sup>a</sup> | 38° 28'N - 06° 55'W |
| <b>ES12</b> | Zarra (Valencia)                 | EMEP <sup>a</sup> | 39° 05'N - 01° 06'W |
| <b>ES13</b> | Peñausende (Zamora)              | EMEP <sup>a</sup> | 41° 17'N - 05° 52'W |
| <b>ES17</b> | Doñana (Huelva)                  | EMEP <sup>a</sup> | 37° 03'N - 06° 33'W |
| <b>EC05</b> | Madrid                           | Urbana            | 40° 27'N - 3° 43'W  |
| <b>EC06</b> | Valladolid                       | Urbana            | 41° 38'N - 4° 45'W  |
| <b>EC07</b> | Badajoz                          | Urbana            | 38° 53'N - 7° 0'W   |
| <b>EC08</b> | Albacete                         | Urbana            | 39° 0'N - 1° 51'W   |

<sup>a</sup> Estaciones de la red EMEP/VAG/CAMP (estaciones remotas o de fondo).

### **1.2 Despliegue de captadores activos de alto volumen (CAV) para la obtención de muestras de aire en estaciones EMEP y ciudades**

Con objeto de complementar la información sobre la presencia de COP en aire obtenida con captadores pasivos, se han realizado muestreos activos, utilizando captadores de alto volumen (CAV). Este sistema de muestreo fuerza el movimiento de un volumen de aire en un tiempo determinado a través del medio de muestreo y permite muestrear grandes volúmenes de aire en cortos períodos de tiempo.

Los sistemas de captación elegidos están formados por un bastidor fabricado en poliéster y fibra de vidrio que los hace resistentes al trabajo a la intemperie, dentro del cual se encuentra el conjunto de aspiración, el medidor de caudal y la circuitería de control electrónico. El conjunto de aspiración se compone de una bomba centrífuga y de conducciones para el aire aspirado. El funcionamiento, medida y regulación del caudal se realizan mediante un microprocesador, que lleva a cabo una compensación automática de la pérdida de carga por colmatación del filtro o fluctuaciones en la red eléctrica. Este dispositivo permite la programación de los parámetros de muestreo (períodos, secuencias, caudal real o normalizado) y la visualización de los parámetros operativos a través de una pantalla con teclado en la parte frontal del captador.

Estos sistemas, modelo CAV-A/mb, marca MCV, pueden trabajar en un rango de caudal regulable entre 20 y 80 m<sup>3</sup>/h y permiten la instalación de distintos cabezales portafiltros y accesorios de captación.

En el presente estudio, los muestreos de aire se realizan a un caudal de 30 m<sup>3</sup>/h, utilizando portafiltros PM-1025-CAV para la recogida de las partículas PM10 (fracción de materia particulada de tamaño aerodinámico igual o inferior a 10 µm) sobre filtros de 15 cm de diámetro. Adicionalmente, se instalan

|   |                              |                      |
|---|------------------------------|----------------------|
|  | <b>INFORME DE RESULTADOS</b> | Código: MA/COP-23-09 |
|   |                              | Edición: 01          |
|   |                              | Diciembre 2023       |
|   |                              | Página 9 de 53       |

contenedores de espuma de poliuretano, CBE-CAV, para la retención de los COP presentes en la fase gaseosa.

Se han seleccionado una estación remota y una urbana (Figura 4) para realizar este tipo de muestreos:

- ES08 (Niembro, Asturias) – Estación remota
- EC05 (Madrid) – Estación urbana

Además de las muestras (PUF+ filtro), en cada una de las estaciones y campañas de muestreo se ha tomado un blanco de campo, para proceder con los captadores activos de la misma forma que se está haciendo con los PAS. Así, los datos de concentración de los distintos COP en los CAV se calculan dividiendo la masa final de cada uno de ellos (resultado de restar a la masa de los COP de la muestra, la correspondiente al blanco) entre el volumen de aire muestreado.

Por motivos analíticos, en cada una de las estaciones, y en cada una de las campañas, se han realizado dos muestreos diferenciados: uno para el estudio del contenido de PCDD/F, PCB y PBDE, y el otro para la determinación de pesticidas organoclorados.



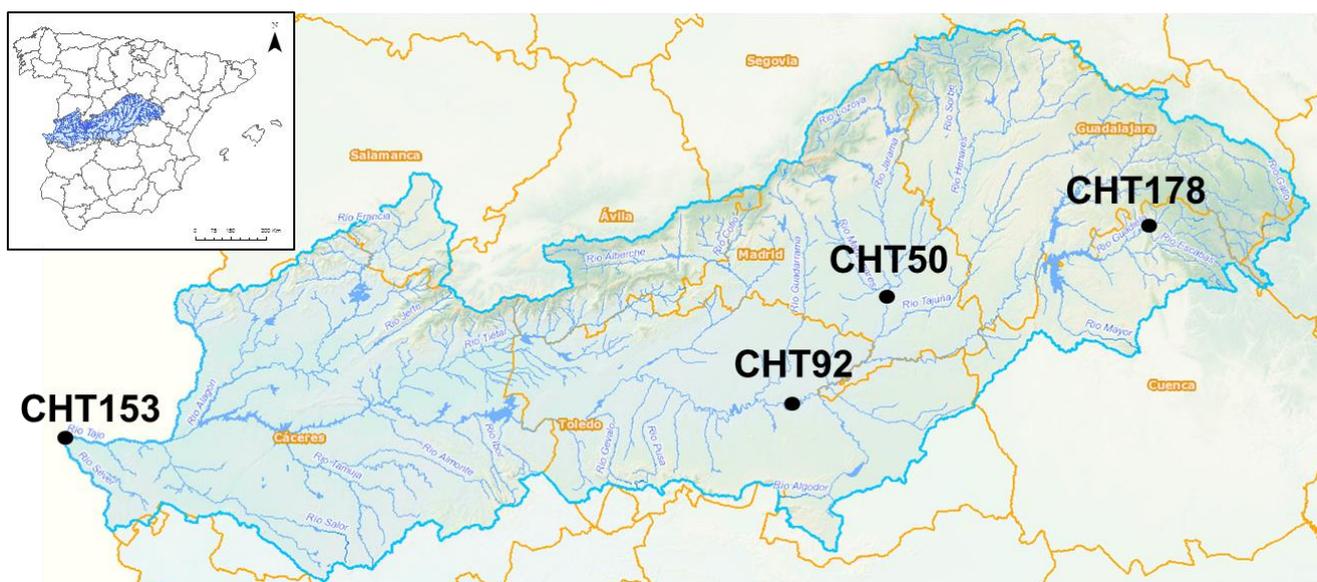
**Figura 4.** Fotografías de los muestreos realizados mediante CAV en las estaciones de Niembro (izquierda) y Madrid (derecha).

### 1.3 Muestreo de agua en la cuenca del río Tajo

Según lo acordado entre el CIEMAT y la Confederación Hidrográfica del Tajo, el muestreo de agua superficial de río es realizado por el personal técnico del Área de Calidad de las Aguas de dicha Confederación. Se han seguido sus protocolos, con pequeñas modificaciones que responden a las necesidades asociadas al estudio de compuestos perfluorados. Concretamente, se han utilizado

envases estériles de polipropileno, para evitar una posible contaminación del agua desde el recipiente y se ha muestreado un volumen de 2 litros, para evitar que las concentraciones de estos contaminantes sean inferiores a los límites de detección metodológicos.

Se han seleccionado cuatro estaciones de muestreo situadas a lo largo de la cuenca del río Tajo, Figura 5 y Tabla 2, incluyendo desde un punto remoto, esto es, no directamente influenciado por fuentes locales (Cañizares, Cuenca), hasta un punto en la frontera con Portugal. Este diseño permite evaluar la existencia de posibles gradientes de contaminación en la cuenca hidrográfica.



**Figura 5.** Localización geográfica de los puntos de muestreo evaluados por el CIEMAT en la cuenca hidrográfica del río Tajo.

**Tabla 2.** Localización geográfica de los puntos de muestreo evaluados por el CIEMAT.

| Código <sup>a</sup> | Localidad                  | Cauce        | Coordenadas         |
|---------------------|----------------------------|--------------|---------------------|
| <b>CHT178</b>       | Cañizares (Cuenca)         | Río Guadiela | 40° 32'N - 02° 15'W |
| <b>CHT50</b>        | Rivas Vaciamadrid (Madrid) | Río Jarama   | 40° 17'N - 03°32'W  |
| <b>CHT92</b>        | Toledo                     | Río Tajo     | 39° 52'N - 04° 0'W  |
| <b>CHT153</b>       | Cedillo (Cáceres)          | Río Tajo     | 39° 39'N - 07° 32'W |

<sup>a</sup> Códigos de estación de la Confederación Hidrográfica del Tajo.

Los muestreos de agua superficial se realizan con una periodicidad trimestral, obteniéndose en total cuatro muestras anuales en cada una de las localizaciones. También se toma un blanco de campo en cada una de las campañas y estaciones consideradas.

|   |                              |                      |
|---|------------------------------|----------------------|
|  | <b>INFORME DE RESULTADOS</b> | Código: MA/COP-23-09 |
|   |                              | Edición: 01          |
|   |                              | Diciembre 2023       |
|   |                              | Página 11 de 53      |

#### 1.4 **Análisis de COP en muestras de aire y agua**

Los compuestos que se han analizado en las muestras recogidas mediante PAS y CAV son los siguientes:

- $\Sigma$ **PCDF**: sumatorio de policlorodibenzo-p-dioxinas (2378-TCDF, 12378-PeCDF, 23478-PeCDF, 123478-HxCDF, 123678-HxCDF, 234678-HxCDF, 123789-HxCDF, 1234678-HpCDF, 1234789-HpCDF y OCDF).
- $\Sigma$ **PCDD**: sumatorio de policlorodibenzo furanos (2378-TCDD, 12378-PeCDD, 123478-HxCDD, 123678-HxCDD, 123789-HxCDD, 1234678-HpCDD y OCDD).
- $\Sigma$ **PCDD/F**: sumatorio de policlorodibenzo-p-dioxinas y policlorodibenzo furanos.
- $\Sigma$ **noPCB**: sumatorio de policlorobifenilos no-orto sustituidos (PCB-77, -81, -126 y -169).
- $\Sigma$ **moPCB**: sumatorio de policlorobifenilos mono-orto sustituidos (PCB-123, -118, -114, -105, -167, -156, -157 y -189).
- $\Sigma$ **mPCB**: sumatorio de policlorobifenilos mayoritarios (PCB-28, -52, -101, -153, -138 y -180).
- $\Sigma$ **PCB**: sumatorio de noPCB, moPCB y mPCB.
- $\Sigma$ **PBDE**: sumatorio de polibromodifenil éteres (BDE-17, -28, -47, -66, -100, -99, -85, -153, -154, -184, -183, -191, -197, -196 y -209).
- $\Sigma$ **HCH**: sumatorio de isómeros  $\alpha$ -,  $\beta$ - y  $\gamma$ - del 1,2,3,4,5,6-hexaclorociclohexano.
- **HCB**: hexaclobenceno
- $\Sigma$ **DDX**: sumatorio de op'- y pp'- de diclorodifeniltricloroetano (DDT), diclorodifenildicloroetileno (DDE) y diclorodifenildicloroetano (DDD).
- **PeCB**: pentaclorobenceno
- $\Sigma$ **Endosulfán**: sumatorio de  $\alpha$ - y  $\beta$ -Endosulfán.

Los compuestos analizados en las muestras de agua superficial recogidas en la cuenca hidrográfica del río Tajo son:

- **PFOS**: Ácido perfluorooctano sulfónico.
- **PFOA**: Ácido perfluorooctanoico
- **PFHxS**: Ácido perfluorohexano sulfónico.

##### 1.4.1 **Metodología analítica**

El análisis de COP es una tarea ardua y compleja, por los siguientes motivos:

1. Necesidad del análisis en una gran variedad de muestras y en matrices muy complejas.
2. Determinación de concentraciones muy bajas, entrando en el campo del análisis de ultratrazas.
3. Presencia de un gran número de sustancias interferentes a concentraciones mucho más elevadas que las de los analitos de interés.
4. Necesidad de una determinación exacta, especialmente de aquellos isómeros con propiedades más tóxicas (17 isómeros 2,3,7,8 clorosustituidos en el caso de PCDD/F; 12 isómeros con factor de equivalencia tóxica en el caso de PCB).
5. Dificultades adicionales en el muestreo de efluentes dinámicos, como es el caso del aire.

|   |                              |                      |
|---|------------------------------|----------------------|
|  | <b>INFORME DE RESULTADOS</b> | Código: MA/COP-23-09 |
|   |                              | Edición: 01          |
|   |                              | Diciembre 2023       |
|   |                              | Página 12 de 53      |

Por consiguiente, la metodología utilizada para realizar el análisis de COP en aire y aguas superficiales se ha optimizado para alcanzar la máxima sensibilidad (menores límites de detección), selectividad (diferenciación entre analitos e interferencias), especificidad (isómeros posicionales), exactitud y precisión (cuantificación de bajos niveles con baja dispersión).

El procedimiento necesario para la determinación de COP consta de las siguientes etapas:

1. Toma de muestra, condicionada al tipo de matriz y al estado físico de la misma.
2. Pretratamiento de la muestra en función de su naturaleza.
3. Extracción de los analitos de la forma más selectiva y cuantitativa posible.
4. Purificación y fraccionamiento del extracto para eliminar el mayor número de sustancias interferentes.
5. Separación específica de los diferentes isómeros por cromatografía de gases de alta resolución (HRGC) o cromatografía de líquidos de alta eficacia (HPLC).
6. Detección sensible y selectiva de los COP objeto de análisis mediante espectrometría de masas en alguna de sus modalidades: alta (HRMS) o baja resolución (MS o MS/MS).
7. Cuantificación exacta mediante la adición de un patrón interno. En el caso concreto del presente estudio se utiliza la variante de “dilución isotópica”, en base a la utilización de factores de respuesta obtenidos a partir de los correspondientes congéneres marcados con  $^{13}\text{C}$ .

De acuerdo con lo expuesto anteriormente, el procedimiento para el análisis del contenido de COP en muestras de aire (PAS y CAV) ha sido el siguiente:

- Las espumas de poliuretano (PUF) se han acondicionado mediante técnicas de ultrasonificación y soxhlet. Los filtros de partículas utilizados en los CAV se han acondicionado mediante calentamiento a 450 °C. Previamente al despliegue en campo, los PUF usados en los PAS y CAV se marcaron con los siguientes patrones: PCB-30, PCB-198,  $^{13}\text{C}$  12378-PeCDF,  $^{13}\text{C}$  123789-HxCDF y  $^{13}\text{C}$  1234789-HpCDF.
- Finalizados los muestreos, las muestras fueron transportadas hasta el laboratorio de la Unidad de COP y Contaminantes Emergentes en Medio Ambiente del CIEMAT donde se realizaron las determinaciones analíticas. En el caso de los CAV, las muestras de PUF y filtro de partículas se procesaron de manera conjunta.
- La determinación analítica consistió en una extracción mediante soxhlet, seguida de purificación y fraccionamiento mediante técnicas de cromatografía de adsorción sólido-líquido y por último un análisis instrumental mediante HRGC-MS.

El procedimiento para el análisis del contenido de sustancias perfluoradas (PFOS, PFHxS y PFOA) en muestras de agua superficial ha sido el siguiente:

- Una vez recogidas y transportadas al laboratorio, se ha procedido a realizar una etapa de filtración para separar la fase acuosa de la materia particulada en suspensión. La muestra acuosa se ha sometido a una etapa de extracción en fase sólida (SPE) y posterior análisis instrumental mediante HPLC-MS/MS.

El laboratorio de la Unidad de COP y Contaminantes Emergentes en Medio Ambiente del CIEMAT dispone de la certificación ISO 9001:2015 para el “diseño, desarrollo y realización de ensayos de

|   |                              |                      |
|---|------------------------------|----------------------|
|  <p><b>Ciemat</b><br/>Centro de Investigaciones<br/>Energéticas, Medioambientales<br/>y Tecnológicas</p> <p>Unidad de COP y Contaminantes<br/>Emergentes en Medio Ambiente</p> | <b>INFORME DE RESULTADOS</b> | Código: MA/COP-23-09 |
|   |                              | Edición: 01          |
|   |                              | Diciembre 2023       |
|   |                              | Página 13 de 53      |

contaminantes orgánicos persistentes y contaminantes emergentes mediante técnicas de cromatografía y espectrometría (ES12/12224)". Por dicho motivo, el Sistema de Gestión de Calidad desarrollado se ha aplicado a todos los análisis objeto de este informe.

#### 1.4.2 Determinación de concentraciones en aire y análisis de datos

En las Tablas 3 y 4 se detalla el alcance espacio-temporal de los muestreos de PAS y CAV incluidos en el presente informe. Los muestreos 1, 2 y 4 de PAS tuvieron una duración de tres meses (Tabla 3). Sin embargo, la tercera campaña transcurrió desde diciembre de 2020 hasta diciembre de 2021 (un año).

Los niveles de concentración de COP en aire obtenidos mediante PAS se obtuvieron dividiendo la masa de cada analito entre el número de PUF, el número de días y el volumen de aire muestreado por día (4 m<sup>3</sup>/día).

Los niveles de concentración de COP en aire obtenidos mediante CAV se obtuvieron dividiendo la masa del analito entre el volumen de aire muestreado.

Todos los análisis estadísticos se han llevado a cabo con el software IBM® SPSS® Statistics versión 23.0.

**Tabla 3.** Número de muestras y diseño espacio-temporal de los muestreos de aire, realizados mediante PAS, incluidos en el presente informe.

| CAMPAÑA                   | Verano<br>2020 | Otoño<br>2020 | Año<br>2021 | Invierno<br>2021-2022 | Total<br>Muestras |
|---------------------------|----------------|---------------|-------------|-----------------------|-------------------|
| Barcarrota                | X              | X             | X           | X                     | 4                 |
| Peñausende                | X              | X             | X           | X                     | 4                 |
| Niembro                   | X              | X             | X           | X                     | 4                 |
| Zarra                     | X              | X             | X           | X                     | 4                 |
| S. P. de los Montes       | X              | X             | X           | X                     | 4                 |
| Campisábalos              | X              | X             | X           | X                     | 4                 |
| Víznar                    | X              | X             | X           | X                     | 4                 |
| Doñana                    | X              | X             | X           | X                     | 4                 |
| <b>Total EMEP</b>         | 8              | 8             | 8           | 8                     | 32                |
| Madrid                    | X              | X             | X           | X                     | 4                 |
| Valladolid                | X              | X             | X           | X                     | 4                 |
| Badajoz                   | X              | X             | X           | X                     | 4                 |
| Albacete                  | X              | X             | X           | X                     | 4                 |
| <b>Total Urbanas</b>      | 4              | 4             | 4           | 4                     | 16                |
| <b>Total Muestras PAS</b> | 12             | 12            | 12          | 12                    | 48                |

**Tabla 4.** Número de muestras y diseño espacio-temporal de los muestreos de aire, realizados con CAV, incluidos en el presente informe.

| CAMPAÑA                   | Diciembre 2020 | Diciembre 2021 | Marzo 2022 | Junio 2022 | Total Muestras |
|---------------------------|----------------|----------------|------------|------------|----------------|
| Niembro (EMEP)            | X              | X              | X          | X          | 4              |
| Madrid (urbana)           | X              | X              | X          | X          | 4              |
| <b>Total Muestras CAV</b> | 2              | 2              | 2          | 2          | 8              |

## 2 RESULTADOS

En el Anexo I se presentan las concentraciones de PCDD/F, no-orto PCB, mono-orto PCB, PCB mayoritarios, PBDE, DDT, DDE, DDD, HCH, HCB, PeCB y Endosulfán correspondientes a las muestras de aire captadas mediante PAS.

En el Anexo II se presentan las concentraciones de PCDD/F, PCB, PBDE, DDT, DDE, DDD, HCH, HCB, PeCB y Endosulfán correspondientes a las muestras de aire captadas mediante CAV.

En el Anexo III se presentan las concentraciones de PCB mayoritarios, PBDE, DDT, DDE, DDD, HCH, HCB, PeCB y Endosulfán correspondientes a las muestras de aire captadas en Doñana mediante PAS.

En el Anexo IV se presentan las concentraciones de PFOS, PFHxS y PFOA en muestras de agua superficial del río Tajo.

### 2.1 Concentración de COP en muestras de aire obtenidas mediante PAS

El estudio estadístico se ha llevado a cabo con los datos correspondientes a las cuatro campañas de muestreo PAS realizadas por el CIEMAT entre el verano de 2020 y el invierno de 2021-2022.

A continuación se muestran las concentraciones totales obtenidas para cada familia de contaminantes analizada. También se incluyen las medias aritméticas de forma separada (para cada localización) y agrupada (localizaciones EMEP y ciudades).

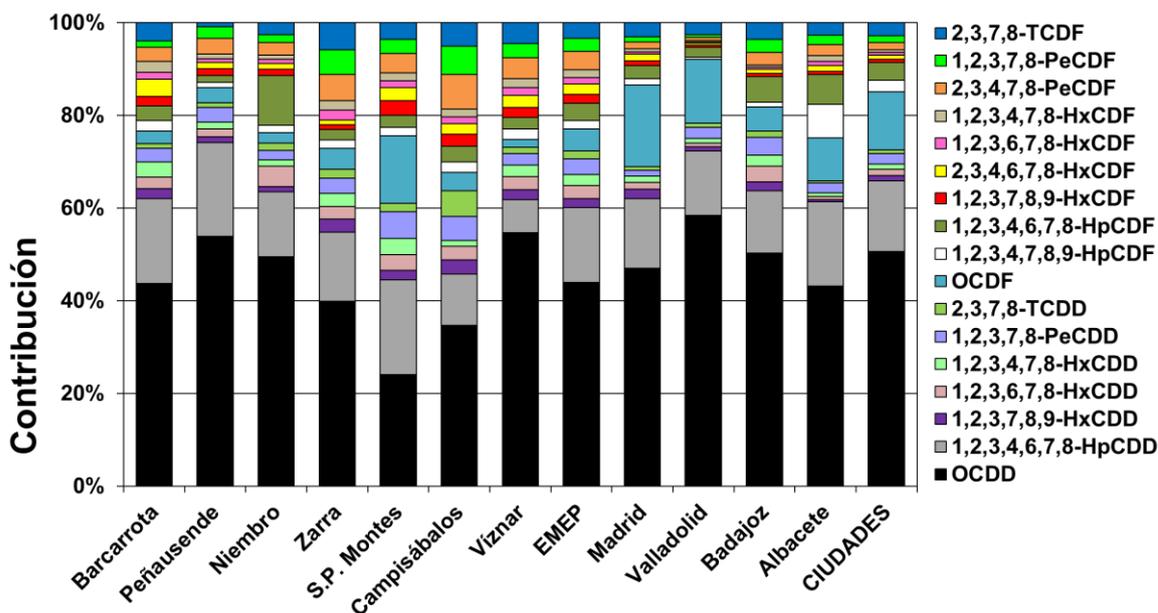
### 2.1.1 Niveles de $\Sigma$ PCDD/F en PAS por localidades

Las concentraciones de  $\Sigma$ PCDD/F (Tabla 5) obtenidas mediante PAS son similares a las obtenidas en anteriores muestreos en los mismos emplazamientos.

**Tabla 5.** Concentraciones ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) de  $\Sigma$ PCDD/F obtenidas mediante PAS.

|              | Verano<br>2020 | Otoño<br>2020 | Año<br>2021 | Invierno<br>2021-2022 | Promedio |
|--------------|----------------|---------------|-------------|-----------------------|----------|
| Barcarrota   | 0,050          | 0,013         | 0,003       | 0,006                 | 0,018    |
| Peñausende   | 0,046          | 0,002         | 0,002       | 0,021                 | 0,018    |
| Niembro      | 0,026          | 0,003         | 0,001       | 0,026                 | 0,014    |
| Zarra        | 0,012          | 0,002         | 0,003       | 0,009                 | 0,006    |
| S.P. Montes  | 0,028          | 0,002         | 0,001       | 0,024                 | 0,014    |
| Campisábalos | 0,013          | 0,002         | 0,001       | 0,009                 | 0,006    |
| Víznar       | 0,028          | 0,002         | 0,002       | 0,010                 | 0,010    |
| EMEP         | 0,029          | 0,004         | 0,002       | 0,015                 | 0,012    |
| Madrid       | 0,054          | 0,012         | 0,009       | 0,013                 | 0,022    |
| Valladolid   | 0,074          | 0,027         | 0,011       | 0,025                 | 0,034    |
| Badajoz      | 0,025          | 0,003         | 0,003       | 0,017                 | 0,012    |
| Albacete     | 0,068          | 0,006         | 0,007       | 0,015                 | 0,024    |
| Ciudades     | 0,055          | 0,012         | 0,008       | 0,017                 | 0,023    |

En todos los casos se observa un patrón de congéneres similar, en el que la octaclorodibenzo-p-dioxina (OCDD) es el congénere mayoritario ( $43 \pm 11\%$ ; media  $\pm$  SD; Figura 6).



**Figura 6.** Patrón medio de congéneres de PCDF y PCDD obtenidos mediante PAS en muestras de aire

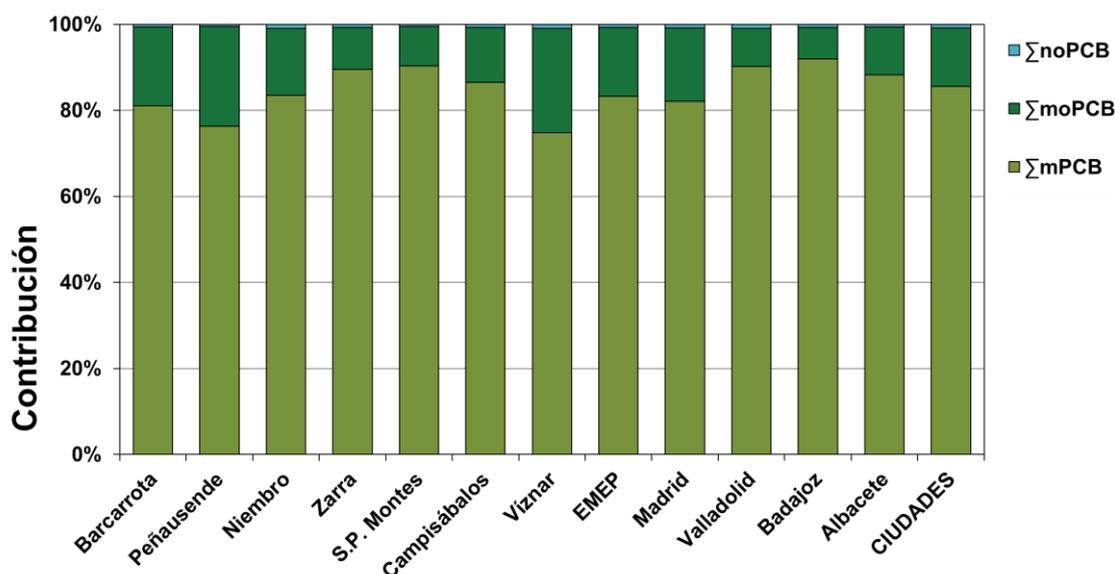
### 2.1.2 Niveles de $\Sigma$ PCB en PAS por localidades

Las concentraciones de  $\Sigma$ PCB obtenidas mediante PAS (Tabla 6) son similares a las obtenidas en anteriores muestreos en los mismos emplazamientos.

**Tabla 6.** Concentraciones (pg/m<sup>3</sup>) de  $\Sigma$ PCB obtenidas mediante PAS.

|              | Verano<br>2020 | Otoño<br>2020 | Año<br>2021 | Invierno<br>2021-2022 | Promedio |
|--------------|----------------|---------------|-------------|-----------------------|----------|
| Barcarrota   | 7,21           | 10,70         | 2,25        | 12,00                 | 8,04     |
| Peñausende   | 11,04          | 6,75          | 3,40        | 17,31                 | 9,62     |
| Niembro      | 17,72          | 8,45          | 7,25        | 14,05                 | 11,87    |
| Zarra        | 14,09          | 26,06         | 6,43        | 9,71                  | 14,07    |
| S.P. Montes  | 9,84           | 14,98         | 5,12        | 7,81                  | 9,44     |
| Campisábalos | 9,50           | 9,57          | 8,47        | 7,75                  | 8,82     |
| Víznar       | 15,78          | 10,80         | 4,79        | 17,92                 | 12,32    |
| EMEP         | 12,17          | 12,47         | 5,39        | 12,36                 | 10,60    |
| Madrid       | 105,31         | 75,93         | 51,83       | 57,55                 | 72,65    |
| Valladolid   | 27,64          | 20,63         | 7,44        | 23,09                 | 19,70    |
| Badajoz      | 12,73          | 13,94         | 6,91        | 41,38                 | 18,74    |
| Albacete     | 19,62          | 14,03         | 6,96        | 25,08                 | 16,42    |
| Ciudades     | 41,32          | 31,13         | 18,29       | 36,77                 | 31,88    |

En el caso de los PCB se obtuvo un perfil de congéneres similar en todas las localizaciones (Figura 7). La mayor contribución al total de PCB se debe a los PCB mayoritarios (mPCB: PCB 28, 52, 101, 153, 138 y 180),  $86 \pm 6\%$  (media  $\pm$  SD), seguidos de los mono-orto PCB (moPCB: PCB 123, 118, 114, 105, 167, 156, 157 y 189),  $14 \pm 6\%$  (media  $\pm$  SD) y por último de los no-orto PCB (noPCB: PCB 77, 81, 126 y 169),  $0,7 \pm 0,2\%$  (media  $\pm$  SD).



**Figura 7.** Perfil medio de congéneres de PCB obtenidos en muestras de aire mediante PAS. No-orto PCB (noPCB), mono-orto PCB (moPCB) y PCB mayoritarios (mPCB).

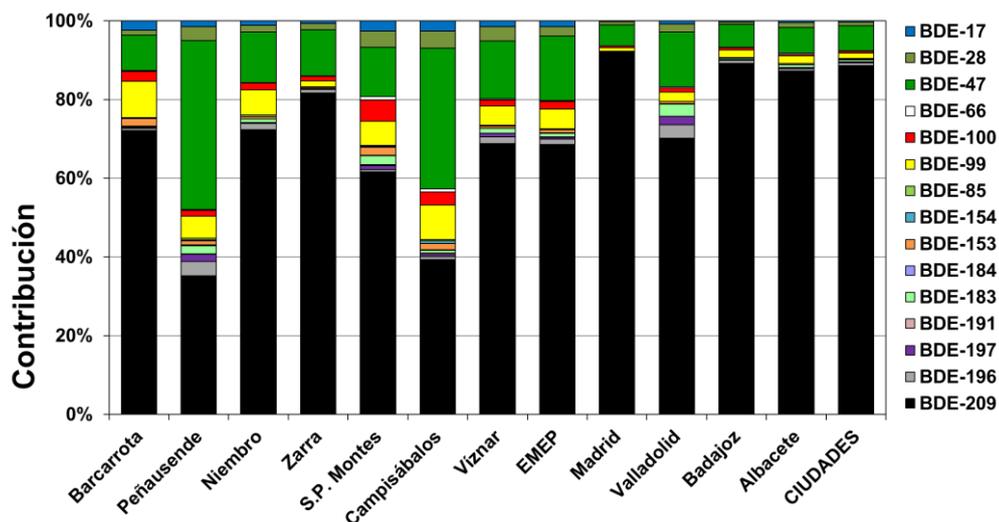
### 2.1.3 Niveles de $\Sigma$ PBDE en PAS por localidades

Las concentraciones de  $\Sigma$ PBDE obtenidas mediante PAS (Tabla 7) son similares a las obtenidas en anteriores muestreos en los mismos emplazamientos.

**Tabla 7.** Concentraciones ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) de  $\Sigma$ PBDE obtenidas mediante PAS.

|              | Verano<br>2020 | Otoño<br>2020 | Año<br>2021 | Invierno<br>2021-2022 | Promedio |
|--------------|----------------|---------------|-------------|-----------------------|----------|
| Barcarrota   | 0,93           | 0,59          | 0,43        | 0,14                  | 0,52     |
| Peñausende   | 1,01           | 0,24          | 0,32        | 0,21                  | 0,45     |
| Niembro      | 2,17           | 1,31          | 0,37        | 0,26                  | 1,03     |
| Zarra        | 1,65           | 2,66          | 1,02        | 0,74                  | 1,52     |
| S.P. Montes  | 0,56           | 0,23          | 0,03        | 0,68                  | 0,38     |
| Campisábalos | 0,28           | 0,30          | 0,40        | 0,18                  | 0,29     |
| Víznar       | 1,20           | 1,05          | 1,56        | 0,49                  | 1,08     |
| EMEP         | 1,11           | 0,91          | 0,59        | 0,39                  | 0,75     |
| Madrid       | 10,64          | 17,21         | 10,75       | 25,46                 | 16,02    |
| Valladolid   | 2,26           | 2,65          | 1,78        | 1,89                  | 2,14     |
| Badajoz      | 6,43           | 3,31          | 1,48        | 4,19                  | 3,85     |
| Albacete     | 7,27           | 6,71          | 6,16        | 3,63                  | 5,94     |
| Ciudades     | 6,65           | 7,47          | 5,04        | 8,80                  | 6,99     |

Se obtuvo un patrón de congéneres similar en todas las localizaciones (Figura 8), siendo el congénere mayoritario el BDE-209 ( $70 \pm 19\%$ ; media  $\pm$  SD), seguido del BDE-47 ( $16 \pm 12\%$ ) y del BDE-99 ( $5 \pm 3\%$ ). Este resultado señala a las mezclas DecaBDE como principal fuente de PBDE en el aire<sup>1</sup>. Las localizaciones urbanas presentaron una mayor contribución del BDE-209 ( $89 \pm 10\%$ ) comparadas con las remotas ( $69 \pm 18\%$ ; EMEP). Este comportamiento podría deberse a fenómenos de degradación del congénere decabromado.



**Figura 8.** Patrón de congéneres de PBDE obtenidos mediante PAS en muestras de aire.

<sup>1</sup> de la Torre, A., Barbas, B., Sanz, P., Navarro, I., Artiñano, B., Martínez, M.A., 2018. Traditional and novel halogenated flame retardants in urban ambient air: Gas-particle partitioning, size distribution and health implications. Sci. Total Environ. 630, 154–163. doi:10.1016/j.scitotenv.2018.02.199

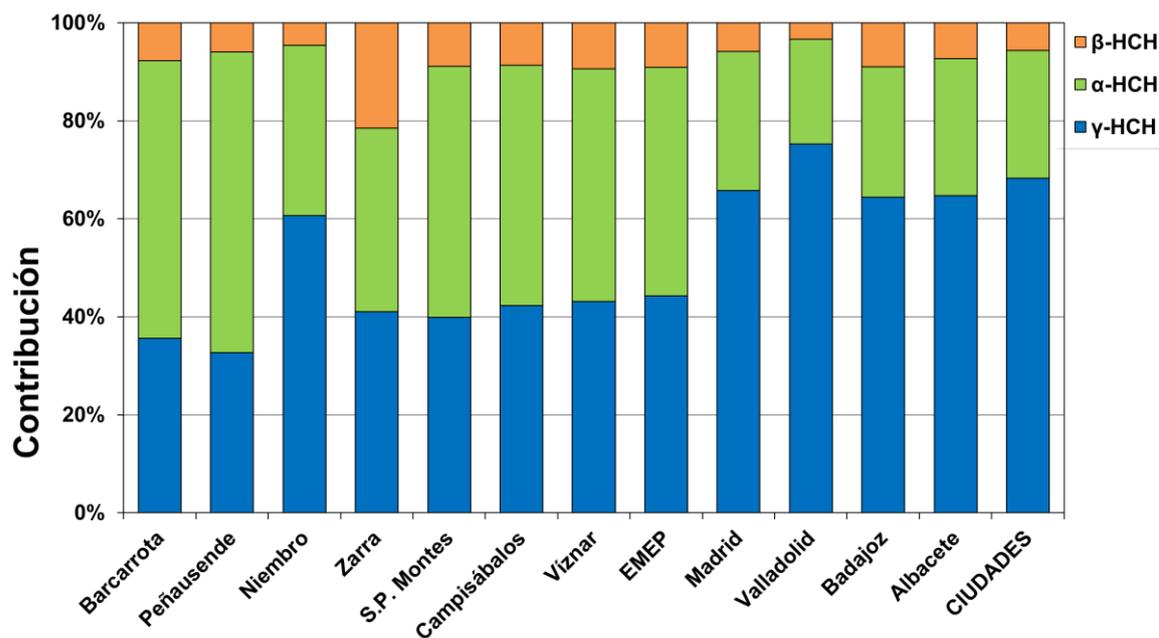
#### 2.1.4 Niveles de $\Sigma$ HCH en PAS por localidades

Las concentraciones de  $\Sigma$ HCH obtenidas mediante PAS (Tabla 8) son similares a las obtenidas en anteriores muestreos en los mismos emplazamientos.

**Tabla 8.** Concentraciones (pg/m<sup>3</sup>) de  $\Sigma$ HCH obtenidas mediante PAS.

|              | Verano<br>2020 | Otoño<br>2020 | Año<br>2021 | Invierno<br>2021-2022 | Promedio |
|--------------|----------------|---------------|-------------|-----------------------|----------|
| Barcarrota   | 2,05           | 3,20          | 1,26        | 2,66                  | 2,29     |
| Peñausende   | 6,88           | 15,09         | 2,53        | 3,41                  | 6,98     |
| Niembro      | 13,53          | 12,52         | 3,04        | 7,75                  | 9,21     |
| Zarra        | 6,85           | 8,39          | 3,07        | 4,13                  | 5,61     |
| S.P. Montes  | 5,74           | 5,42          | 2,54        | 3,21                  | 4,23     |
| Campisábalos | 5,36           | 7,38          | 3,27        | 3,75                  | 4,94     |
| Víznar       | 5,92           | 6,14          | 2,21        | 3,19                  | 4,37     |
| EMEP         | 6,62           | 8,31          | 2,56        | 4,01                  | 5,38     |
| Madrid       | 13,99          | 22,60         | 6,91        | 19,69                 | 15,79    |
| Valladolid   | 13,52          | 12,02         | 8,55        | 9,32                  | 10,85    |
| Badajoz      | 2,07           | 3,30          | 2,52        | 8,92                  | 4,20     |
| Albacete     | 8,62           | 6,09          | 3,96        | 2,89                  | 5,39     |
| Ciudades     | 9,55           | 11,00         | 5,48        | 10,20                 | 9,06     |

Las cuatro localizaciones urbanas presentaron un patrón de isómeros de HCH muy similar (Figura 9), siendo el  $\gamma$ -HCH el isómero mayoritario (68  $\pm$  5%; media  $\pm$  SD), seguido del  $\alpha$ -HCH (26  $\pm$  3%) y finalmente del  $\beta$ -HCH (8  $\pm$  2%). Sin embargo, en las localizaciones EMEP la contribución  $\alpha$ -HCH aumentó (47  $\pm$  10%) igualando e incluso superando al  $\gamma$ -HCH (44  $\pm$  9%) en algunas localizaciones.



**Figura 9.** Patrón de isómeros de HCH obtenidos mediante PAS en muestras de aire.

### 2.1.5 Niveles de HCB en PAS por localidades

Las concentraciones de HCB obtenidas mediante PAS (Tabla 9) son similares a las obtenidas en anteriores muestreos en los mismos emplazamientos.

**Tabla 10.** Concentraciones (pg/m<sup>3</sup>) de HCB obtenidas mediante PAS.

|              | Verano<br>2020 | Otoño<br>2020 | Año<br>2021 | Invierno<br>2021-2022 | Promedio |
|--------------|----------------|---------------|-------------|-----------------------|----------|
| Barcarrota   | 6,93           | 20,33         | 4,46        | 18,88                 | 12,65    |
| Peñausende   | 12,19          | 31,14         | 7,13        | 24,90                 | 18,84    |
| Niembro      | 15,56          | 26,64         | 5,67        | 24,77                 | 18,16    |
| Zarra        | 12,55          | 31,09         | 7,64        | 21,49                 | 18,19    |
| S.P. Montes  | 10,86          | 27,92         | 7,12        | 22,03                 | 16,98    |
| Campisábalos | 16,96          | 39,46         | 10,21       | 32,04                 | 24,67    |
| Víznar       | 13,38          | 27,82         | 6,41        | 24,96                 | 18,14    |
| EMEP         | 12,63          | 29,20         | 6,95        | 24,15                 | 18,23    |
| Madrid       | 10,81          | 32,44         | 7,36        | 35,09                 | 21,42    |
| Valladolid   | 13,34          | 29,28         | 7,08        | 29,25                 | 19,74    |
| Badajoz      | 6,35           | 19,74         | 5,40        | 17,47                 | 12,24    |
| Albacete     | 12,61          | 24,67         | 6,49        | 16,91                 | 15,17    |
| Ciudades     | 10,78          | 26,53         | 6,58        | 24,68                 | 17,14    |

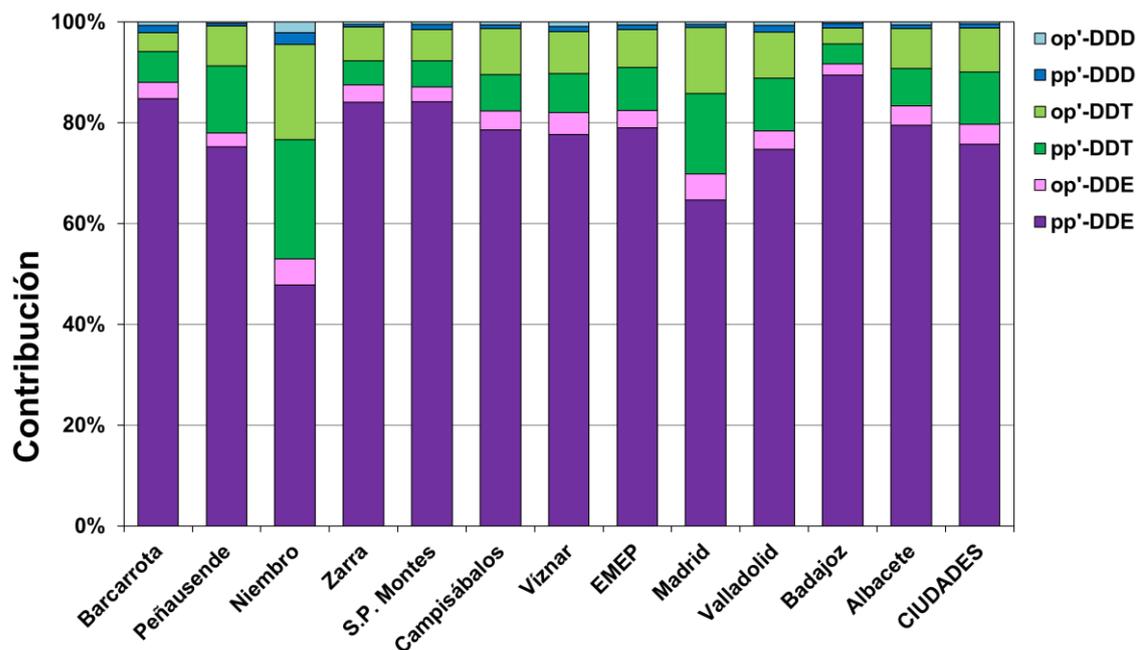
### 2.1.6 Niveles de $\Sigma$ DDX en PAS por localidades

Las concentraciones de  $\Sigma$ DDX obtenidas mediante PAS (Tabla 10) son similares a las obtenidas en anteriores muestreos en los mismos emplazamientos.

**Tabla 10.** Concentraciones (pg/m<sup>3</sup>) de  $\Sigma$ DDX obtenidas mediante PAS.

|              | Verano<br>2020 | Otoño<br>2020 | Año<br>2021 | Invierno<br>2021-2022 | Promedio |
|--------------|----------------|---------------|-------------|-----------------------|----------|
| Barcarrota   | 5,98           | 12,33         | 7,29        | 7,03                  | 8,16     |
| Peñausende   | 26,40          | 15,76         | 10,33       | 4,65                  | 14,29    |
| Niembro      | 1,99           | 3,53          | 2,52        | 3,30                  | 2,84     |
| Zarra        | 17,50          | 20,73         | 15,09       | 9,95                  | 15,82    |
| S.P. Montes  | 5,17           | 7,04          | 5,31        | 5,43                  | 5,74     |
| Campisábalos | 6,47           | 8,86          | 4,91        | 3,49                  | 5,93     |
| Víznar       | 9,74           | 10,81         | 7,84        | 6,32                  | 8,68     |
| EMEP         | 10,47          | 11,30         | 7,61        | 5,74                  | 8,78     |
| Madrid       | 43,57          | 49,40         | 30,37       | 25,11                 | 37,11    |
| Valladolid   | 6,27           | 6,61          | 4,84        | 4,51                  | 5,56     |
| Badajoz      | 16,53          | 38,26         | 26,60       | 30,85                 | 28,06    |
| Albacete     | 13,30          | 9,06          | 9,31        | 4,55                  | 9,06     |
| Ciudades     | 19,92          | 25,83         | 17,78       | 16,25                 | 19,95    |

Se obtuvo un patrón de isómeros de DDE, DDT y DDD similar en todas las localizaciones (Figura 10). Considerando el sumatorio de los dos isómeros (op'- y pp'-), la concentración de DDE, DDT y DDD supone el  $80 \pm 10\%$ ,  $18 \pm 10\%$  y  $2 \pm 1\%$  (media  $\pm$  SD) del total, respectivamente. Tanto para el DDT como para el DDD la contribución de los isómeros pp'- y op'- resultó similar ( $10 \pm 6\%$  pp'-DDT y  $9 \pm 4\%$  op'-DDT;  $1,0 \pm 0,6\%$  pp'-DDD y  $0,7 \pm 0,5\%$  op'-DDD). Sin embargo, en el caso del DDE el isómero pp'- presentó una mayor contribución que el isómero op'- ( $76 \pm 12\%$  pp'-DDE y  $4 \pm 1\%$  op'-DDE; media  $\pm$  SD).



**Figura 10.** Patrón de isómeros de DDE, DDT y DDD obtenidos mediante PAS en muestras de aire.

|   |                              |                      |
|---|------------------------------|----------------------|
| <br><b>CIEMAT</b><br>Centro de Investigaciones<br>Energéticas, Medioambientales<br>y Tecnológicas<br>Unidad de COP y Contaminantes<br>Emergentes en Medio Ambiente | <b>INFORME DE RESULTADOS</b> | Código: MA/COP-23-09 |
|   |                              | Edición: 01          |
|   |                              | Diciembre 2023       |
|   |                              | Página 21 de 53      |

### 2.1.7 Niveles de PeCB en PAS por localidades

Las concentraciones de PeCB obtenidas mediante PAS (Tabla 11) son similares a las obtenidas en anteriores muestreos en los mismos emplazamientos.

**Tabla 11.** Concentraciones (pg/m<sup>3</sup>) de PeCB obtenidas mediante PAS.

|              | Verano<br>2020 | Otoño<br>2020 | Año<br>2021 | Invierno<br>2021-2022 | Promedio |
|--------------|----------------|---------------|-------------|-----------------------|----------|
| Barcarrota   | 0,93           | 1,94          | 0,51        | 2,65                  | 1,51     |
| Peñausende   | 0,77           | 3,65          | 0,80        | 3,50                  | 2,18     |
| Niembro      | 1,41           | 2,34          | 0,55        | 3,08                  | 1,85     |
| Zarra        | 0,82           | 3,32          | 0,77        | 2,63                  | 1,89     |
| S.P. Montes  | 0,98           | 2,80          | 0,79        | 3,46                  | 2,01     |
| Campisábalos | 1,30           | 3,77          | 0,84        | 3,94                  | 2,46     |
| Víznar       | 1,02           | 3,20          | 0,73        | 3,46                  | 2,10     |
| EMEP         | 1,03           | 3,00          | 0,71        | 3,25                  | 2,00     |
|              |                |               |             |                       |          |
| Madrid       | 1,15           | 3,20          | 0,86        | 4,96                  | 2,54     |
| Valladolid   | 1,43           | 3,40          | 0,87        | 4,16                  | 2,47     |
| Badajoz      | 0,43           | 2,23          | 0,62        | 2,43                  | 1,43     |
| Albacete     | 1,43           | 3,52          | 0,88        | 3,33                  | 2,29     |
| Ciudades     | 1,11           | 3,09          | 0,81        | 3,72                  | 2,18     |

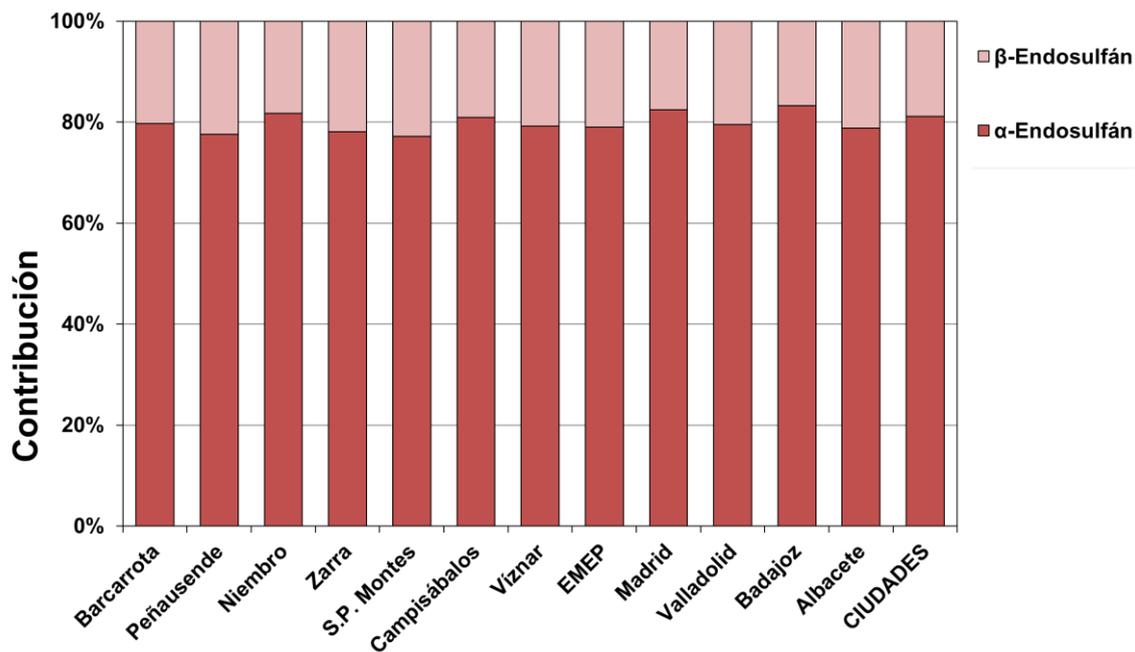
### 2.1.8 Niveles de $\Sigma$ Endosulfán en PAS por localidades

Las concentraciones de  $\Sigma$ Endosulfán obtenidas mediante PAS (Tabla 12) son similares a las obtenidas en anteriores muestreos en los mismos emplazamientos.

**Tabla 12.** Concentraciones (pg/m<sup>3</sup>) de Endosulfán obtenidas mediante PAS.

|              | Verano<br>2020 | Otoño<br>2020 | Año<br>2021 | Invierno<br>2021-2022 | Promedio |
|--------------|----------------|---------------|-------------|-----------------------|----------|
| Barcarrota   | 1,20           | 1,02          | 0,47        | 0,37                  | 0,77     |
| Peñausende   | 1,37           | 0,25          | 0,46        | 0,12                  | 0,55     |
| Niembro      | 1,04           | 0,22          | 0,48        | 0,46                  | 0,55     |
| Zarra        | 4,29           | 1,26          | 1,24        | 0,65                  | 1,86     |
| S.P. Montes  | 1,55           | 0,62          | 0,48        | 0,37                  | 0,76     |
| Campisábalos | 1,05           | 1,23          | 0,59        | 0,19                  | 0,76     |
| Víznar       | 5,76           | 1,81          | 1,67        | 0,83                  | 2,52     |
| EMEP         | 2,32           | 0,92          | 0,77        | 0,43                  | 1,11     |
|              |                |               |             |                       |          |
| Madrid       | 2,45           | 1,56          | 0,81        | 0,67                  | 1,37     |
| Valladolid   | 1,45           | 0,75          | 0,44        | 0,31                  | 0,74     |
| Badajoz      | 1,27           | 1,23          | 0,98        | 0,47                  | 0,99     |
| Albacete     | 2,57           | 0,70          | 0,77        | 0,36                  | 1,10     |
| Ciudades     | 1,94           | 1,06          | 0,75        | 0,45                  | 1,05     |

Se obtuvo un patrón de isómeros de Endosulfán similar en todas las localizaciones (Figura 11), siendo el isómero  $\alpha$ -Endosulfán muy mayoritario ( $80 \pm 2\%$ ; media  $\pm$  SD) con respecto al  $\beta$ -Endosulfán ( $20 \pm 2\%$ ).



**Figura 11.** Patrón de isómeros de  $\alpha$ - y  $\beta$ -Endosulfán obtenidos mediante PAS en muestras de aire.

|   |                                     |                      |
|---|-------------------------------------|----------------------|
|  <p><b>Ciemat</b><br/>Centro de Investigaciones<br/>Energéticas, Medioambientales<br/>y Tecnológicas</p> <p>Unidad de COP y Contaminantes<br/>Emergentes en Medio Ambiente</p> | <p><b>INFORME DE RESULTADOS</b></p> | Código: MA/COP-23-09 |
|   |                                     | Edición: 01          |
|   |                                     | Diciembre 2023       |
|   |                                     | Página 23 de 53      |

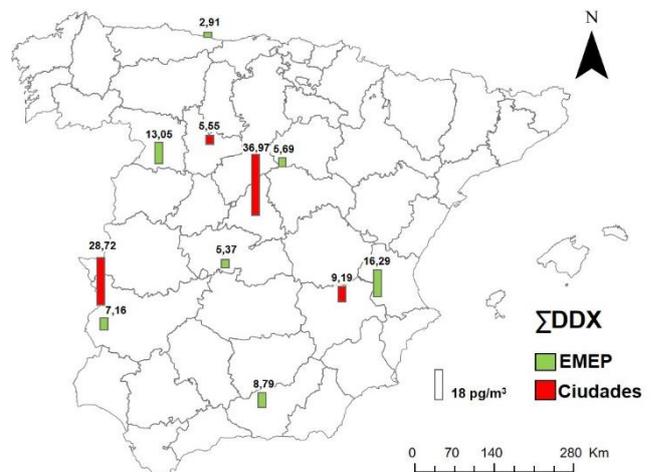
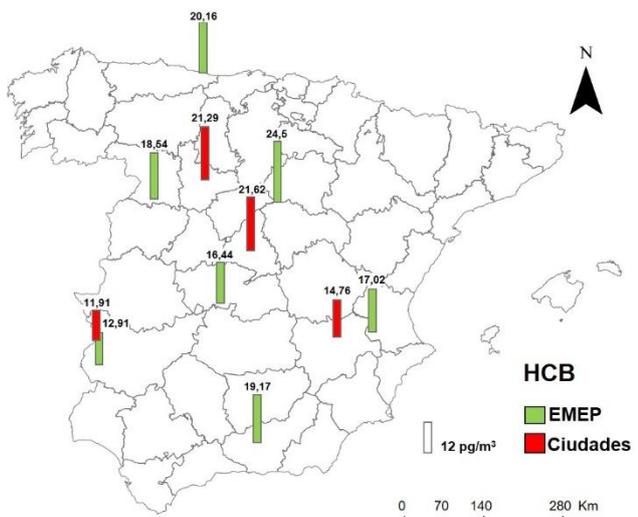
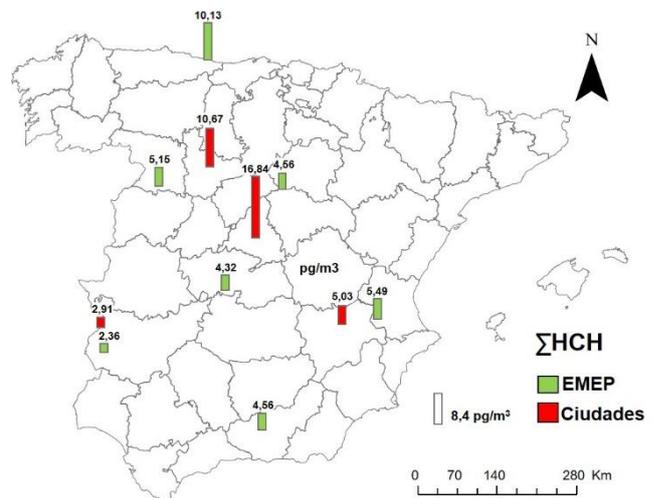
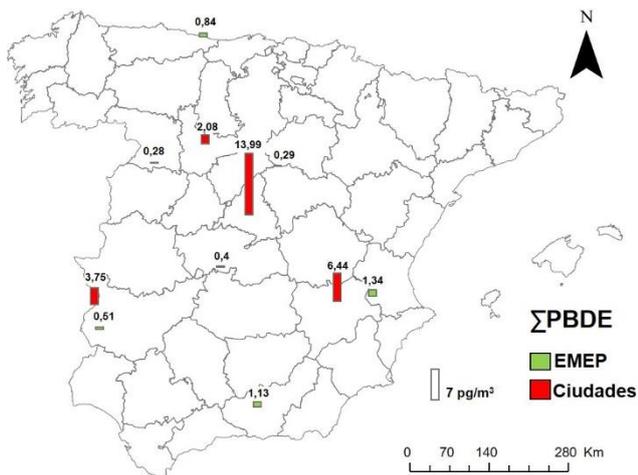
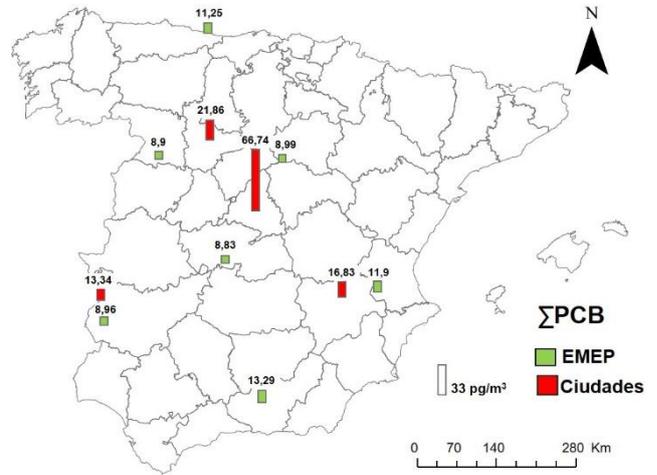
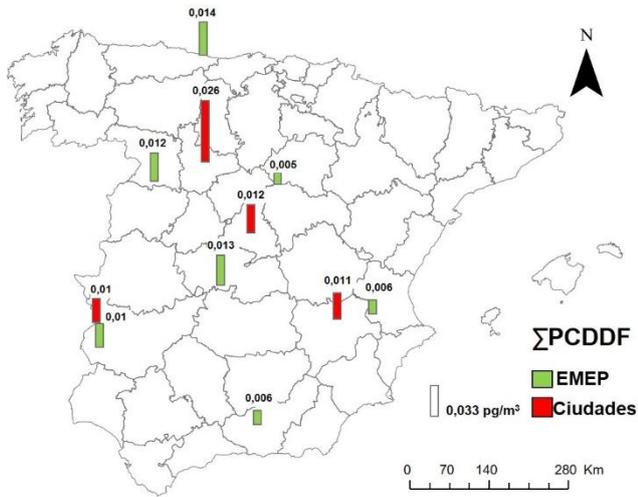
### 2.1.9 Evaluación de las diferencias entre localizaciones EMEP y ciudades

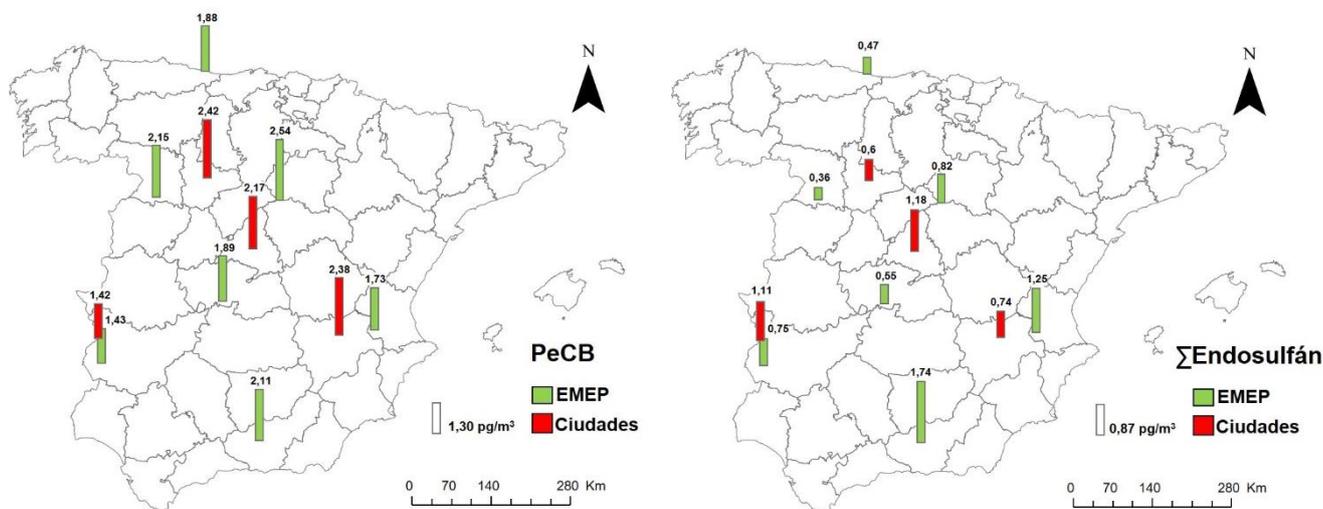
En este punto se evalúan las diferencias existentes en los niveles de concentración en las distintas localizaciones estudiadas. Debido al escaso tamaño muestral ( $n=4$  para cada localización;) recogido en el presente informe, el estudio se ha abordado comparando el conjunto total de las muestras obtenidas en zonas urbanas ( $n=16$ ) y en zonas remotas (EMEP;  $n=28$ ).

La Tabla 13 muestra los principales estadísticos descriptivos obtenidos agrupando localizaciones EMEP y ciudades. En la Figura 12 se representan las medianas para cada localización. En las Figuras 13 a 16, se han representado diagramas de cajas y bigotes para: (a) visualizar la mediana, los percentiles 25 y 75, los valores mínimos y máximos no atípicos, y los casos atípicos y extremos y (b) evaluar fácilmente la tendencia central, presencia de valores extremos y la dispersión de los datos. Por último, considerando que en la mayoría de los casos los datos obtenidos no se ajustan a distribuciones normales ( $p>0.05$ ; Shapiro-wilk,  $n<50$ , ver Tabla 14), se ha utilizado una prueba no paramétrica para dos muestras independientes (U de Mann-Whitney; Tabla 15). El resultado de ésta (Tabla 15) revela niveles de concentración superiores de  $\sum$ PCDD/F,  $\sum$ PCB,  $\sum$ PBDE,  $\sum$ HCH y  $\sum$ DDX, en las ciudades comparadas con las EMEP. Por el contrario, los niveles de, HCB, PeCB y  $\sum$ Endosulfán no ofrecen diferencias estadísticamente significativas entre los dos tipos de localizaciones.

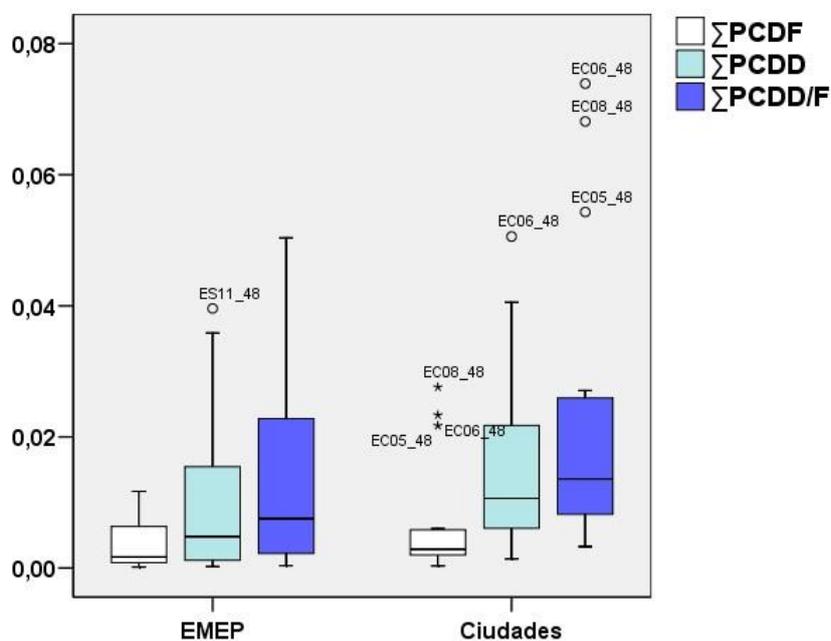
**Tabla 13.** Estadísticos descriptivos ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) para localizaciones EMEP y ciudades.

|                   |          | N  | Media |                 |         | Desviación |        |        | Rango | Coeficiente de variación |
|-------------------|----------|----|-------|-----------------|---------|------------|--------|--------|-------|--------------------------|
|                   |          |    | Media | recortada al 5% | Mediana | típica     | Mínimo | Máximo |       |                          |
| $\sum$ PCDD/F     | EMEP     | 28 | 0,01  | 0,01            | 0,01    | 0,01       | 0,001  | 0,05   | 0,05  | 1,11                     |
|                   | Ciudades | 16 | 0,02  | 0,02            | 0,01    | 0,02       | 0,003  | 0,07   | 0,07  | 0,98                     |
| $\sum$ PCB        | EMEP     | 28 | 10,60 | 10,31           | 9,64    | 5,20       | 2,25   | 26,06  | 23,81 | 0,49                     |
|                   | Ciudades | 16 | 31,88 | 29,19           | 21,86   | 27,98      | 6,91   | 105,31 | 98,40 | 0,88                     |
| $\sum$ PBDE       | EMEP     | 28 | 0,75  | 0,69            | 0,53    | 0,65       | 0,03   | 2,66   | 2,63  | 0,86                     |
|                   | Ciudades | 16 | 6,99  | 6,27            | 5,18    | 6,49       | 1,48   | 25,46  | 23,99 | 0,93                     |
| $\sum$ HCH        | EMEP     | 28 | 5,38  | 5,08            | 3,94    | 3,52       | 1,26   | 15,09  | 13,83 | 0,66                     |
|                   | Ciudades | 16 | 9,06  | 8,70            | 8,58    | 6,07       | 2,07   | 22,60  | 20,52 | 0,67                     |
| HCB               | EMEP     | 28 | 18,23 | 17,92           | 17,92   | 9,79       | 4,46   | 39,46  | 35,00 | 0,54                     |
|                   | Ciudades | 16 | 17,14 | 16,80           | 15,12   | 10,18      | 5,40   | 35,09  | 29,68 | 0,59                     |
| $\sum$ DDX        | EMEP     | 28 | 8,78  | 8,26            | 7,04    | 5,80       | 1,99   | 26,40  | 24,41 | 0,66                     |
|                   | Ciudades | 16 | 19,95 | 19,17           | 14,92   | 15,09      | 4,51   | 49,40  | 44,89 | 0,76                     |
| PeCB              | EMEP     | 28 | 2,00  | 1,98            | 1,67    | 1,23       | 0,51   | 3,94   | 3,44  | 0,61                     |
|                   | Ciudades | 16 | 2,18  | 2,12            | 1,83    | 1,42       | 0,43   | 4,96   | 4,53  | 0,65                     |
| $\sum$ Endosulfán | EMEP     | 28 | 1,11  | 0,93            | 0,74    | 1,22       | 0,12   | 5,76   | 5,64  | 1,10                     |
|                   | Ciudades | 16 | 1,05  | 1,01            | 0,79    | 0,68       | 0,31   | 2,57   | 2,27  | 0,65                     |

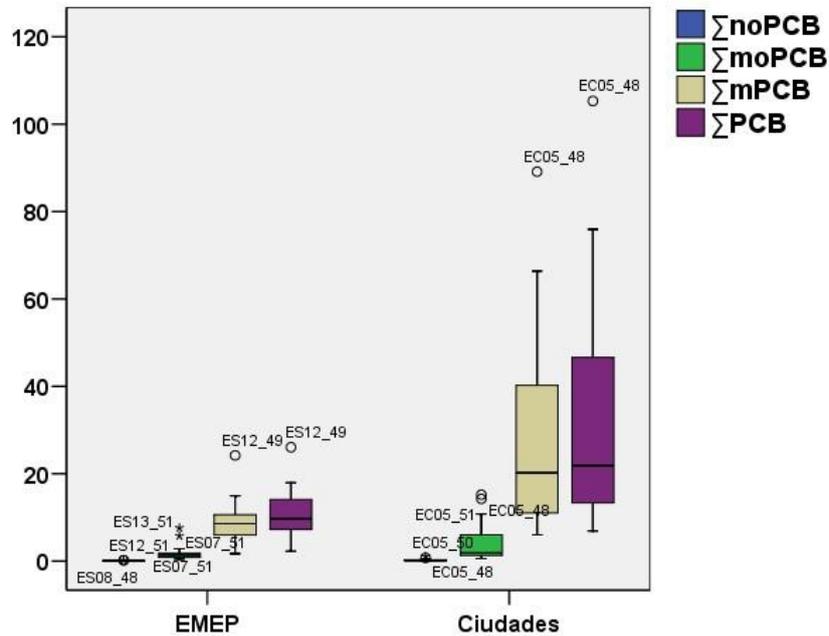




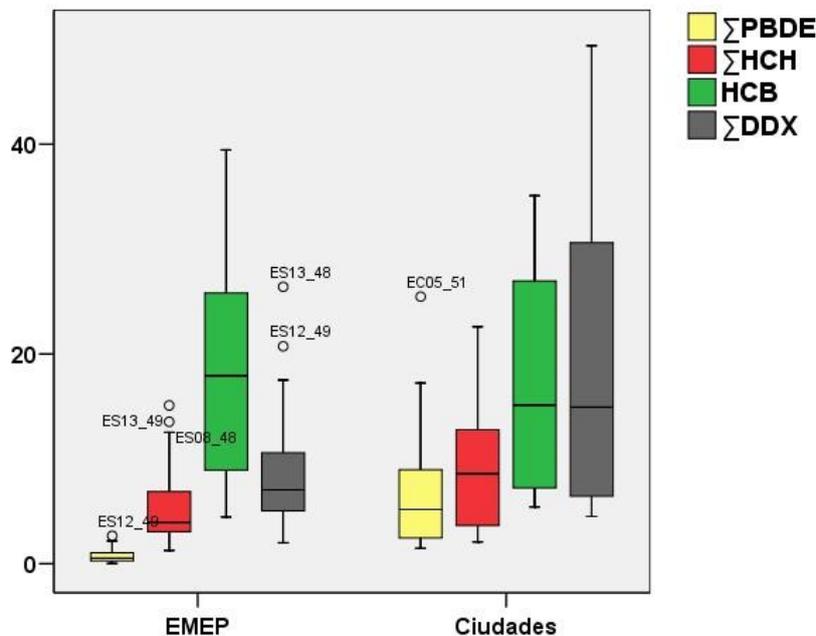
**Figura 12.** Medianas de concentración de  $\Sigma$ PCDD/F,  $\Sigma$ PCB,  $\Sigma$ PBDE,  $\Sigma$ HCH,  $\Sigma$ HCB,  $\Sigma$ DDX, PeCB y  $\Sigma$ Endosulfán ( $\text{pg}/\text{m}^3$ ).



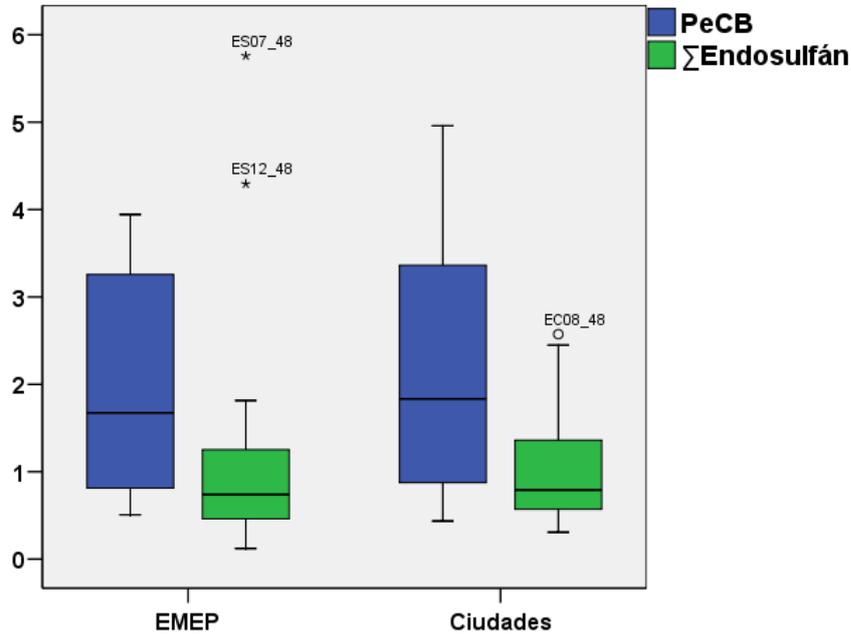
**Figura 13.** Diagrama de cajas y bigotes (concentración de  $\Sigma$ PCDF,  $\Sigma$ PCDD y  $\Sigma$ PCDD/F;  $\text{pg}/\text{m}^3$ ). Casos atípicos (●) y extremos (\*) etiquetados con la localización (ver Tabla 1) y campaña de muestreo (ver Tabla 3).



**Figura 14.** Diagrama de cajas y bigotes (concentración de  $\Sigma$ noPCB,  $\Sigma$ moPCB,  $\Sigma$ mPCB y  $\Sigma$ PCB;  $\text{pg}/\text{m}^3$ ). Casos atípicos (●) y extremos (\*) etiquetados con la localización (ver Tabla 1) y campaña de muestreo (ver Tabla 3).



**Figura 15.** Diagrama de cajas y bigotes (concentración de  $\Sigma$ PBDE,  $\Sigma$ HCH, HCB y  $\Sigma$ DDX;  $\text{pg}/\text{m}^3$ ). Casos atípicos (●) y extremos (\*) etiquetados con la localización (ver Tabla 1) y campaña de muestreo (ver Tabla 3).



**Figura 16.** Diagrama de cajas y bigotes (concentración de PeCB y  $\Sigma$ Endosulfán; pg/m<sup>3</sup>). Casos atípicos (●) y extremos (\*) etiquetados con la localización (ver Tabla 1) y campaña de muestreo (ver Tabla 3).

**Tabla 14.** Resultados del test de Normalidad Shapiro-Wilk.

| Loc_Type            | Kolmogorov-Smirnov <sup>(a)</sup> |       |      | Shapiro-Wilk |       |      |       |
|---------------------|-----------------------------------|-------|------|--------------|-------|------|-------|
|                     | Estadístico                       | gl    | Sig. | Estadístico  | gl    | Sig. |       |
| $\Sigma$ PCDD/F     | EMEP                              | 0,215 | 28   | 0,002        | 0,795 | 28   | 0,000 |
|                     | Ciudades                          | 0,242 | 16   | 0,013        | 0,779 | 16   | 0,001 |
| $\Sigma$ PCB        | EMEP                              | 0,144 | 28   | 0,140        | 0,941 | 28   | 0,114 |
|                     | Ciudades                          | 0,248 | 16   | 0,010        | 0,824 | 16   | 0,006 |
| $\Sigma$ PBDE       | EMEP                              | 0,172 | 28   | 0,034        | 0,855 | 28   | 0,001 |
|                     | Ciudades                          | 0,233 | 16   | 0,021        | 0,786 | 16   | 0,002 |
| $\Sigma$ HCH        | EMEP                              | 0,177 | 28   | 0,024        | 0,838 | 28   | 0,001 |
|                     | Ciudades                          | 0,170 | 16   | 0,200        | 0,911 | 16   | 0,119 |
| HCB                 | EMEP                              | 0,119 | 28   | 0,200        | 0,943 | 28   | 0,131 |
|                     | Ciudades                          | 0,146 | 16   | 0,200        | 0,900 | 16   | 0,081 |
| $\Sigma$ DDX        | EMEP                              | 0,173 | 28   | 0,032        | 0,867 | 28   | 0,002 |
|                     | Ciudades                          | 0,197 | 16   | 0,097        | 0,883 | 16   | 0,044 |
| PeCB                | EMEP                              | 0,216 | 28   | 0,002        | 0,854 | 28   | 0,001 |
|                     | Ciudades                          | 0,201 | 16   | 0,083        | 0,914 | 16   | 0,134 |
| $\Sigma$ Endosulfán | EMEP                              | 0,237 | 28   | 0,000        | 0,657 | 28   | 0,000 |
|                     | Ciudades                          | 0,202 | 16   | 0,080        | 0,863 | 16   | 0,022 |

\* Este es un límite inferior de la significación verdadera.

<sup>a</sup> Corrección de la significación de Lilliefors

**Tabla 15.** Estadísticos del contraste U de Mann-Whitney obtenidos al comparar de manera agrupada las localizaciones EMEP y las ciudades.

|                     | U de Mann-Whitney | W de Wilcoxon | Z      | Sig. asintót. (bilateral) |
|---------------------|-------------------|---------------|--------|---------------------------|
| $\Sigma$ PCDD/F     | 135               | 541           | -2,171 | 0,030                     |
| $\Sigma$ PCB        | 92                | 498           | -3,220 | 0,001                     |
| $\Sigma$ PBDE       | 10                | 416           | -5,221 | 0,000                     |
| $\Sigma$ HCH        | 136               | 542           | -2,147 | 0,032                     |
| HCB                 | 208               | 344           | -0,390 | 0,696                     |
| $\Sigma$ DDX        | 129               | 535           | -2,318 | 0,020                     |
| PeCB                | 202               | 608           | -0,537 | 0,591                     |
| $\Sigma$ Endosulfán | 200               | 606           | -0,586 | 0,558                     |

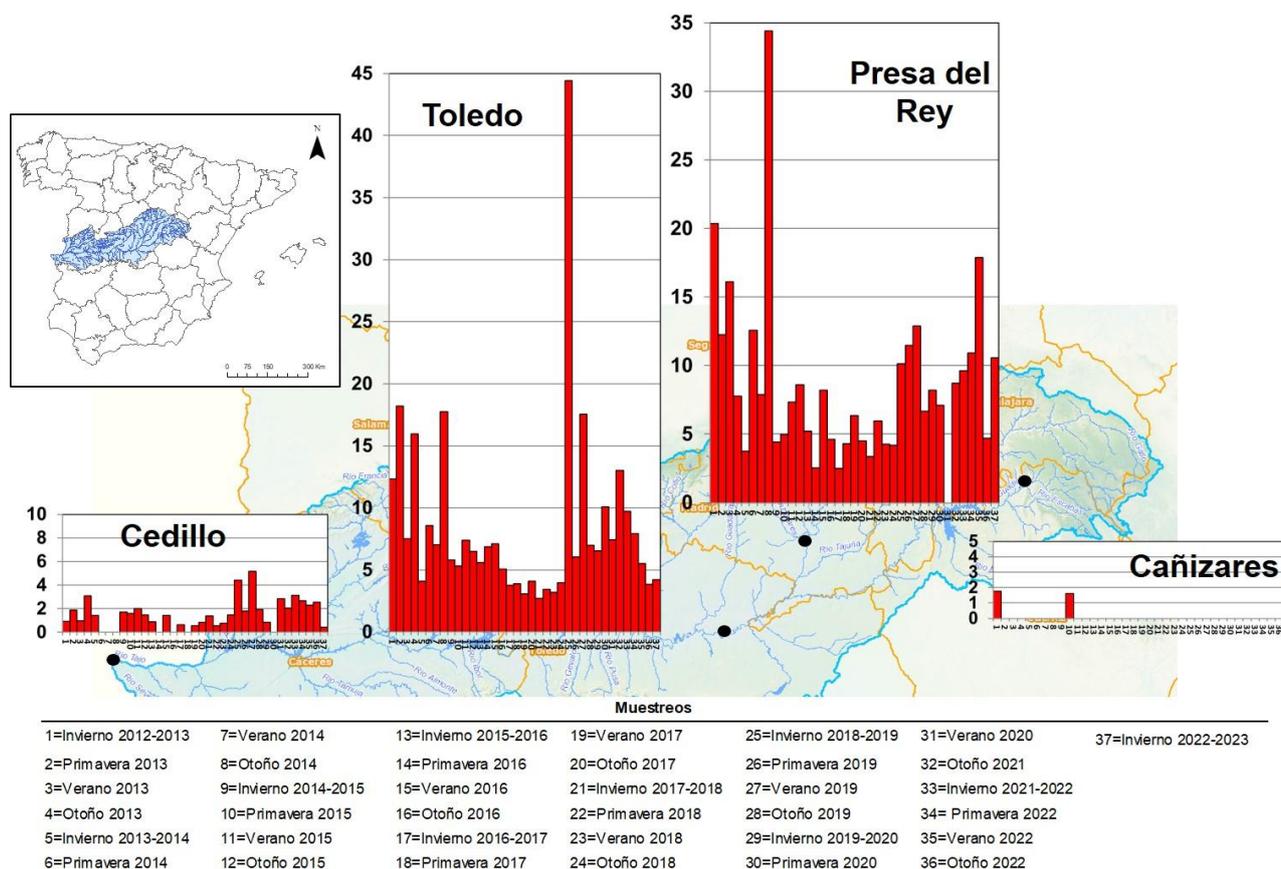
Sombreado en rojo, casos que presentan concentraciones superiores en ciudades que en EMEP

**2.2 Concentración de COP en muestras de agua superficial**

**2.2.1 Discusión de los resultados de las sustancias perfluoradas obtenidas en la cuenca del río Tajo. Valoración global.**

Los niveles obtenidos de PFOS (N.D. – 44,4 ng/L; mínimo-máximo; Figura 17), PFHxS (N.D. -11,9 ng/L; Figura 18) y PFOA (N.D. – 11,1 ng/L; Figura 19) son similares a los descritos por Navarro et al<sup>2</sup> en la misma cuenca hidrográfica. Sin embargo, conviene destacar que al igual que ocurre en el caso del aire, se encontraron diferencias importantes en los distintos puntos de muestreo.

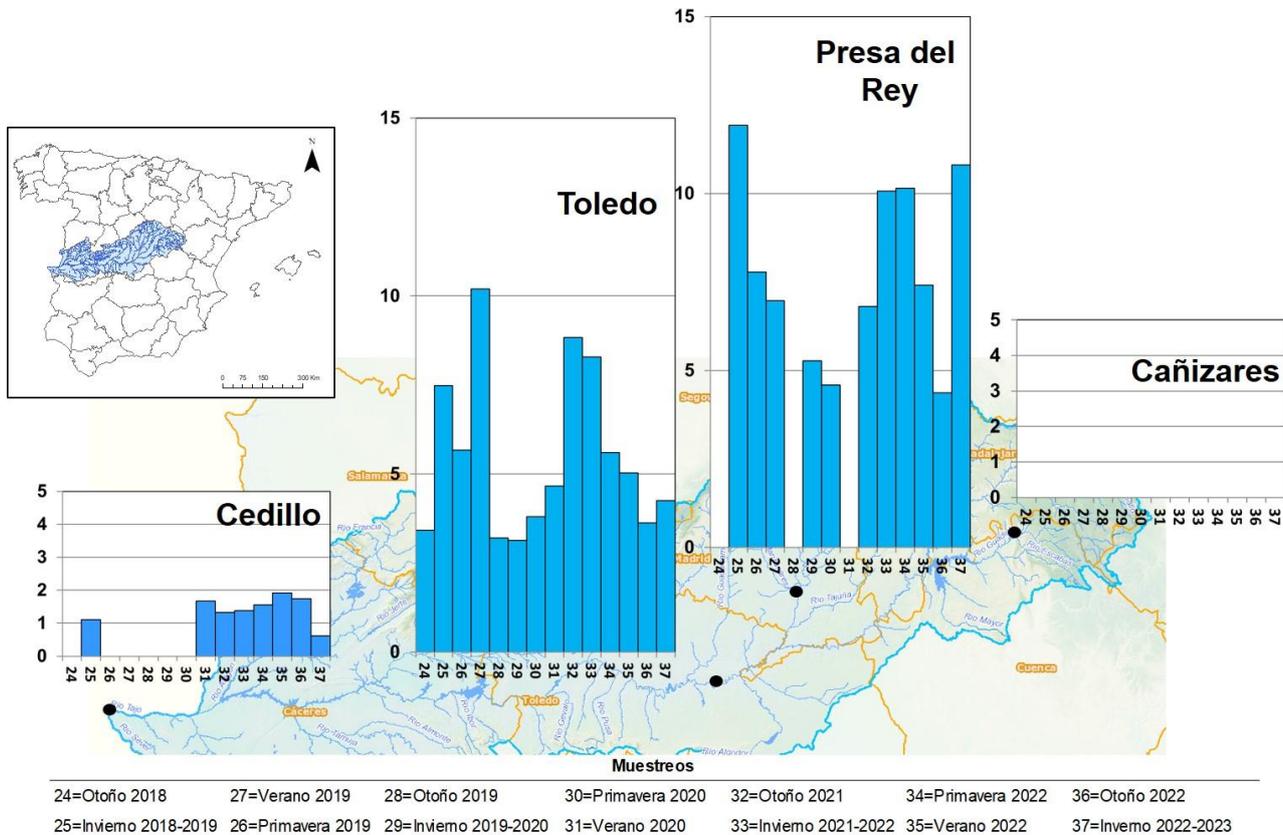
Las concentraciones de sustancias perfluoradas en el agua aumentan claramente a medida que lo hace la influencia antrópica en la cuenca hidrográfica. En el punto de muestreo situado en la localidad de Cañizares (CHT178, Tabla 2), localización remota situada en el río Guadiela, el histórico de datos presenta frecuencias de detección bajas (36% PFOA) o muy bajas (5 y 0%; PFOS y PFHxS). Sin embargo, en las localizaciones de Presa del Rey y Toledo las frecuencias de cuantificación aumentan considerablemente tanto para PFOS (100-100%; Presa del Rey y Toledo, respectivamente), como para PFHxS (85-100%) y PFOA (100-100%).



**Figura 17.** Concentración de PFOS (ng/L) en agua procedente de la cuenca hidrográfica del río Tajo, correspondiente a las campañas de muestreo comprendidas entre el invierno de 2012-2013 y el invierno de 2022-2023.

<sup>2</sup> Perfluoroalkyl acids (PFAAs): Distribution, trends and aquatic ecological risk assessment in surface water from Tagus River basin (Spain). I. Navarro, A. de la Torre, P. Sanz and MA Martínez. 2020, 256, 113511.

Los resultados aquí expuestos se refieren únicamente a la muestra o muestras a la que se hace referencia. Este Informe no podrá reproducirse parcialmente sin autorización previa del CIEMAT. Sólo se podrá reproducir el informe si se cita la fuente de referencia. Los ensayos se han realizado en un laboratorio certificado conforme a la norma ISO 9001:2015 por SGS con número de registro: ES12/12224.

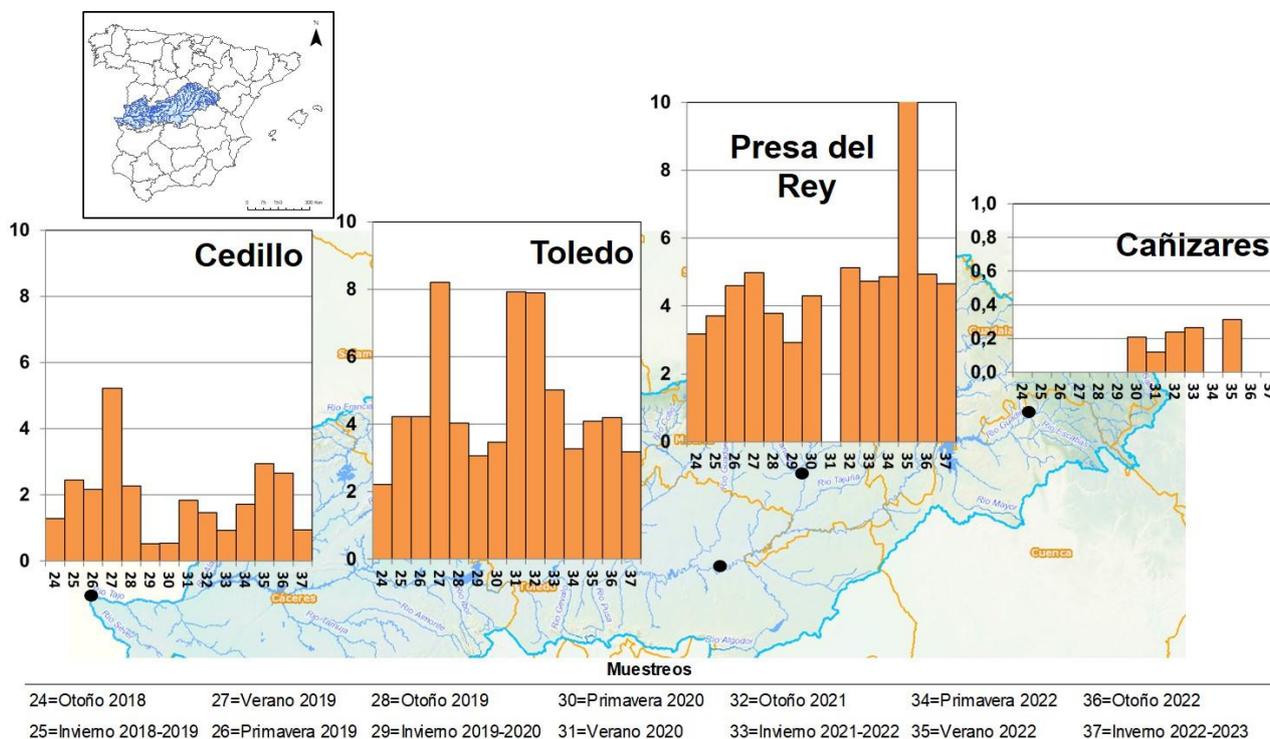


**Figura 18.** Concentración de PFHxS (ng/L) en agua procedente de la cuenca hidrográfica del río Tajo, correspondiente a las campañas de muestreo comprendidas entre el otoño de 2018 y el invierno de 2022-2023.

Las concentraciones de PFOS (7,57 ng/L; mediana), PFHxS (6,97 ng/L) y PFOA (4,65 ng/L) en la Presa del Rey (CHT50), cauce del río Jarama a su paso por la localidad de Rivas-Vaciamadrid; podrían deberse tanto a la influencia de núcleos altamente poblados como de actividades industriales. Antes de su paso por la Presa del Rey, el río Jarama recibe las aguas de los ríos Manzanares y Henares. El primero de estos ríos tiene una alta contribución de aguas procedentes del retorno de las estaciones depuradoras de aguas residuales de Madrid (núcleo urbano con 3,3 millones de habitantes en 2022) y el segundo transcurre por zonas urbanas (el Corredor del Henares conforma una aglomeración urbana de 600.000 habitantes) altamente industrializadas como Coslada, San Fernando de Henares, Torrejón de Ardoz, Alcalá de Henares, Azuqueca de Henares y Guadalajara.

Los niveles obtenidos de PFOS (6,53 ng/L; mediana), PFHxS (4,85 ng/L) y PFOA (4,15 ng/L) en el río Tajo a su paso por Toledo (CHT92) son similares a los cuantificados en el río Jarama en el punto de muestreo de la Presa del Rey (Rivas-Vaciamadrid), sin embargo las concentraciones de estos compuestos disminuyen claramente en Cedillo (1,41, 0,86 y 1,77 ng/L; medianas de PFOS, PFHxS y PFOA respectivamente). Este hecho podría deberse a fenómenos de deposición que puede sufrir el contaminante cuando las aguas están embalsadas. La toma de muestras en el punto de Cedillo (CHT153) se realiza en la presa del embalse del mismo nombre, que tiene una capacidad de 260 hm<sup>3</sup> y que a su vez se encuentra a tan sólo 60 Km aguas abajo del embalse de Alcántara II, que es el de mayor capacidad de la cuenca hidrográfica del Tajo, con 3162 hm<sup>3</sup>.

Los resultados aquí expuestos se refieren únicamente a la muestra o muestras a la que se hace referencia. Este Informe no podrá reproducirse parcialmente sin autorización previa del CIEMAT. Sólo se podrá reproducir el informe si se cita la fuente de referencia. Los ensayos se han realizado en un laboratorio certificado conforme a la norma ISO 9001:2015 por SGS con número de registro: ES12/12224.



\* La muestra de Presa del Rey correspondiente al verano 2020 no se analizó por problemas en el muestreo.

**Figura 19.** Concentración de PFOA (ng/L) en agua procedente de la cuenca hidrográfica del río Tajo, correspondiente a las campañas de muestreo comprendidas entre el otoño de 2018 y el invierno de 2022-2023.

### 3 CONCLUSIONES

En el presente informe se han detallado los resultados obtenidos por la Unidad de COP y Contaminantes Emergentes en Medio Ambiente del CIEMAT, durante el año 2023. Se ha incluido la descripción de las campañas de muestreo así como los resultados de concentración de  $\Sigma$ PCDD/F,  $\Sigma$ PCB,  $\Sigma$ PBDE,  $\Sigma$ HCH, HCB,  $\Sigma$ DDX, PeCB y  $\Sigma$ Endosulfán, correspondientes a las muestras de aire captadas desde el verano de 2020 al invierno de 2021-2022. Adicionalmente se han analizado los datos del contenido de sustancias perfluoradas (PFOS, PFHxS y PFOA) en las muestras de agua recogidas entre el invierno de 2012-2013 y el invierno de 2022-2023.

Se han encontrado diferencias estadísticamente significativas entre las concentraciones de  $\Sigma$ PCDD/F,  $\Sigma$ PCB,  $\Sigma$ PBDE,  $\Sigma$ HCH y  $\Sigma$ DDX, en aire, asociadas a puntos remotos (EMEP) y urbanos. Estas diferencias se deben a los niveles más altos que presentan las ciudades con respecto a las localizaciones remotas. Este resultado parece señalar a las aglomeraciones urbanas y a los procesos que ahí se desarrollan como fuentes potenciales para estos compuestos en el aire. Por el contrario, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre ambos tipos de localizaciones para HCB, PeCB y  $\Sigma$ Endosulfán.

|   |                              |                      |
|---|------------------------------|----------------------|
|  | <b>INFORME DE RESULTADOS</b> | Código: MA/COP-23-09 |
|   |                              | Edición: 01          |
|   |                              | Diciembre 2023       |
|   |                              | Página 32 de 53      |

Se han obtenido los siguientes patrones y perfiles de congéneres e isómeros en las muestras de aire captadas mediante PAS:

- $\Sigma$ PCDD/F: El congénere que presenta mayor contribución al  $\Sigma$ PCDD/F en todas las localizaciones analizadas es la OCDD.
- $\Sigma$ PCB: Se obtuvo un perfil de PCB similar en todas las localizaciones:  $\Sigma$ mPCB >  $\Sigma$ moPCB >>  $\Sigma$ noPCB,
- $\Sigma$ PBDE: El BDE-209 resultó el congénere mayoritario tanto en ciudades como en las zonas remotas. Sin embargo, las primeras presentaron una mayor contribución de este congénere.
- $\Sigma$ HCH: Las localizaciones urbanas presentaron un patrón de isómeros dominado por el  $\gamma$ -HCH seguido del  $\alpha$ -HCH y finalmente del  $\beta$ -HCH. Sin embargo, en las localizaciones EMEP la contribución  $\alpha$ -HCH aumentó, igualando e incluso superando al  $\gamma$ -HCH.
- $\Sigma$ DDX: En ambos casos (zonas remotas y ciudades) el DDE fue el compuesto mayoritario seguido del DDT y DDD. La contribución al  $\Sigma$ DDE del isómero pp'-DDE fue mayor que la obtenida para el op'-DDE. Sin embargo, las contribuciones de los isómeros pp'- y op'- tanto para el DDD como el DDT fueron muy similares.
- $\Sigma$ Endosulfán: Se obtuvo un patrón de isómeros similar en ambos tipos de localizaciones:  $\alpha$ -Endosulfán >  $\beta$ -Endosulfán.

En cuanto al contenido de PFOS, PFHx y PFOA en muestras de agua de la cuenca hidrográfica del río Tajo, se ha observado que la concentración de estos contaminantes se ve claramente afectada por las actividades antrópicas (aglomeraciones urbanas y actividades industriales) que influyen sobre este medio acuático. Los datos obtenidos parecen indicar que los fenómenos de deposición que pueden sufrir estas sustancias perfluoradas cuando las aguas están embalsadas, pueden influir en sus niveles de concentración.

Para poder realizar una adecuada evaluación de las medidas adoptadas con el fin de reducir los niveles de COP, será necesario continuar con los trabajos de vigilancia de forma regular y a largo plazo en el territorio nacional.

#### 4 AGRADECIMIENTOS

La realización del presente trabajo ha sido posible gracias a la eficaz e inestimable ayuda de los responsables de la Agencia Estatal de Meteorología, cuyas estaciones de muestreo han sido facilitadas para la colocación de los muestreadores de aire utilizados para la determinación de COP. Los autores quieren también agradecer a la empresa Ingenieros Asesores SA su diligencia y buena disposición para la concertación de las fechas de los muestreos de aire.

El trabajo de vigilancia de sustancias perfluoradas en agua de río ha sido posible gracias a la colaboración del Área de Calidad de las Aguas de la Confederación Hidrográfica del Tajo, CHT, que ha participado en la selección de las estaciones de muestreo y en la definición de la periodicidad de la toma de muestras. Asimismo, los autores quieren también agradecer a la CHT la realización de los muestreos bajo las condiciones concretas necesarias para el análisis de estos contaminantes.

|   |                                     |                             |
|---|-------------------------------------|-----------------------------|
|  <p><b>Ciemat</b><br/>Centro de Investigaciones<br/>Energéticas, Medioambientales<br/>y Tecnológicas</p> <p>Unidad de COP y Contaminantes<br/>Emergentes en Medio Ambiente</p> | <p><b>INFORME DE RESULTADOS</b></p> | <b>Código: MA/COP-23-09</b> |
|   |                                     | <b>Edición: 01</b>          |
|   |                                     | <b>Diciembre 2023</b>       |
|   |                                     | Página 33 de 53             |

**5 ANEXO I**

El Anexo I presenta las concentraciones de PCDD/F, no-orto PCB, mono-orto PCB, PCB mayoritarios, PBDE, DDE, DDD, DDT, HCH, HCB, PeCB y Endosulfán correspondientes a las muestras de aire captadas mediante PAS por el CIEMAT durante las cuatro campañas de muestreo realizadas entre el verano de 2020 y el invierno de 2021-2022.

---

Los resultados aquí expuestos se refieren únicamente a la muestra o muestras a la que se hace referencia. Este Informe no podrá reproducirse parcialmente sin autorización previa del CIEMAT. Sólo se podrá reproducir el informe si se cita la fuente de referencia. Los ensayos se han realizado en un laboratorio certificado conforme a la norma ISO 9001:2015 por SGS con número de registro: ES12/12224.

**Anexo I: Tabla 1.** Concentraciones de PCDD y PCDF 2,3,7,8 sustituidos (fg/m<sup>3</sup>) en aire en las 11 localizaciones (EMEP y ciudades) seleccionadas para su seguimiento mediante PAS por el CIEMAT.

| Muestreo        | Localización        | 2,3,7,8-TCDF | 1,2,3,7,8-PeCDF | 2,3,4,7,8-PeCDF | 1,2,3,4,7,8-HxCDF | 1,2,3,6,7,8-HxCDF | 2,3,4,6,7,8-HxCDF | 1,2,3,7,8,9-HxCDF | 1,2,3,4,6,7,8-HpCDF | 1,2,3,4,7,8,9-HpCDF | OCDF  | 2,3,7,8-TCDD | 1,2,3,7,8-PeCDD | 1,2,3,4,7,8-HxCDD | 1,2,3,6,7,8-HxCDD | 1,2,3,7,8,9-HxCDD | 1,2,3,4,6,7,8-HpCDD | OCDD  | ∑PCDF | ∑PCDD | ∑PCDD/F |
|-----------------|---------------------|--------------|-----------------|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------------------|---------------------|-------|--------------|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------------------|-------|-------|-------|---------|
|                 |                     |              |                 |                 |                   |                   |                   |                   |                     |                     |       |              |                 |                   |                   |                   |                     |       |       |       |         |
| Verano<br>2020  | Barcarrota (ES11)   | 0,61         | 0,51            | 1,42            | 0,80              | 0,44              | 1,29              | 1,29              | 1,71                | 1,35                | 1,36  | 0,58         | 1,48            | 1,68              | 1,30              | 1,06              | 9,10                | 24,40 | 10,77 | 39,59 | 50,37   |
|                 | Peñausende (ES13)   | 0,49         | 1,47            | 2,20            | 0,63              | 0,50              | 0,72              | 0,88              | 1,01                | 0,76                | 1,93  | 0,52         | 1,73            | 1,02              | 1,04              | 0,76              | 10,19               | 20,59 | 10,59 | 35,85 | 46,44   |
|                 | Niembro (ES08)      | 0,40         | 0,52            | 1,10            | 0,30              | 0,29              | 0,46              | 0,49              | 0,71                | 0,63                | 1,05  | 0,59         | 0,45            | 0,52              | 0,47              | 0,42              | 0,63                | 16,80 | 5,95  | 19,89 | 25,84   |
|                 | Zarra (ES12)        | 0,27         | 1,20            | 1,48            | 0,09              | 0,09              | 0,15              | 0,20              | 0,48                | 0,39                | 0,69  | 0,41         | 0,49            | 0,75              | 0,71              | 0,59              | 1,05                | 2,70  | 5,03  | 6,70  | 11,73   |
|                 | S.P. Montes (ES01)  | 0,41         | 1,09            | 1,31            | 0,42              | 0,36              | 0,78              | 0,96              | 0,41                | 0,42                | 3,60  | 0,27         | 2,04            | 0,89              | 0,84              | 0,70              | 3,28                | 10,66 | 9,76  | 18,67 | 28,43   |
|                 | Campisábalos (ES09) | 0,73         | 1,21            | 1,70            | 0,38              | 0,29              | 0,50              | 0,64              | 0,72                | 0,54                | 0,03  | 1,31         | 0,89            | 0,09              | 0,52              | 0,65              | 0,31                | 2,31  | 6,73  | 6,08  | 12,80   |
|                 | Víznar (ES07)       | 0,63         | 0,83            | 1,49            | 0,58              | 0,54              | 0,85              | 0,67              | 0,91                | 0,91                | 0,53  | 0,24         | 0,63            | 0,82              | 1,04              | 0,75              | 1,50                | 14,79 | 7,94  | 19,76 | 27,70   |
|                 | Madrid (EC05)       | 0,37         | 0,59            | 1,19            | 0,58              | 0,46              | 0,89              | 0,98              | 1,57                | 1,33                | 13,75 | 0,45         | 0,59            | 1,20              | 1,26              | 1,06              | 8,24                | 19,80 | 21,71 | 32,60 | 54,31   |
|                 | Valladolid (EC06)   | 0,71         | 0,32            | 0,56            | 0,38              | 0,31              | 0,43              | 0,56              | 0,62                | 0,57                | 18,87 | 0,90         | 3,17            | 1,14              | 1,12              | 0,83              | 11,00               | 32,42 | 23,33 | 50,58 | 73,91   |
|                 | Badajoz (EC07)      | 0,57         | 0,75            | 0,91            | 0,12              | 0,14              | 0,21              | 0,19              | 0,40                | 0,33                | 2,02  | 0,58         | 1,22            | 1,27              | 1,19              | 0,48              | 1,04                | 13,37 | 5,62  | 19,16 | 24,78   |
| Albacete (EC08) | 0,39                | 0,72         | 2,04            | 0,29            | 0,21              | 0,35              | 0,49              | 4,56              | 8,37                | 10,18               | 0,19  | 2,13         | 0,65            | 0,42              | 0,31              | 16,53             | 20,31               | 27,59 | 40,55 | 68,14 |         |
| Otoño<br>2020   | Barcarrota (ES11)   | 0,83         | 0,20            | 0,42            | 0,10              | 0,05              | 0,16              | 0,25              | 0,29                | 0,23                | 0,33  | 0,08         | 0,46            | 0,42              | 0,34              | 0,33              | 3,09                | 5,65  | 2,86  | 10,38 | 13,24   |
|                 | Peñausende (ES13)   | 0,00         | 0,20            | 0,19            | 0,03              | 0,02              | 0,07              | 0,08              | 0,06                | 0,03                | 0,13  | 0,11         | 0,27            | 0,08              | 0,08              | 0,05              | 0,17                | 0,31  | 0,81  | 1,08  | 1,89    |
|                 | Niembro (ES08)      | 0,41         | 0,09            | 0,08            | 0,02              | 0,02              | 0,04              | 0,05              | 0,03                | 0,03                | 0,03  | 0,04         | 0,07            | 0,02              | 0,02              | 0,02              | 0,05                | 1,79  | 0,80  | 2,03  | 2,82    |
|                 | Zarra (ES12)        | 0,22         | 0,23            | 0,14            | 0,04              | 0,03              | 0,05              | 0,05              | 0,09                | 0,07                | 0,09  | 0,09         | 0,12            | 0,08              | 0,08              | 0,02              | 0,12                | 0,21  | 1,02  | 0,72  | 1,74    |
|                 | S.P. Montes (ES01)  | 0,20         | 0,13            | 0,14            | 0,03              | 0,02              | 0,05              | 0,06              | 0,11                | 0,09                | 0,14  | 0,13         | 0,05            | 0,11              | 0,27              | 0,07              | 0,06                | 0,08  | 0,96  | 0,77  | 1,74    |
|                 | Campisábalos (ES09) | 0,32         | 0,20            | 0,18            | 0,05              | 0,04              | 0,06              | 0,07              | 0,08                | 0,06                | 0,07  | 0,11         | 0,22            | 0,11              | 0,16              | 0,10              | 0,13                | 0,20  | 1,12  | 1,04  | 2,15    |
|                 | Víznar (ES07)       | 0,57         | 0,20            | 0,23            | 0,09              | 0,07              | 0,10              | 0,12              | 0,09                | 0,07                | 0,08  | 0,16         | 0,12            | 0,10              | 0,10              | 0,07              | 0,08                | 0,09  | 1,63  | 0,72  | 2,35    |
|                 | Madrid (EC05)       | 1,08         | 0,29            | 0,16            | 0,03              | 0,01              | 0,33              | 0,05              | 0,07                | 0,06                | 0,12  | 0,19         | 0,26            | 0,16              | 0,19              | 0,88              | 0,26                | 7,55  | 2,20  | 9,50  | 11,69   |
|                 | Valladolid (EC06)   | 0,11         | 0,10            | 0,08            | 0,03              | 0,02              | 0,06              | 0,06              | 0,05                | 0,04                | 2,20  | 0,18         | 0,09            | 0,12              | 0,09              | 0,08              | 2,03                | 21,72 | 2,77  | 24,31 | 27,08   |
|                 | Badajoz (EC07)      | 0,77         | 0,32            | 0,17            | 0,03              | 0,02              | 0,08              | 0,08              | 0,21                | 0,13                | 0,07  | 0,03         | 0,27            | 0,05              | 0,38              | 0,32              | 0,19                | 0,16  | 1,88  | 1,39  | 3,27    |

**INFORME DE RESULTADOS**

|                       |                     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |       |
|-----------------------|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
|                       | Albacete (EC08)     | 0,18 | 0,14 | 0,27 | 0,08 | 0,05 | 0,09 | 0,11 | 0,11 | 0,08 | 0,15 | 0,05 | 0,09 | 0,10 | 0,09 | 0,08 | 0,17 | 4,28  | 1,27  | 4,85  | 6,12  |
| Año<br>2021           | Barcarrota (ES11)   | 0,35 | 0,05 | 0,10 | 0,22 | 0,15 | 0,36 | 0,02 | 0,14 | 0,06 | 0,08 | 0,02 | 0,11 | 0,11 | 0,08 | 0,08 | 0,36 | 0,80  | 1,53  | 1,56  | 3,09  |
|                       | Peñausende (ES13)   | 0,00 | 0,05 | 0,05 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,03 | 0,03 | 0,07 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,58 | 1,34  | 0,20  | 2,07  | 2,27  |
|                       | Niembro (ES08)      | 0,04 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,16  | 0,14  | 0,22  | 0,36  |
|                       | Zarra (ES12)        | 0,05 | 0,06 | 0,04 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,08 | 0,65 | 1,99  | 0,25  | 2,81  | 3,06  |
|                       | S.P. Montes (ES01)  | 0,05 | 0,03 | 0,03 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,01 | 0,03 | 0,04 | 0,02 | 0,35 | 0,67  | 0,24  | 1,15  | 1,39  |
|                       | Campisábalos (ES09) | 0,08 | 0,05 | 0,05 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,06 | 0,03 | 0,04 | 0,03 | 0,03 | 0,99  | 0,29  | 1,21  | 1,49  |
|                       | Víznar (ES07)       | 0,14 | 0,05 | 0,06 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,04 | 0,03 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 1,76  | 0,40  | 1,91  | 2,32  |
|                       | Madrid (EC05)       | 0,51 | 0,07 | 0,04 | 0,01 | 0,00 | 0,08 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 1,35 | 0,05 | 0,07 | 0,04 | 0,05 | 0,04 | 1,69 | 4,97  | 2,11  | 6,90  | 9,01  |
|                       | Valladolid (EC06)   | 0,84 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,19 | 0,05 | 0,02 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 1,65 | 7,88  | 1,14  | 9,67  | 10,81 |
| Badajoz (EC07)        | 0,05                | 0,08 | 0,04 | 0,01 | 0,00 | 0,02 | 0,02 | 0,05 | 0,03 | 0,02 | 0,01 | 0,07 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 1,01 | 1,91 | 0,32  | 3,02  | 3,34  |       |
| Albacete (EC08)       | 0,56                | 0,35 | 0,07 | 0,23 | 0,16 | 0,23 | 0,03 | 0,49 | 0,02 | 0,04 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,67 | 4,46 | 2,16  | 5,23  | 7,39  |       |
| Invierno<br>2021-2022 | Barcarrota (ES11)   | 0,47 | 0,16 | 0,20 | 0,16 | 0,17 | 0,13 | 0,04 | 0,09 | 0,07 | 0,22 | 0,07 | 0,05 | 0,12 | 0,14 | 0,03 | 1,39 | 2,73  | 1,72  | 4,53  | 6,25  |
|                       | Peñausende (ES13)   | 0,24 | 0,07 | 0,09 | 0,09 | 0,09 | 0,22 | 0,08 | 0,11 | 0,07 | 0,34 | 0,08 | 0,18 | 0,04 | 0,12 | 0,14 | 3,17 | 16,23 | 1,40  | 19,96 | 21,36 |
|                       | Niembro (ES08)      | 0,46 | 0,24 | 0,24 | 0,17 | 0,17 | 0,18 | 0,17 | 5,19 | 0,17 | 0,14 | 0,25 | 0,54 | 0,17 | 1,92 | 0,14 | 7,07 | 8,30  | 7,14  | 18,38 | 25,52 |
|                       | Zarra (ES12)        | 1,36 | 0,17 | 0,19 | 0,58 | 0,59 | 0,12 | 0,04 | 0,10 | 0,09 | 0,75 | 0,05 | 0,46 | 0,06 | 0,07 | 0,05 | 1,39 | 2,92  | 4,00  | 5,00  | 9,00  |
|                       | S.P. Montes (ES01)  | 1,40 | 0,47 | 0,88 | 0,53 | 0,53 | 0,82 | 0,77 | 0,97 | 0,45 | 4,87 | 0,59 | 1,31 | 0,95 | 0,77 | 0,42 | 7,47 | 1,01  | 11,69 | 12,51 | 24,20 |
|                       | Campisábalos (ES09) | 0,15 | 0,19 | 0,17 | 0,03 | 0,03 | 0,04 | 0,03 | 0,12 | 0,01 | 1,04 | 0,10 | 0,21 | 0,05 | 0,04 | 0,08 | 2,71 | 3,82  | 1,82  | 7,01  | 8,82  |
|                       | Víznar (ES07)       | 0,42 | 0,32 | 0,27 | 0,14 | 0,15 | 0,24 | 0,14 | 0,11 | 0,06 | 0,18 | 0,08 | 0,36 | 0,14 | 0,16 | 0,16 | 1,86 | 4,83  | 2,02  | 7,59  | 9,61  |
|                       | Madrid (EC05)       | 0,00 | 0,18 | 0,20 | 0,08 | 0,09 | 0,11 | 0,12 | 1,57 | 0,07 | 0,95 | 0,08 | 0,29 | 0,06 | 0,06 | 0,27 | 1,96 | 6,56  | 3,38  | 9,28  | 12,66 |
|                       | Valladolid (EC06)   | 0,29 | 0,40 | 0,33 | 0,13 | 0,12 | 0,13 | 0,14 | 2,90 | 0,07 | 1,49 | 0,28 | 0,83 | 0,17 | 0,18 | 0,40 | 3,90 | 12,98 | 5,99  | 18,75 | 24,74 |
| Badajoz (EC07)        | 0,58                | 0,31 | 0,36 | 0,09 | 0,08 | 0,11 | 0,11 | 2,39 | 0,03 | 0,89 | 0,09 | 0,50 | 0,06 | 0,40 | 0,26 | 2,59 | 8,20 | 4,94  | 12,09 | 17,03 |       |
| Albacete (EC08)       | 0,33                | 0,24 | 0,24 | 0,14 | 0,13 | 0,13 | 0,11 | 1,03 | 0,06 | 0,54 | 0,20 | 0,31 | 0,06 | 0,17 | 0,11 | 2,17 | 8,54 | 2,96  | 11,56 | 14,52 |       |

**Anexo I: Tabla 2.** Concentraciones de PCB no-orto (noPCB) y mono-ortho (mo-PCBs) sustituidos (fg/m<sup>3</sup>) en aire en las 11 localizaciones (EMEP y ciudades) seleccionadas para su seguimiento mediante PAS por el CIEMAT.

| Muestreo        | Localización        | PCB-81 | PCB-77 | PCB-126 | PCB-169 | ∑noPCB  | PCB-123 | PCB-118 | PCB-114 | PCB-105 | PCB-167 | PCB-156 | PCB-157 | PCB-189 | ∑moPCB   |
|-----------------|---------------------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|
| Verano<br>2020  | Barcarrota (ES11)   | 24,17  | 42,11  | 13,43   | 1,90    | 81,62   | 14,91   | 912,52  | 28,23   | 303,47  | 143,22  | 79,12   | 15,47   | 4,34    | 1501,26  |
|                 | Peñausede (ES13)    | 3,24   | 45,30  | 10,00   | 1,79    | 60,33   | 7,39    | 707,18  | 26,48   | 316,62  | 69,99   | 51,04   | 4,72    | 2,10    | 1185,52  |
|                 | Niembro (ES08)      | 9,17   | 108,23 | 66,22   | 2,76    | 186,38  | 26,16   | 1542,81 | 59,66   | 598,54  | 232,85  | 123,75  | 19,78   | 4,07    | 2607,61  |
|                 | Zarra (ES12)        | 12,28  | 61,73  | 5,81    | 2,94    | 82,75   | 15,62   | 815,17  | 32,11   | 308,13  | 126,25  | 47,82   | 13,08   | 4,99    | 1363,17  |
|                 | S.P. Montes (ES01)  | 17,74  | 33,00  | 11,94   | 4,51    | 67,19   | 1,33    | 167,30  | 6,73    | 76,99   | 95,86   | 73,17   | 14,24   | 5,31    | 440,94   |
|                 | Campisábalos (ES09) | 1,56   | 23,62  | 0,53    | 2,71    | 28,42   | 0,22    | 657,22  | 21,17   | 251,74  | 42,40   | 16,03   | 3,71    | 0,89    | 993,39   |
|                 | Víznar (ES07)       | 24,91  | 71,61  | 1,90    | 3,84    | 102,25  | 7,15    | 977,89  | 33,61   | 351,51  | 97,24   | 51,82   | 9,21    | 3,09    | 1531,51  |
|                 | Madrid (EC05)       | 7,12   | 836,24 | 171,67  | 2,84    | 1017,87 | 171,80  | 8730,34 | 286,66  | 3393,71 | 1667,1  | 731,87  | 153,94  | 42,46   | 15177,94 |
|                 | Valladolid (EC06)   | 14,86  | 213,41 | 14,37   | 6,25    | 248,89  | 22,13   | 1544,49 | 57,26   | 607,86  | 264,24  | 130,72  | 26,60   | 4,78    | 2658,07  |
|                 | Badajoz (EC07)      | 5,11   | 35,32  | 0,90    | 1,50    | 42,84   | 4,14    | 1062,61 | 34,76   | 359,31  | 91,85   | 57,39   | 10,11   | 2,51    | 1622,68  |
| Albacete (EC08) | 10,15               | 90,96  | 14,25  | 6,18    | 121,55  | 25,03   | 1298,52 | 45,30   | 407,08  | 197,56  | 115,02  | 22,66   | 4,33    | 2115,49 |          |
| Otoño<br>2020   | Barcarrota (ES11)   | 10,24  | 19,89  | 2,87    | 1,07    | 34,07   | 4,13    | 1130,59 | 28,87   | 432,89  | 92,44   | 44,00   | 15,15   | 3,30    | 1751,37  |
|                 | Peñausede (ES13)    | 7,70   | 24,53  | 1,59    | 3,68    | 37,50   | 14,56   | 926,59  | 20,98   | 317,94  | 84,19   | 41,48   | 6,22    | 4,41    | 1416,37  |
|                 | Niembro (ES08)      | 19,37  | 57,43  | 2,25    | 2,26    | 81,31   | 3,85    | 593,57  | 16,01   | 303,50  | 84,65   | 47,91   | 12,04   | 2,47    | 1064,00  |
|                 | Zarra (ES12)        | 11,92  | 53,81  | 8,40    | 6,40    | 80,54   | 8,81    | 1096,79 | 28,64   | 443,66  | 128,35  | 66,85   | 12,93   | 3,26    | 1789,30  |
|                 | S.P. Montes (ES01)  | 9,23   | 25,57  | 6,65    | 1,28    | 42,72   | 17,93   | 1053,47 | 25,66   | 407,29  | 120,17  | 60,27   | 15,56   | 3,48    | 1703,83  |
|                 | Campisábalos (ES09) | 10,01  | 32,87  | 2,46    | 2,25    | 47,59   | 7,01    | 570,45  | 14,41   | 182,02  | 40,14   | 11,77   | 5,41    | 2,70    | 833,91   |
|                 | Víznar (ES07)       | 11,92  | 53,81  | 8,40    | 6,40    | 80,54   | 8,81    | 1096,79 | 28,64   | 443,66  | 128,35  | 66,85   | 12,93   | 3,26    | 1789,30  |
|                 | Madrid (EC05)       | 40,60  | 334,31 | 57,90   | 7,89    | 440,71  | 135,86  | 5241,73 | 196,76  | 2397,56 | 716,39  | 344,64  | 63,38   | 16,24   | 9112,58  |
|                 | Valladolid (EC06)   | 14,60  | 76,48  | 12,44   | 4,59    | 108,11  | 16,26   | 970,28  | 29,10   | 383,89  | 133,64  | 76,85   | 14,36   | 2,81    | 1627,18  |
|                 | Badajoz (EC07)      | 1,18   | 69,41  | 19,15   | 6,56    | 96,29   | 15,17   | 1440,83 | 42,43   | 473,13  | 190,62  | 113,29  | 28,46   | 3,57    | 2307,49  |
| Albacete (EC08) | 12,20               | 105,67 | 1,76   | 3,72    | 123,34  | 24,01   | 1408,79 | 51,61   | 1171,18 | 160,54  | 90,69   | 19,25   | 3,20    | 2929,27 |          |
| Año<br>2021     | Barcarrota (ES11)   | 2,01   | 14,51  | 3,68    | 1,58    | 21,79   | 5,61    | 324,52  | 11,06   | 122,83  | 44,20   | 24,37   | 5,21    | 0,81    | 538,60   |
|                 | Peñausede (ES13)    | 0,68   | 27,12  | 16,52   | 1,05    | 45,38   | 14,97   | 356,60  | 11,14   | 128,22  | 38,57   | 21,28   | 4,11    | 1,56    | 576,43   |
|                 | Niembro (ES08)      | 2,23   | 49,66  | 19,37   | 7,87    | 79,12   | 166,32  | 402,97  | 20,29   | 152,66  | 80,02   | 63,31   | 8,55    | 3,41    | 897,54   |

## INFORME DE RESULTADOS

|                       |                     |       |        |       |       |        |        |         |        |         |        |        |       |       |          |
|-----------------------|---------------------|-------|--------|-------|-------|--------|--------|---------|--------|---------|--------|--------|-------|-------|----------|
|                       | Zarra (ES12)        | 2,74  | 48,51  | 3,16  | 0,52  | 54,93  | 4,68   | 434,87  | 12,81  | 197,76  | 67,31  | 30,73  | 5,79  | 2,44  | 756,39   |
|                       | S.P. Montes (ES01)  | 0,27  | 19,24  | 20,33 | 6,30  | 46,15  | 25,04  | 464,01  | 10,40  | 104,95  | 53,15  | 29,95  | 4,58  | 2,38  | 694,47   |
|                       | Campisábalos (ES09) | 0,23  | 25,61  | 41,34 | 0,86  | 68,05  | 103,88 | 663,38  | 64,73  | 275,67  | 215,31 | 38,24  | 1,83  | 82,76 | 1445,79  |
|                       | Víznar (ES07)       | 1,76  | 64,64  | 0,56  | 3,99  | 70,94  | 8,19   | 764,63  | 12,26  | 140,30  | 54,90  | 32,87  | 6,75  | 2,35  | 1022,24  |
|                       | Madrid (EC05)       | 3,69  | 557,17 | 62,40 | 111,1 | 734,39 | 777,40 | 5832,75 | 188,91 | 2796,68 | 736,44 | 359,35 | 65,90 | 22,14 | 10779,57 |
|                       | Valladolid (EC06)   | 1,18  | 120,82 | 0,46  | 17,67 | 140,12 | 15,92  | 797,59  | 23,34  | 295,58  | 97,45  | 56,97  | 8,17  | 4,27  | 1299,28  |
|                       | Badajoz (EC07)      | 29,04 | 61,79  | 24,54 | 1,29  | 116,65 | 316,20 | 8,14    | 2,23   | 116,19  | 67,65  | 13,43  | 23,91 | 3,36  | 551,11   |
|                       | Albacete (EC08)     | 0,22  | 51,29  | 1,18  | 8,95  | 61,63  | 11,79  | 453,71  | 9,54   | 227,92  | 55,91  | 32,63  | 5,35  | 2,06  | 798,91   |
| Invierno<br>2021-2022 | Barcarrota (ES11)   | 7,23  | 36,56  | 7,86  | 0,99  | 52,64  | 17,97  | 1180,28 | 45,14  | 658,82  | 124,14 | 67,53  | 11,73 | 1,03  | 2106,63  |
|                       | Peñausede (ES13)    | 3,35  | 16,93  | 5,56  | 0,95  | 26,79  | 54,05  | 3221,39 | 120,12 | 1824,37 | 312,65 | 193,12 | 24,11 | 4,97  | 5754,79  |
|                       | Niembro (ES08)      | 5,52  | 92,18  | 0,48  | 1,41  | 99,60  | 13,53  | 799,22  | 64,25  | 1793,29 | 87,99  | 46,32  | 10,01 | 6,24  | 2820,84  |
|                       | Zarra (ES12)        | 4,91  | 167,64 | 1,16  | 6,39  | 180,11 | 23,81  | 1072,16 | 21,55  | 310,48  | 80,91  | 45,21  | 6,94  | 1,94  | 1563,01  |
|                       | S.P. Montes (ES01)  | 0,10  | 15,31  | 0,62  | 1,38  | 17,42  | 0,09   | 309,70  | 12,52  | 133,78  | 97,69  | 61,14  | 5,28  | 3,42  | 623,63   |
|                       | Campisábalos (ES09) | 13,02 | 48,97  | 35,32 | 0,86  | 98,16  | 8,17   | 707,74  | 32,06  | 374,17  | 66,57  | 32,65  | 5,03  | 2,54  | 1228,92  |
|                       | Víznar (ES07)       | 11,86 | 163,06 | 31,90 | 3,35  | 210,16 | 74,90  | 4364,51 | 153,69 | 2244,59 | 448,97 | 253,77 | 47,80 | 8,13  | 7596,35  |
|                       | Madrid (EC05)       | 24,12 | 195,41 | 23,77 | 83,70 | 327,00 | 7,11   | 3263,07 | 6,88   | 10220,3 | 437,54 | 242,70 | 40,06 | 24,42 | 14242,15 |
|                       | Valladolid (EC06)   | 29,36 | 195,12 | 36,49 | 28,02 | 288,99 | 57,59  | 287,61  | 594,42 | 109,10  | 75,30  | 98,03  | 37,07 | 14,77 | 1273,89  |
|                       | Badajoz (EC07)      | 21,27 | 195,12 | 36,49 | 32,33 | 285,20 | 49,55  | 475,98  | 14,77  | 200,67  | 75,30  | 140,56 | 37,07 | 14,77 | 1008,66  |
|                       | Albacete (EC08)     | 11,83 | 34,96  | 1,72  | 8,28  | 56,79  | 20,55  | 898,14  | 37,27  | 467,87  | 26,79  | 11,41  | 1,60  | 1,67  | 1465,31  |

|   |                              |                      |
|---|------------------------------|----------------------|
|  <p><b>Ciemat</b><br/>Centro de Investigaciones<br/>Energéticas, Medioambientales<br/>y Tecnológicas</p> <p>Unidad de COP y Contaminantes<br/>Emergentes en Medio Ambiente</p> | <b>INFORME DE RESULTADOS</b> | Código: MA/COP-23-09 |
|   |                              | Edición: 01          |
|   |                              | Diciembre 2023       |
|   |                              | Página 38 de 53      |

**Anexo I: Tabla 3.** Concentraciones de PCB mayoritarios (mPCB) (pg/m<sup>3</sup>) en aire en las 11 localizaciones (EMEP y ciudades) seleccionadas para su seguimiento mediante PAS por el CIEMAT.

| Muestreo            | Localización        | PCB-28 | PCB-52 | PCB-101 | PCB-153 | PCB-138 | PCB-180 | ∑mPCB |
|---------------------|---------------------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|-------|
| Verano<br>2020      | Barcarrota (ES11)   | 0,48   | 1,90   | 1,14    | 0,88    | 0,96    | 0,27    | 5,63  |
|                     | Peñausede (ES13)    | 1,44   | 3,39   | 2,64    | 1,15    | 0,94    | 0,23    | 9,80  |
|                     | Niembro (ES08)      | 2,26   | 4,74   | 3,82    | 1,94    | 1,64    | 0,52    | 14,93 |
|                     | Zarra (ES12)        | 2,00   | 2,30   | 2,99    | 2,64    | 1,94    | 0,78    | 12,64 |
|                     | S.P. Montes (ES01)  | 4,39   | 2,04   | 0,01    | 1,18    | 0,86    | 0,86    | 9,33  |
|                     | Campisábalos (ES09) | 1,19   | 2,24   | 2,18    | 1,46    | 1,10    | 0,31    | 8,48  |
|                     | Víznar (ES07)       | 2,27   | 4,47   | 3,37    | 1,92    | 1,58    | 0,52    | 14,14 |
|                     | Madrid (EC05)       | 9,56   | 13,42  | 20,29   | 21,03   | 16,57   | 8,25    | 89,11 |
|                     | Valladolid (EC06)   | 9,30   | 4,18   | 3,55    | 3,72    | 2,70    | 1,29    | 24,73 |
|                     | Badajoz (EC07)      | 1,26   | 2,42   | 3,21    | 2,19    | 1,63    | 0,35    | 11,07 |
| Albacete (EC08)     | 3,79                | 4,73   | 3,65   | 2,57    | 1,83    | 0,83    | 17,39   |       |
| Otoño<br>2020       | Barcarrota (ES11)   | 1,16   | 2,86   | 2,68    | 1,08    | 0,94    | 0,19    | 8,91  |
|                     | Peñausede (ES13)    | 1,12   | 1,36   | 1,68    | 0,54    | 0,50    | 0,10    | 5,29  |
|                     | Niembro (ES08)      | 2,44   | 1,18   | 1,45    | 1,12    | 0,77    | 0,34    | 7,30  |
|                     | Zarra (ES12)        | 2,42   | 2,60   | 7,16    | 5,63    | 5,32    | 1,07    | 24,19 |
|                     | S.P. Montes (ES01)  | 3,97   | 4,18   | 2,67    | 1,10    | 1,00    | 0,31    | 13,23 |
|                     | Campisábalos (ES09) | 2,35   | 2,59   | 2,03    | 0,91    | 0,60    | 0,21    | 8,69  |
|                     | Víznar (ES07)       | 2,33   | 2,30   | 2,06    | 0,98    | 0,95    | 0,31    | 8,93  |
|                     | Madrid (EC05)       | 12,52  | 16,08  | 17,33   | 10,32   | 7,19    | 2,95    | 66,38 |
|                     | Valladolid (EC06)   | 6,50   | 5,06   | 3,63    | 1,92    | 1,29    | 0,50    | 18,89 |
|                     | Badajoz (EC07)      | 1,88   | 2,66   | 3,18    | 1,89    | 1,54    | 0,39    | 11,53 |
| Albacete (EC08)     | 3,54                | 2,55   | 2,24   | 1,23    | 0,98    | 0,44    | 10,97   |       |
| Año<br>2021         | Barcarrota (ES11)   | 0,36   | 0,01   | 0,33    | 0,43    | 0,43    | 0,12    | 1,69  |
|                     | Peñausede (ES13)    | 0,94   | 0,39   | 0,50    | 0,47    | 0,34    | 0,14    | 2,78  |
|                     | Niembro (ES08)      | 1,43   | 0,82   | 1,21    | 1,36    | 1,14    | 0,32    | 6,28  |
|                     | Zarra (ES12)        | 1,27   | 0,68   | 1,18    | 1,15    | 0,98    | 0,38    | 5,62  |
|                     | S.P. Montes (ES01)  | 1,58   | 0,55   | 0,66    | 0,60    | 0,67    | 0,32    | 4,38  |
|                     | Campisábalos (ES09) | 1,01   | 2,24   | 1,73    | 0,85    | 0,88    | 0,24    | 6,95  |
|                     | Víznar (ES07)       | 1,20   | 0,38   | 0,59    | 0,66    | 0,59    | 0,28    | 3,70  |
|                     | Madrid (EC05)       | 4,26   | 5,65   | 10,50   | 9,01    | 7,35    | 3,55    | 40,31 |
|                     | Valladolid (EC06)   | 2,17   | 0,64   | 0,99    | 1,05    | 0,72    | 0,44    | 6,00  |
|                     | Badajoz (EC07)      | 0,64   | 0,64   | 1,85    | 1,45    | 1,38    | 0,28    | 6,24  |
| Albacete (EC08)     | 1,99                | 0,78   | 1,01   | 1,14    | 0,76    | 0,42    | 6,10    |       |
| Invierno<br>2021-22 | Barcarrota (ES11)   | 1,32   | 5,09   | 2,85    | 0,22    | 0,31    | 0,04    | 9,84  |
|                     | Peñausede (ES13)    | 1,35   | 5,70   | 2,16    | 1,44    | 0,29    | 0,60    | 11,53 |
|                     | Niembro (ES08)      | 2,78   | 4,22   | 2,33    | 0,90    | 0,60    | 0,30    | 11,13 |
|                     | Zarra (ES12)        | 2,03   | 2,96   | 2,26    | 0,45    | 0,13    | 0,14    | 7,96  |
|                     | S.P. Montes (ES01)  | 2,11   | 0,55   | 2,01    | 1,41    | 0,74    | 0,36    | 7,17  |
|                     | Campisábalos (ES09) | 1,91   | 2,74   | 1,50    | 0,19    | 0,02    | 0,06    | 6,42  |
|                     | Víznar (ES07)       | 2,26   | 4,53   | 2,45    | 0,46    | 0,00    | 0,41    | 10,11 |
|                     | Madrid (EC05)       | 7,27   | 16,49  | 9,48    | 5,63    | 1,26    | 2,85    | 42,98 |
|                     | Valladolid (EC06)   | 4,91   | 10,62  | 3,26    | 1,05    | 1,15    | 0,54    | 21,53 |
|                     | Badajoz (EC07)      | 2,11   | 21,78  | 13,34   | 1,46    | 1,20    | 0,19    | 40,08 |
| Albacete (EC08)     | 3,82                | 13,21  | 5,80   | 0,48    | 0,13    | 0,12    | 23,56   |       |

Los resultados aquí expuestos se refieren únicamente a la muestra o muestras a la que se hace referencia. Este Informe no podrá reproducirse parcialmente sin autorización previa del CIEMAT. Sólo se podrá reproducir el informe si se cita la fuente de referencia. Los ensayos se han realizado en un laboratorio certificado conforme a la norma ISO 9001:2015 por SGS con número de registro: ES12/12224.

**Anexo I: Tabla 4.** Concentraciones de PBDE (pg/m<sup>3</sup>) en aire en las 11 localizaciones (EMEP y ciudades) seleccionadas para su seguimiento mediante PAS por el CIEMAT.

| Muestreo        | Localización        | BDE-17 | BDE-28 | BDE-47 | BDE-66 | BDE-100 | BDE-99 | BDE-85 | BDE-154 | BDE-153 | BDE-184 | BDE-183 | BDE-191 | BDE-197 | BDE-196 | BDE-209 | Σ PBDE |       |
|-----------------|---------------------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|-------|
| Verano<br>2020  | Barcarrota (ES11)   | 0,001  | 0,002  | 0,007  | 0,002  | 0,005   | 0,004  | 0,000  | 0,001   | 0,003   | 0,000   | 0,000   | 0,001   | 0,001   | 0,002   | 0,902   | 0,931  |       |
|                 | Peñausede (ES13)    | 0,000  | 0,019  | 0,442  | 0,002  | 0,003   | 0,005  | 0,004  | 0,000   | 0,002   | 0,002   | 0,002   | 0,001   | 0,008   | 0,007   | 0,509   | 1,007  |       |
|                 | Niembro (ES08)      | 0,014  | 0,025  | 0,282  | 0,001  | 0,035   | 0,144  | 0,005  | 0,000   | 0,014   | 0,000   | 0,000   | 0,001   | 0,003   | 0,003   | 1,644   | 2,171  |       |
|                 | Zarra (ES12)        | 0,013  | 0,038  | 0,366  | 0,003  | 0,027   | 0,002  | 0,003  | 0,000   | 0,002   | 0,002   | 0,002   | 0,000   | 0,000   | 0,002   | 1,193   | 1,653  |       |
|                 | S.P. Montes (ES01)  | 0,004  | 0,010  | 0,068  | 0,003  | 0,005   | 0,002  | 0,000  | 0,002   | 0,002   | 0,002   | 0,002   | 0,001   | 0,002   | 0,001   | 0,001   | 0,463  | 0,564 |
|                 | Campisábalos (ES09) | 0,008  | 0,019  | 0,187  | 0,004  | 0,001   | 0,015  | 0,001  | 0,003   | 0,002   | 0,000   | 0,003   | 0,003   | 0,003   | 0,004   | 0,002   | 0,022  | 0,277 |
|                 | Víznar (ES07)       | 0,015  | 0,059  | 0,003  | 0,006  | 0,002   | 0,002  | 0,004  | 0,000   | 0,011   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,003   | 0,001   | 1,096  | 1,201 |
|                 | Madrid (EC05)       | 0,051  | 0,199  | 1,512  | 0,005  | 0,097   | 0,271  | 0,006  | 0,000   | 0,024   | 0,001   | 0,000   | 0,000   | 0,002   | 0,007   | 0,067   | 8,395  | 10,64 |
|                 | Valladolid (EC06)   | 0,018  | 0,065  | 0,660  | 0,003  | 0,043   | 0,121  | 0,001  | 0,000   | 0,013   | 0,000   | 0,000   | 0,019   | 0,000   | 0,000   | 0,001   | 1,311  | 2,256 |
|                 | Badajoz (EC07)      | 0,010  | 0,035  | 0,381  | 0,002  | 0,029   | 0,108  | 0,005  | 0,000   | 0,002   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,013   | 0,003   | 5,836  | 6,425 |
| Albacete (EC08) | 0,028               | 0,120  | 0,595  | 0,070  | 0,003  | 0,130   | 0,001  | 0,000  | 0,028   | 0,002   | 0,115   | 0,001   | 0,050   | 0,003   | 6,128   | 7,273   |        |       |
| Otoño<br>2020   | Barcarrota (ES11)   | 0,013  | 0,021  | 0,175  | 0,000  | 0,040   | 0,161  | 0,001  | 0,000   | 0,036   | 0,001   | 0,000   | 0,000   | 0,001   | 0,001   | 0,135   | 0,586  |       |
|                 | Peñausede (ES13)    | 0,007  | 0,009  | 0,058  | 0,000  | 0,008   | 0,025  | 0,001  | 0,000   | 0,006   | 0,000   | 0,001   | 0,001   | 0,009   | 0,023   | 0,091   | 0,241  |       |
|                 | Niembro (ES08)      | 0,019  | 0,023  | 0,140  | 0,001  | 0,021   | 0,086  | 0,003  | 0,000   | 0,001   | 0,000   | 0,035   | 0,001   | 0,002   | 0,060   | 0,915   | 1,307  |       |
|                 | Zarra (ES12)        | 0,013  | 0,019  | 0,087  | 0,000  | 0,014   | 0,048  | 0,001  | 0,000   | 0,013   | 0,000   | 0,002   | 0,000   | 0,002   | 0,049   | 2,415   | 2,661  |       |
|                 | S.P. Montes (ES01)  | 0,007  | 0,010  | 0,073  | 0,002  | 0,013   | 0,051  | 0,001  | 0,000   | 0,011   | 0,000   | 0,032   | 0,002   | 0,001   | 0,003   | 0,026   | 0,233  |       |
|                 | Campisábalos (ES09) | 0,012  | 0,017  | 0,136  | 0,001  | 0,018   | 0,058  | 0,002  | 0,002   | 0,011   | 0,001   | 0,000   | 0,000   | 0,002   | 0,001   | 0,035   | 0,297  |       |
|                 | Víznar (ES07)       | 0,025  | 0,045  | 0,279  | 0,002  | 0,028   | 0,106  | 0,002  | 0,000   | 0,001   | 0,000   | 0,031   | 0,000   | 0,027   | 0,049   | 0,458   | 1,053  |       |
|                 | Madrid (EC05)       | 0,042  | 0,082  | 0,643  | 0,001  | 0,047   | 0,196  | 0,002  | 0,001   | 0,019   | 0,005   | 0,040   | 0,002   | 0,028   | 0,053   | 16,05   | 17,22  |       |
|                 | Valladolid (EC06)   | 0,019  | 0,039  | 0,279  | 0,001  | 0,002   | 0,004  | 0,001  | 0,000   | 0,002   | 0,003   | 0,044   | 0,000   | 0,041   | 0,126   | 2,091   | 2,653  |       |
|                 | Badajoz (EC07)      | 0,021  | 0,036  | 0,330  | 0,002  | 0,034   | 0,123  | 0,002  | 0,001   | 0,016   | 0,000   | 0,049   | 0,000   | 0,000   | 0,004   | 2,688   | 3,306  |       |
| Albacete (EC08) | 0,016               | 0,045  | 0,444  | 0,001  | 0,041  | 0,206   | 0,001  | 0,000  | 0,024   | 0,000   | 0,039   | 0,000   | 0,018   | 0,046   | 5,827   | 6,709   |        |       |
| Año<br>2021     | Barcarrota (ES11)   | 0,037  | 0,001  | 0,000  | 0,000  | 0,000   | 0,001  | 0,001  | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,001   | 0,000   | 0,390   | 0,434  |       |
|                 | Peñausede (ES13)    | 0,010  | 0,017  | 0,145  | 0,001  | 0,010   | 0,033  | 0,001  | 0,002   | 0,008   | 0,000   | 0,032   | 0,000   | 0,012   | 0,034   | 0,014   | 0,319  |       |
|                 | Niembro (ES08)      | 0,000  | 0,001  | 0,001  | 0,000  | 0,001   | 0,001  | 0,001  | 0,000   | 0,002   | 0,000   | 0,001   | 0,000   | 0,001   | 0,001   | 0,359   | 0,368  |       |

## INFORME DE RESULTADOS

|                       |                     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-----------------------|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                       | Zarra (ES12)        | 0,011 | 0,026 | 0,162 | 0,000 | 0,018 | 0,006 | 0,001 | 0,000 | 0,001 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,004 | 0,005 | 0,786 | 1,022 |
|                       | S.P. Montes (ES01)  | 0,000 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,003 | 0,004 | 0,001 | 0,000 | 0,001 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,002 | 0,003 | 0,008 | 0,027 |
|                       | Campisábalos (ES09) | 0,000 | 0,001 | 0,000 | 0,000 | 0,011 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,003 | 0,001 | 0,001 | 0,004 | 0,378 | 0,401 |
|                       | Víznar (ES07)       | 0,013 | 0,037 | 0,251 | 0,001 | 0,019 | 0,071 | 0,000 | 0,000 | 0,009 | 0,001 | 0,016 | 0,000 | 0,002 | 0,026 | 1,116 | 1,563 |
|                       | Madrid (EC05)       | 0,047 | 0,129 | 0,829 | 0,000 | 0,053 | 0,003 | 0,000 | 0,000 | 0,032 | 0,000 | 0,001 | 0,001 | 0,043 | 0,001 | 9,613 | 10,75 |
|                       | Valladolid (EC06)   | 0,015 | 0,048 | 0,000 | 0,001 | 0,025 | 0,001 | 0,000 | 0,000 | 0,017 | 0,000 | 0,002 | 0,001 | 0,005 | 0,064 | 1,598 | 1,776 |
|                       | Badajoz (EC07)      | 0,005 | 0,009 | 0,068 | 0,000 | 0,009 | 0,023 | 0,000 | 0,000 | 0,007 | 0,000 | 0,001 | 0,000 | 0,001 | 0,023 | 1,331 | 1,478 |
|                       | Albacete (EC08)     | 0,020 | 0,073 | 0,360 | 0,000 | 0,025 | 0,079 | 0,000 | 0,000 | 0,012 | 0,000 | 0,004 | 0,000 | 0,001 | 0,051 | 5,537 | 6,165 |
| Invierno<br>2021-2022 | Barcarrota (ES11)   | 0,000 | 0,000 | 0,006 | 0,002 | 0,007 | 0,027 | 0,003 | 0,000 | 0,001 | 0,003 | 0,000 | 0,000 | 0,001 | 0,009 | 0,084 | 0,144 |
|                       | Peñausede (ES13)    | 0,010 | 0,017 | 0,121 | 0,002 | 0,003 | 0,036 | 0,003 | 0,002 | 0,000 | 0,003 | 0,000 | 0,000 | 0,004 | 0,000 | 0,012 | 0,214 |
|                       | Niembro (ES08)      | 0,015 | 0,019 | 0,106 | 0,003 | 0,012 | 0,034 | 0,006 | 0,000 | 0,007 | 0,000 | 0,004 | 0,002 | 0,000 | 0,002 | 0,052 | 0,262 |
|                       | Zarra (ES12)        | 0,007 | 0,014 | 0,095 | 0,002 | 0,011 | 0,030 | 0,001 | 0,000 | 0,001 | 0,000 | 0,011 | 0,001 | 0,000 | 0,000 | 0,563 | 0,737 |
|                       | S.P. Montes (ES01)  | 0,028 | 0,041 | 0,047 | 0,008 | 0,060 | 0,035 | 0,001 | 0,000 | 0,017 | 0,000 | 0,001 | 0,000 | 0,011 | 0,001 | 0,430 | 0,681 |
|                       | Campisábalos (ES09) | 0,010 | 0,014 | 0,088 | 0,004 | 0,007 | 0,028 | 0,001 | 0,002 | 0,005 | 0,000 | 0,001 | 0,000 | 0,000 | 0,001 | 0,018 | 0,177 |
|                       | Víznar (ES07)       | 0,010 | 0,018 | 0,100 | 0,005 | 0,012 | 0,036 | 0,000 | 0,002 | 0,000 | 0,002 | 0,008 | 0,000 | 0,003 | 0,001 | 0,291 | 0,488 |
|                       | Madrid (EC05)       | 0,030 | 0,053 | 0,432 | 0,045 | 0,043 | 0,161 | 0,004 | 0,001 | 0,020 | 0,001 | 0,035 | 0,002 | 0,047 | 0,081 | 24,51 | 25,46 |
|                       | Valladolid (EC06)   | 0,015 | 0,028 | 0,248 | 0,021 | 0,021 | 0,078 | 0,001 | 0,000 | 0,019 | 0,001 | 0,198 | 0,000 | 0,137 | 0,107 | 1,019 | 1,894 |
|                       | Badajoz (EC07)      | 0,008 | 0,016 | 0,116 | 0,005 | 0,016 | 0,044 | 0,006 | 0,000 | 0,005 | 0,001 | 0,000 | 0,002 | 0,007 | 0,080 | 3,887 | 4,193 |
| Albacete (EC08)       | 0,047               | 0,060 | 0,145 | 0,003 | 0,014 | 0,048 | 0,000 | 0,000 | 0,002 | 0,001 | 0,019 | 0,001 | 0,001 | 0,047 | 3,243 | 3,633 |       |

**Anexo I: Tabla 5.** Concentraciones de DDE, DDD y DDT (pg/m<sup>3</sup>) en aire en las 11 localizaciones (EMEP y ciudades) seleccionadas para su seguimiento mediante PAS por el CIEMAT.

| Muestreo              | Localización        | op-DDE | pp-DDE | op-DDD | pp-DDD | op-DDT | pp-DDT | ΣDDX  |
|-----------------------|---------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| Verano<br>2020        | Barcarrota (ES11)   | 0,20   | 4,82   | 0,12   | 0,09   | 0,02   | 0,73   | 5,98  |
|                       | Peñausede (ES13)    | 0,55   | 19,04  | 0,10   | 0,08   | 2,14   | 4,49   | 26,40 |
|                       | Niembro (ES08)      | 0,08   | 0,60   | 0,05   | 0,11   | 0,58   | 0,57   | 1,99  |
|                       | Zarra (ES12)        | 0,60   | 13,83  | 0,01   | 0,11   | 1,68   | 1,28   | 17,50 |
|                       | S.P. Montes (ES01)  | 0,02   | 3,98   | 0,04   | 0,09   | 0,58   | 0,47   | 5,17  |
|                       | Campisábalos (ES09) | 0,22   | 4,89   | 0,09   | 0,09   | 0,70   | 0,49   | 6,47  |
|                       | Víznar (ES07)       | 0,42   | 6,57   | 0,08   | 0,19   | 1,28   | 1,21   | 9,74  |
|                       | Madrid (EC05)       | 1,92   | 25,71  | 0,10   | 0,32   | 6,43   | 9,09   | 43,57 |
|                       | Valladolid (EC06)   | 0,23   | 4,27   | 0,06   | 0,14   | 0,72   | 0,85   | 6,27  |
|                       | Badajoz (EC07)      | 0,31   | 14,22  | 0,01   | 0,14   | 0,85   | 1,01   | 16,53 |
|                       | Albacete (EC08)     | 0,52   | 9,71   | 0,10   | 0,10   | 1,48   | 1,38   | 13,30 |
| Otoño<br>2020         | Barcarrota (ES11)   | 0,43   | 10,64  | 0,01   | 0,08   | 0,56   | 0,61   | 12,33 |
|                       | Peñausede (ES13)    | 0,58   | 12,09  | 0,01   | 0,15   | 1,34   | 1,60   | 15,76 |
|                       | Niembro (ES08)      | 0,20   | 1,91   | 0,08   | 0,04   | 0,68   | 0,61   | 3,53  |
|                       | Zarra (ES12)        | 0,75   | 17,86  | 0,16   | 0,15   | 1,11   | 0,71   | 20,73 |
|                       | S.P. Montes (ES01)  | 0,26   | 5,96   | 0,01   | 0,12   | 0,39   | 0,30   | 7,04  |
|                       | Campisábalos (ES09) | 0,33   | 7,21   | 0,01   | 0,04   | 0,70   | 0,56   | 8,86  |
|                       | Víznar (ES07)       | 0,51   | 8,85   | 0,14   | 0,08   | 0,64   | 0,61   | 10,81 |
|                       | Madrid (EC05)       | 2,88   | 34,05  | 0,28   | 0,21   | 5,99   | 5,99   | 49,40 |
|                       | Valladolid (EC06)   | 0,26   | 5,16   | 0,06   | 0,11   | 0,51   | 0,52   | 6,61  |
|                       | Badajoz (EC07)      | 0,99   | 33,64  | 0,13   | 0,74   | 1,28   | 1,49   | 38,26 |
|                       | Albacete (EC08)     | 0,36   | 7,51   | 0,03   | 0,10   | 0,60   | 0,45   | 9,06  |
| Año<br>2021           | Barcarrota (ES11)   | 0,18   | 5,97   | 0,04   | 0,28   | 0,35   | 0,46   | 7,29  |
|                       | Peñausede (ES13)    | 0,23   | 8,13   | 0,04   | 0,06   | 0,70   | 1,17   | 10,33 |
|                       | Niembro (ES08)      | 0,11   | 1,40   | 0,04   | 0,05   | 0,44   | 0,48   | 2,52  |
|                       | Zarra (ES12)        | 0,46   | 12,84  | 0,07   | 0,07   | 0,90   | 0,74   | 15,09 |
|                       | S.P. Montes (ES01)  | 0,18   | 4,47   | 0,02   | 0,02   | 0,33   | 0,29   | 5,31  |
|                       | Campisábalos (ES09) | 0,16   | 3,79   | 0,03   | 0,02   | 0,45   | 0,45   | 4,91  |
|                       | Víznar (ES07)       | 0,30   | 6,30   | 0,03   | 0,03   | 0,59   | 0,59   | 7,84  |
|                       | Madrid (EC05)       | 1,31   | 19,48  | 0,19   | 0,19   | 3,89   | 5,31   | 30,37 |
|                       | Valladolid (EC06)   | 0,15   | 3,67   | 0,01   | 0,03   | 0,43   | 0,55   | 4,84  |
|                       | Badajoz (EC07)      | 0,49   | 24,30  | 0,08   | 0,00   | 0,73   | 1,00   | 26,60 |
|                       | Albacete (EC08)     | 0,35   | 7,70   | 0,05   | 0,04   | 0,52   | 0,66   | 9,31  |
| Invierno<br>2011-2022 | Barcarrota (ES11)   | 0,22   | 6,24   | 0,05   | 0,04   | 0,29   | 0,19   | 7,03  |
|                       | Peñausede (ES13)    | 0,17   | 3,73   | 0,01   | 0,03   | 0,34   | 0,36   | 4,65  |
|                       | Niembro (ES08)      | 0,19   | 1,53   | 0,06   | 0,06   | 0,43   | 1,02   | 3,30  |
|                       | Zarra (ES12)        | 0,38   | 8,64   | 0,06   | 0,03   | 0,52   | 0,32   | 9,95  |
|                       | S.P. Montes (ES01)  | 0,21   | 4,94   | 0,03   | 0,02   | 0,11   | 0,13   | 5,43  |
|                       | Campisábalos (ES09) | 0,18   | 2,77   | 0,01   | 0,01   | 0,32   | 0,20   | 3,49  |
|                       | Víznar (ES07)       | 0,30   | 5,24   | 0,04   | 0,07   | 0,40   | 0,27   | 6,32  |
|                       | Madrid (EC05)       | 1,59   | 16,75  | 0,13   | 0,15   | 3,14   | 3,35   | 25,11 |
|                       | Valladolid (EC06)   | 0,18   | 3,50   | 0,03   | 0,01   | 0,40   | 0,40   | 4,51  |
|                       | Badajoz (EC07)      | 0,68   | 28,29  | 0,12   | 0,09   | 0,76   | 0,90   | 30,85 |

|   |                              |  |  |  |  |  |                             |  |
|---|------------------------------|--|--|--|--|--|-----------------------------|--|
|  <p><b>Ciemat</b><br/>Centro de Investigaciones<br/>Energéticas, Medioambientales<br/>y Tecnológicas</p> <p>Unidad de COP y Contaminantes<br/>Emergentes en Medio Ambiente</p> | <b>INFORME DE RESULTADOS</b> |  |  |  |  |  | <b>Código: MA/COP-23-09</b> |  |
|   |                              |  |  |  |  |  | <b>Edición: 01</b>          |  |
|   |                              |  |  |  |  |  | <b>Diciembre 2023</b>       |  |
|   |                              |  |  |  |  |  | Página 42 de 53             |  |

|  |                 |      |      |      |      |      |      |      |
|--|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|
|  | Albacete (EC08) | 0,17 | 3,86 | 0,03 | 0,03 | 0,27 | 0,19 | 4,55 |
|--|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|

|  |                              |                      |
|--|------------------------------|----------------------|
| <br>Centro de Investigaciones<br>Energéticas, Medioambientales<br>y Tecnológicas<br><br>Unidad de COP y Contaminantes<br>Emergentes en Medio Ambiente | <b>INFORME DE RESULTADOS</b> | Código: MA/COP-23-09 |
|  |                              | Edición: 01          |
|  |                              | Diciembre 2023       |
|  |                              | Página 43 de 53      |

**Anexo I: Tabla 6.** Concentraciones de HCH, HCB, PeCB y Endosulfán (pg/m<sup>3</sup>) en aire en las 11 localizaciones (EMEP y ciudades) seleccionadas para su seguimiento mediante PAS por el CIEMAT.

| Muestreo             | Localización        | α-HCH | β-HCH | γ-HCH | ΣHCH  | HCB   | PeCB | α-Endosulfán | β-Endosulfán | ΣEndosulfán |
|----------------------|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|--------------|--------------|-------------|
| Verano<br>2020       | Barcarrota (ES11)   | 1,18  | 0,15  | 0,73  | 2,05  | 6,93  | 0,93 | 0,95         | 0,25         | 1,20        |
|                      | Peñausede (ES13)    | 4,20  | 0,55  | 2,14  | 6,88  | 12,19 | 0,77 | 1,14         | 0,23         | 1,37        |
|                      | Niembro (ES08)      | 3,30  | 0,69  | 9,54  | 13,53 | 15,56 | 1,41 | 0,95         | 0,09         | 1,04        |
|                      | Zarra (ES12)        | 2,27  | 1,46  | 3,13  | 6,85  | 12,55 | 0,82 | 3,22         | 1,07         | 4,29        |
|                      | S.P. Montes (ES01)  | 2,40  | 0,52  | 2,82  | 5,74  | 10,86 | 0,98 | 1,22         | 0,33         | 1,55        |
|                      | Campisábalos (ES09) | 2,62  | 0,39  | 2,35  | 5,36  | 16,96 | 1,30 | 0,82         | 0,23         | 1,05        |
|                      | Víznar (ES07)       | 2,72  | 0,65  | 2,55  | 5,92  | 13,38 | 1,02 | 4,53         | 1,22         | 5,76        |
|                      | Madrid (EC05)       | 3,39  | 1,05  | 9,55  | 13,99 | 10,81 | 1,15 | 2,02         | 0,43         | 2,45        |
|                      | Valladolid (EC06)   | 2,49  | 0,52  | 10,51 | 13,52 | 13,34 | 1,43 | 1,16         | 0,29         | 1,45        |
|                      | Badajoz (EC07)      | 0,56  | 0,30  | 1,22  | 2,07  | 6,35  | 0,43 | 1,18         | 0,09         | 1,27        |
| Albacete (EC08)      | 2,41                | 0,72  | 5,49  | 8,62  | 12,61 | 1,43  | 1,95 | 0,62         | 2,57         |             |
| Otoño<br>2020        | Barcarrota (ES11)   | 2,07  | 0,28  | 0,85  | 3,20  | 20,33 | 1,94 | 0,77         | 0,25         | 1,02        |
|                      | Peñausede (ES13)    | 9,95  | 0,65  | 4,49  | 15,09 | 31,14 | 3,65 | 0,09         | 0,17         | 0,25        |
|                      | Niembro (ES08)      | 5,58  | 0,04  | 6,91  | 12,52 | 26,64 | 2,34 | 0,10         | 0,12         | 0,22        |
|                      | Zarra (ES12)        | 3,67  | 1,76  | 2,96  | 8,39  | 31,09 | 3,32 | 1,07         | 0,19         | 1,26        |
|                      | S.P. Montes (ES01)  | 3,02  | 0,41  | 1,99  | 5,42  | 27,92 | 2,80 | 0,47         | 0,15         | 0,62        |
|                      | Campisábalos (ES09) | 3,95  | 0,69  | 2,73  | 7,38  | 39,46 | 3,77 | 1,08         | 0,15         | 1,23        |
|                      | Víznar (ES07)       | 3,16  | 0,40  | 2,58  | 6,14  | 27,82 | 3,20 | 1,49         | 0,32         | 1,81        |
|                      | Madrid (EC05)       | 7,14  | 1,25  | 14,21 | 22,60 | 32,44 | 3,20 | 1,32         | 0,23         | 1,56        |
|                      | Valladolid (EC06)   | 3,35  | 0,40  | 8,27  | 12,02 | 29,28 | 3,40 | 0,59         | 0,16         | 0,75        |
|                      | Badajoz (EC07)      | 1,26  | 0,51  | 1,53  | 3,30  | 19,74 | 2,23 | 1,03         | 0,20         | 1,23        |
| Albacete (EC08)      | 1,92                | 0,27  | 3,90  | 6,09  | 24,67 | 3,52  | 0,61 | 0,09         | 0,70         |             |
| Año<br>2021          | Barcarrota (ES11)   | 0,56  | 0,13  | 0,57  | 1,26  | 4,46  | 0,51 | 0,42         | 0,05         | 0,47        |
|                      | Peñausede (ES13)    | 1,14  | 0,23  | 1,16  | 2,53  | 7,13  | 0,80 | 0,40         | 0,05         | 0,46        |
|                      | Niembro (ES08)      | 1,39  | 0,59  | 1,06  | 3,04  | 5,67  | 0,55 | 0,42         | 0,07         | 0,48        |
|                      | Zarra (ES12)        | 0,94  | 0,65  | 1,48  | 3,07  | 7,64  | 0,77 | 0,95         | 0,30         | 1,24        |
|                      | S.P. Montes (ES01)  | 1,07  | 0,33  | 1,14  | 2,54  | 7,12  | 0,79 | 0,39         | 0,09         | 0,48        |
|                      | Campisábalos (ES09) | 1,25  | 0,26  | 1,75  | 3,27  | 10,21 | 0,84 | 0,48         | 0,11         | 0,59        |
|                      | Víznar (ES07)       | 0,73  | 0,30  | 1,18  | 2,21  | 6,41  | 0,73 | 1,24         | 0,43         | 1,67        |
|                      | Madrid (EC05)       | 1,74  | 0,65  | 4,52  | 6,91  | 7,36  | 0,86 | 0,61         | 0,19         | 0,81        |
|                      | Valladolid (EC06)   | 1,18  | 0,30  | 7,07  | 8,55  | 7,08  | 0,87 | 0,35         | 0,09         | 0,44        |
|                      | Badajoz (EC07)      | 0,76  | 0,30  | 1,46  | 2,52  | 5,40  | 0,62 | 0,69         | 0,29         | 0,98        |
| Albacete (EC08)      | 0,82                | 0,39  | 2,75  | 3,96  | 6,49  | 0,88  | 0,60 | 0,17         | 0,77         |             |
| Inverno<br>2021-2022 | Barcarrota (ES11)   | 1,39  | 0,15  | 1,12  | 2,66  | 18,88 | 2,65 | 0,30         | 0,07         | 0,37        |
|                      | Peñausede (ES13)    | 1,84  | 0,23  | 1,34  | 3,41  | 24,90 | 3,50 | 0,08         | 0,04         | 0,12        |
|                      | Niembro (ES08)      | 2,53  | 0,37  | 4,85  | 7,75  | 24,77 | 3,08 | 0,34         | 0,12         | 0,46        |
|                      | Zarra (ES12)        | 1,52  | 0,97  | 1,64  | 4,13  | 21,49 | 2,63 | 0,58         | 0,07         | 0,65        |
|                      | S.P. Montes (ES01)  | 2,18  | 0,24  | 0,79  | 3,21  | 22,03 | 3,46 | 0,25         | 0,12         | 0,37        |
|                      | Campisábalos (ES09) | 1,86  | 0,37  | 1,52  | 3,75  | 32,04 | 3,94 | 0,09         | 0,10         | 0,19        |
|                      | Víznar (ES07)       | 1,68  | 0,29  | 1,22  | 3,19  | 24,96 | 3,46 | 0,71         | 0,12         | 0,83        |
|                      | Madrid (EC05)       | 5,69  | 0,73  | 13,28 | 19,69 | 35,09 | 4,96 | 0,56         | 0,11         | 0,67        |

Los resultados aquí expuestos se refieren únicamente a la muestra o muestras a la que se hace referencia. Este Informe no podrá reproducirse parcialmente sin autorización previa del CIEMAT. Sólo se podrá reproducir el informe si se cita la fuente de referencia. Los ensayos se han realizado en un laboratorio certificado conforme a la norma ISO 9001:2015 por SGS con número de registro: ES12/12224.

|   |                              |  |  |  |  |  |  |                             |  |  |
|---|------------------------------|--|--|--|--|--|--|-----------------------------|--|--|
| <br><b>Ciemat</b><br>Centro de Investigaciones<br>Energéticas, Medioambientales<br>y Tecnológicas<br><hr/> Unidad de COP y Contaminantes<br>Emergentes en Medio Ambiente | <b>INFORME DE RESULTADOS</b> |  |  |  |  |  |  | <b>Código: MA/COP-23-09</b> |  |  |
|   |                              |  |  |  |  |  |  | <b>Edición: 01</b>          |  |  |
|   |                              |  |  |  |  |  |  | <b>Diciembre 2023</b>       |  |  |
|   |                              |  |  |  |  |  |  | Página 44 de 53             |  |  |

|                   |      |      |      |      |       |      |      |      |      |
|-------------------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|
| Valladolid (EC06) | 2,28 | 0,25 | 6,79 | 9,32 | 29,25 | 4,16 | 0,24 | 0,06 | 0,31 |
| Badajoz (EC07)    | 1,91 | 0,40 | 6,61 | 8,92 | 17,47 | 2,43 | 0,39 | 0,08 | 0,47 |
| Albacete (EC08)   | 0,90 | 0,19 | 1,80 | 2,89 | 16,91 | 3,33 | 0,31 | 0,05 | 0,36 |

**6 ANEXO II**

El Anexo II presenta las concentraciones de PCDD/F, PCB, PBDE, DDE, DDD, DDT, HCH, HCB, PeCB y Endosulfán correspondientes a las muestras de aire captadas mediante CAV durante las cuatro campañas de muestreo realizadas entre diciembre de 2020 y junio de 2022.

**Anexo II: Tabla 1.** Concentraciones de PCDD y PCDF 2,3,7,8 sustituidos (fg/m<sup>3</sup>) en aire en las localizaciones seleccionadas para su seguimiento mediante CAV.

| Año  | Muestreo  | Localización | 2,3,7,8-TCDF | 1,2,3,7,8-PeCDF | 2,3,4,7,8-PeCDF | 1,2,3,4,7,8-HxCDF | 1,2,3,6,7,8-HxCDF | 2,3,4,6,7,8-HxCDF | 1,2,3,7,8,9-HxCDF | 1,2,3,4,6,7,8-HpCDF | 1,2,3,4,7,8,9-HpCDF | OCDF  | 2,3,7,8-TCDD | 1,2,3,7,8-PeCDD | 1,2,3,4,7,8-HxCDD | 1,2,3,6,7,8-HxCDD | 1,2,3,7,8,9-HxCDD | 1,2,3,4,6,7,8-HpCDD | OCDD  | ΣPCDF | ΣPCDD  | ΣPCDD/F |
|------|-----------|--------------|--------------|-----------------|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------------------|---------------------|-------|--------------|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------------------|-------|-------|--------|---------|
|      |           |              | 2020         | Diciembre       | Madrid EC05     | 8,98              | 2,33              | 2,68              | 1,99              | 1,66                | 2,51                | 1,22  | 6,08         | 0,16            | 0,65              | 0,20              | 1,66              | 0,62                | 0,68  | 0,58  | 7,84   | 64,80   |
|      |           | Niembro ES08 | 0,93         | 3,12            | 4,28            | 3,78              | 0,37              | 0,62              | 0,59              | 12,22               | 0,91                | 0,61  | 0,67         | 1,32            | 1,13              | 1,27              | 0,97              | 27,51               | 8,33  | 27,43 | 41,21  | 68,64   |
| 2021 | Diciembre | Madrid EC05  | 2,45         | 0,97            | 8,28            | 6,46              | 5,38              | 7,82              | 2,36              | 19,59               | 0,30                | 15,25 | 0,25         | 1,14            | 0,47              | 0,85              | 0,67              | 31,92               | 76,59 | 68,87 | 111,89 | 180,76  |
|      |           | Niembro ES08 | 2,19         | 6,17            | 4,98            | 0,55              | 0,52              | 0,45              | 0,47              | 0,98                | 0,57                | 2,28  | 7,43         | 6,48            | 2,96              | 6,36              | 1,24              | 2,83                | 12,21 | 19,15 | 39,51  | 58,66   |
| 2022 | Marzo     | Madrid EC05  | 0,20         | 0,37            | 0,28            | 1,43              | 1,34              | 0,13              | 0,19              | 3,77                | 0,09                | 2,27  | 0,30         | 0,51            | 0,05              | 0,05              | 0,06              | 3,78                | 12,37 | 10,08 | 17,12  | 27,20   |
|      |           | Niembro ES08 | 0,49         | 0,33            | 0,60            | 0,13              | 0,13              | 0,37              | 0,16              | 1,89                | 0,23                | 0,22  | 0,36         | 1,23            | 0,34              | 0,43              | 0,43              | 0,39                | 5,24  | 4,56  | 8,43   | 12,98   |
|      | Junio     | Madrid EC05  | 5,53         | 0,42            | 0,56            | 0,27              | 0,22              | 0,41              | 0,30              | 2,27                | 0,10                | 0,25  | 0,48         | 0,96            | 0,24              | 0,20              | 0,10              | 1,45                | 17,71 | 10,32 | 21,13  | 31,45   |
|      |           | Niembro ES08 | 4,49         | 0,81            | 0,43            | 0,19              | 0,11              | 0,09              | 0,13              | 0,12                | 0,07                | 0,10  | 0,17         | 0,20            | 0,16              | 0,09              | 0,12              | 0,13                | 0,32  | 6,54  | 1,21   | 7,75    |

Los resultados aquí expuestos se refieren únicamente a la muestra o muestras a la que se hace referencia. Este Informe no podrá reproducirse parcialmente sin autorización previa del CIEMAT. Sólo se podrá reproducir el informe si se cita la fuente de referencia. Los ensayos se han realizado en un laboratorio certificado conforme a la norma ISO 9001:2015 por SGS con número de registro: ES12/12224.

**Anexo II: Tabla 2.** Concentraciones de PCB no-orto (noPCB) y mono-ortho (mo-PCB) sustituidos (fg/m<sup>3</sup>) en aire en las localizaciones seleccionadas para su seguimiento mediante PAS por el CIEMAT.

| Año  | Muestreo  | Localización | PCB-81 | PCB-77 | PCB-126 | PCB-169 | ∑noPCB | PCB-123 | PCB-118 | PCB-114 | PCB-105 | PCB-167 | PCB-156 | PCB-157 | PCB-189 | ∑moPCB  |
|------|-----------|--------------|--------|--------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 2020 | Diciembre | Madrid EC05  | 6,7    | 230,4  | 0,5     | 0,5     | 238,1  | 11,0    | 1075,7  | 103,4   | 32817,3 | 2867,1  | 65,3    | 32,6    | 0,2     | 36972,6 |
|      |           | Niembro ES08 | 12,4   | 7,8    | 20,1    | 1,2     | 41,5   | 10,9    | 2,1     | 34,9    | 3969,5  | 0,0     | 0,0     | 0,0     | 0,2     | 4017,6  |
| 2021 | Diciembre | Madrid EC05  | 7,1    | 537,4  | 12,8    | 0,9     | 558,2  | 122,6   | 673,4   | 14,6    | 10598,5 | 1518,9  | 24,2    | 1,2     | 0,2     | 12953,5 |
|      |           | Niembro ES08 | 13,5   | 136,6  | 0,2     | 0,5     | 150,7  | 3,3     | 5,5     | 36,4    | 3915,3  | 411,1   | 0,8     | 1,0     | 0,0     | 4373,4  |
| 2022 | Marzo     | Madrid EC05  | 2,6    | 229,1  | 27,0    | 33,7    | 292,4  | 374,9   | 22857,3 | 794,1   | 10505,6 | 2639,9  | 1438,5  | 293,2   | 8,4     | 38911,8 |
|      |           | Niembro ES08 | 1,2    | 22,6   | 1,7     | 0,8     | 26,3   | 14,8    | 624,8   | 19,9    | 184,3   | 32,4    | 9,9     | 1,7     | 0,3     | 888,1   |
|      | Junio     | Madrid EC05  | 47,5   | 263,8  | 94,9    | 23,8    | 430,0  | 178,2   | 19566,3 | 630,6   | 7470,2  | 2392,0  | 1441,9  | 269,2   | 0,4     | 31948,7 |
|      |           | Niembro ES08 | 3,1    | 4,5    | 0,6     | 0,4     | 8,6    | 49,1    | 2590,9  | 139,1   | 1537,8  | 177,7   | 55,7    | 9,3     | 0,3     | 4560,1  |

**Anexo II: Tabla 3.** Concentraciones de PCB mayoritarios (mPCB) (pg/m<sup>3</sup>) en aire en las localizaciones seleccionadas para su seguimiento mediante CAV por el CIEMAT.

| Año  | Muestreo  | Localización | PCB-28 | PCB-52 | PCB-101 | PCB-153 | PCB-138 | PCB-180 | ∑mPCB   |
|------|-----------|--------------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 2020 | Diciembre | Madrid EC05  | 0,5693 | 1,7079 | 5,5177  | 0,2923  | 0,8375  | 0,0200  | 8,9447  |
|      |           | Niembro ES08 | 0,0004 | 0,4225 | 0,0103  | 0,0268  | 0,0100  | 0,0045  | 0,4746  |
| 2021 | Diciembre | Madrid EC05  | 0,0001 | 10,298 | 0,0006  | 0,2640  | 0,2288  | 0,0205  | 10,8121 |
|      |           | Niembro ES08 | 0,0003 | 0,1258 | 11,9771 | 0,0004  | 0,0036  | 0,0000  | 12,1073 |
| 2022 | Marzo     | Madrid EC05  | 2,3644 | 58,043 | 43,2945 | 13,5958 | 15,9810 | 1,2491  | 134,528 |
|      |           | Niembro ES08 | 0,7068 | 5,8415 | 2,3803  | 0,2686  | 0,2355  | 0,0034  | 9,4362  |
|      | Junio     | Madrid EC05  | 4,5605 | 83,315 | 40,4254 | 11,4279 | 14,3276 | 1,3669  | 155,422 |
|      |           | Niembro ES08 | 0,0290 | 0,6785 | 0,0003  | 0,0268  | 0,1086  | 0,0615  | 0,9046  |

**Anexo II: Tabla 4.** Concentraciones de PBDE (pg/m<sup>3</sup>) en aire en las localizaciones seleccionadas para su seguimiento mediante CAV por el CIEMAT.

| Año  | Muestreo  | Localización | BDE-17 | BDE-28 | BDE-47 | BDE-66 | BDE-100 | BDE-99 | BDE-85 | BDE-154 | BDE-153 | BDE-184 | BDE-183 | BDE-191 | BDE-197 | BDE-196 | BDE-209 | ΣPBDE  |
|------|-----------|--------------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|
| 2020 | Diciembre | Madrid EC05  | 0,060  | 0,161  | 0,596  | 0,000  | 0,077   | 0,268  | 0,004  | 0,033   | 0,014   | 0,000   | 0,007   | 0,001   | 0,002   | 0,003   | 2,997   | 4,223  |
|      |           | Niembro ES08 | 0,003  | 0,040  | 0,002  | 0,001  | 0,004   | 0,011  | 0,016  | 0,005   | 0,003   | 0,000   | 0,011   | 0,000   | 0,006   | 0,000   | 0,022   | 0,124  |
| 2021 | Diciembre | Madrid EC05  | 0,016  | 0,003  | 0,762  | 0,000  | 0,044   | 0,011  | 0,001  | 0,005   | 0,032   | 0,004   | 0,108   | 0,018   | 0,010   | 0,095   | 12,195  | 13,302 |
|      |           | Niembro ES08 | 0,028  | 0,084  | 0,003  | 0,003  | 0,001   | 0,123  | 0,005  | 0,001   | 0,014   | 0,000   | 0,002   | 0,000   | 0,002   | 0,000   | 0,289   | 0,555  |
| 2022 | Marzo     | Madrid EC05  | 0,003  | 0,012  | 0,300  | 0,015  | 0,017   | 0,051  | 0,005  | 0,002   | 0,008   | 0,000   | 0,020   | 0,001   | 0,016   | 0,039   | 4,828   | 5,318  |
|      |           | Niembro ES08 | 0,001  | 0,011  | 0,004  | 0,001  | 0,002   | 0,002  | 0,000  | 0,000   | 0,002   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,002   | 0,005   | 0,217   | 0,246  |
|      | Junio     | Madrid EC05  | 0,029  | 0,116  | 1,171  | 0,000  | 0,066   | 0,132  | 0,007  | 0,001   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 2,371   | 3,895  |
|      |           | Niembro ES08 | 0,002  | 0,019  | 0,001  | 0,002  | 0,001   | 0,002  | 0,002  | 0,002   | 0,001   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,002   | 0,005   | 0,038  |

**Anexo II: Tabla 5.** Concentraciones de DDE, DDD y DDT (pg/m<sup>3</sup>) en aire en las localizaciones seleccionadas para su seguimiento mediante CAV por el CIEMAT.

| Año  | Muestreo  | Localización | op'-DDE | pp'-DDE | op'-DDD | pp'-DDD | op'-DDT | pp'-DDT | ΣDDT |
|------|-----------|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|------|
| 2020 | Diciembre | Madrid EC05  | 0,65    | 5,62    | 0,16    | 0,06    | 0,06    | 1,48    | 8,04 |
|      |           | Niembro ES08 | 0,22    | 0,94    | 0,08    | 0,35    | 0,31    | 0,66    | 2,55 |
| 2021 | Diciembre | Madrid EC05  | 0,58    | 5,04    | 0,05    | 0,46    | 0,51    | 1,16    | 7,80 |
|      |           | Niembro ES08 | 0,45    | 2,09    | 0,08    | 1,29    | 0,29    | 1,11    | 5,32 |
| 2022 | Marzo     | Madrid EC05  | 0,48    | 4,85    | 0,06    | 0,11    | 0,86    | 0,63    | 6,98 |
|      |           | Niembro ES08 | 0,26    | 0,74    | 0,13    | 0,28    | 0,24    | 0,54    | 2,19 |
|      | Junio     | Madrid EC05  | 0,46    | 4,55    | 0,03    | 0,32    | 0,33    | 1,29    | 6,97 |
|      |           | Niembro ES08 | 0,23    | 1,43    | 0,19    | 0,39    | 1,84    | 2,04    | 6,11 |

**Anexo II: Tabla 6.** Concentraciones de HCH, HCB, PeCB y Endosulfán (pg/m<sup>3</sup>) en aire en las localizaciones seleccionadas para su seguimiento mediante CAV por el CIEMAT.

| Año  | Muestreo  | Localización | α-HCH | β-HCH | γ-HCH | ΣHCH  | HCB   | PeCB  | α-Endosulfán | β-Endosulfán | ΣEndosulfán |
|------|-----------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------|--------------|-------------|
| 2020 | Diciembre | Madrid EC05  | 7,23  | 0,39  | 18,84 | 26,46 | 77,41 | 12,25 | 0,28         | 0,12         | 0,40        |
|      |           | Niembro ES08 | 9,09  | 0,17  | 18,17 | 27,42 | 95,28 | 10,71 | 0,29         | 0,09         | 0,38        |
| 2021 | Diciembre | Madrid EC05  | 8,94  | 0,09  | 26,43 | 35,46 | 88,53 | 22,00 | 0,45         | 0,12         | 0,58        |
|      |           | Niembro ES08 | 7,79  | 0,43  | 22,84 | 31,06 | 68,17 | 9,69  | 0,59         | 0,16         | 0,75        |
| 2022 | Marzo     | Madrid EC05  | 3,35  | 0,23  | 13,97 | 17,54 | 81,92 | 19,22 | 0,78         | 0,11         | 0,90        |
|      |           | Niembro ES08 | 7,09  | 0,27  | 7,79  | 15,15 | 87,84 | 16,44 | 0,50         | 0,13         | 0,63        |
|      | Junio     | Madrid EC05  | 7,90  | 0,63  | 13,63 | 22,16 | 79,01 | 9,10  | 2,54         | 0,65         | 3,19        |
|      |           | Niembro ES08 | 5,43  | 0,96  | 9,00  | 15,39 | 59,28 | 6,28  | 0,38         | 0,15         | 0,54        |

## 7 ANEXO III

El Anexo III presenta las concentraciones de PCB mayoritarios, PBDE, DDE, DDD, DDT, HCH, HCB, PeCB y Endosulfán correspondientes a las muestras de aire captadas en la estación de Doñana mediante PAS. Campañas de muestreo realizadas entre el verano de 2020 y el invierno de 2021-2022.

**Anexo III: Tabla 1.** Concentraciones de PCB mayoritarios (mPCB) (pg/m<sup>3</sup>) en aire en las muestras de Doñana.

| Muestreo           | PCB-28 | PCB-52 | PCB-101 | PCB-153 | PCB-138 | PCB-180 | ΣmPCB |
|--------------------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|-------|
| Verano 2020        | 0,35   | 5,79   | 0,95    | 2,10    | 0,00    | 0,01    | 9,20  |
| Otoño 2020         | 0,65   | 1,14   | 0,88    | 0,83    | 0,30    | 0,29    | 4,09  |
| Invierno 2021-2022 | 1,52   | 1,66   | 1,68    | 1,36    | 1,36    | 0,25    | 7,82  |

**Anexo III: Tabla 2.** Concentraciones de PBDE (pg/m<sup>3</sup>) en aire en las muestras de Doñana.

| Muestreo         | BDE-17 | BDE-28 | BDE-47 | BDE-66 | BDE-100 | BDE-99 | BDE-85 | BDE-154 | BDE-153 | BDE-184 | BDE-183 | BDE-191 | BDE-197 | BDE-196 | BDE-209 | ΣPBDE |
|------------------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|
| Verano 2020      | 0,014  | 0,032  | 0,279  | 0,007  | 0,051   | 0,151  | 0,013  | 0,001   | 0,031   | 0,001   | 0,005   | 0,000   | 0,010   | 0,005   | 1,601   | 2,201 |
| Otoño 2020       | 0,027  | 0,027  | 0,149  | 0,005  | 0,035   | 0,061  | 0,004  | 0,001   | 0,016   | 0,000   | 0,149   | 0,001   | 0,055   | 0,004   | 1,049   | 1,582 |
| Invierno 2021-22 | 0,013  | 0,013  | 0,087  | 0,008  | 0,016   | 0,062  | 0,005  | 0,004   | 0,012   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,001   | 0,000   | 0,059   | 0,279 |

**Anexo III: Tabla 3.** Concentraciones de DDE, DDD y DDT (pg/m<sup>3</sup>) en aire en las muestras Doñana.

| Muestreo           | op'-DDE | pp'-DDE | op'-DDD | pp'-DDD | op'-DDT | pp'-DDT | ΣDDT  |
|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|
| Verano 2020        | 0,33    | 12,79   | 0,16    | 0,14    | 0,66    | 0,80    | 14,88 |
| Otoño 2020         | 1,03    | 30,55   | 0,05    | 0,13    | 1,14    | 0,96    | 33,84 |
| Invierno 2021-2022 | 0,83    | 23,64   | 0,15    | 0,14    | 0,83    | 0,65    | 26,23 |

|   |                              |                      |
|---|------------------------------|----------------------|
| <br><b>Ciemat</b><br>Centro de Investigaciones<br>Energéticas, Medioambientales<br>y Tecnológicas<br><hr/> Unidad de COP y Contaminantes<br>Emergentes en Medio Ambiente | <b>INFORME DE RESULTADOS</b> | Código: MA/COP-23-09 |
|   |                              | Edición: 01          |
|   |                              | Diciembre 2023       |
|   |                              | Página 50 de 53      |

**Anexo III: Tabla 4.** Concentraciones de HCH, HCB, PeCB y Endosulfán (pg/m<sup>3</sup>) en aire en las muestras de Doñana.

| Muestreo           | $\alpha$ -HCH | $\beta$ -HCH | $\gamma$ -HCH | $\Sigma$ HCH | HCB   | PeCB | $\alpha$ -Endosulfán | $\beta$ -Endosulfán | $\Sigma$ Endosulfán |
|--------------------|---------------|--------------|---------------|--------------|-------|------|----------------------|---------------------|---------------------|
| Verano 2020        | 1,51          | 0,53         | 1,47          | 3,51         | 10,22 | 0,73 | 2,14                 | 0,65                | 2,79                |
| Otoño 2020         | 1,94          | 0,37         | 1,49          | 3,80         | 16,42 | 1,48 | 1,68                 | 0,41                | 2,09                |
| Invierno 2021-2022 | 1,31          | 0,01         | 1,69          | 3,01         | 17,19 | 2,09 | 0,97                 | 0,13                | 1,09                |

**8 ANEXO IV**

**Anexo IV: Tabla 1.** Concentración de PFOS (ng/L) en agua procedente de la cuenca hidrográfica del río Tajo, correspondiente a las campañas de muestreo comprendidas entre el invierno de 2012-2013 y el invierno de 2022-2023. (N.D.: No detectado).

| PFOS               | Cañizares | Presa del Rey | Toledo | Cedillo |
|--------------------|-----------|---------------|--------|---------|
| Invierno 2012-2013 | 1,76      | 20,38         | 12,34  | 0,91    |
| Primavera 2013     | N.D.      | 12,26         | 18,21  | 1,87    |
| Verano 2013        | N.D.      | 16,12         | 7,50   | 0,97    |
| Otoño 2013         | N.D.      | 7,77          | 15,97  | 3,08    |
| Invierno 2013-2014 | N.D.      | 3,76          | 4,09   | 1,43    |
| Primavera 2014     | N.D.      | 12,56         | 8,60   | N.D.    |
| Verano 2014        | N.D.      | 7,88          | 7,05   | N.D.    |
| Otoño 2014         | N.D.      | 34,42         | 17,76  | N.D.    |
| Invierno 2014-2015 | N.D.      | 4,44          | 5,80   | 1,72    |
| Primavera 2015     | 1,62      | 4,97          | 5,33   | 1,59    |
| Verano 2015        | N.D.      | 7,36          | 7,38   | 2,00    |
| Otoño 2015         | N.D.      | 8,60          | 6,51   | 1,48    |
| Invierno 2015-2016 | N.D.      | 5,20          | 5,61   | 0,91    |
| Primavera 2016     | N.D.      | 2,53          | 6,87   | N.D.    |
| Verano 2016        | N.D.      | 8,21          | 7,09   | 1,41    |
| Otoño 2016         | N.D.      | 4,61          | 5,07   | N.D.    |
| Invierno 2016-2017 | N.D.      | 2,50          | 3,76   | 0,63    |
| Primavera 2017     | N.D.      | 4,33          | 3,91   | N.D.    |
| Verano 2017        | N.D.      | 6,37          | 3,09   | 0,56    |
| Otoño 2017         | N.D.      | 4,49          | 4,11   | 0,86    |
| Invierno 2017-2018 | N.D.      | 3,37          | 2,71   | 1,38    |
| Primavera 2018     | N.D.      | 5,98          | 3,44   | 0,57    |
| Verano 2018        | N.D.      | 4,25          | 3,22   | 0,77    |
| Otoño 2018         | N.D.      | 4,19          | 3,98   | 1,48    |
| Invierno 2018-2019 | N.D.      | 10,15         | 44,44  | 4,42    |
| Primavera 2019     | N.D.      | 11,48         | 6,05   | 1,80    |
| Verano 2019        | N.D.      | 12,90         | 17,56  | 5,16    |
| Otoño 2019         | N.D.      | 6,69          | 6,97   | 1,92    |
| Invierno 2019-2020 | N.D.      | 8,19          | 6,53   | 0,83    |
| Primavera 2020     | N.D.      | 7,12          | 10,08  | N.D.    |
| Verano 2020        | N.D.      | N.A.          | 7,43   | 2,83    |
| Otoño 2021         | N.D.      | 8,71          | 13,02  | 2,07    |
| Invierno 2021-22   | N.D.      | 9,61          | 9,71   | 3,14    |

Los resultados aquí expuestos se refieren únicamente a la muestra o muestras a la que se hace referencia. Este Informe no podrá reproducirse parcialmente sin autorización previa del CIEMAT. Sólo se podrá reproducir el informe si se cita la fuente de referencia. Los ensayos se han realizado en un laboratorio certificado conforme a la norma ISO 9001:2015 por SGS con número de registro: ES12/12224.

|   |                              |                      |
|---|------------------------------|----------------------|
| <br><b>Ciemat</b><br>Centro de Investigaciones<br>Energéticas, Medioambientales<br>y Tecnológicas<br><hr/> Unidad de COP y Contaminantes<br>Emergentes en Medio Ambiente | <b>INFORME DE RESULTADOS</b> | Código: MA/COP-23-09 |
|   |                              | Edición: 01          |
|   |                              | Diciembre 2023       |
|   |                              | Página 52 de 53      |

|                    |      |      |      |      |
|--------------------|------|------|------|------|
| Primavera 2022     | N.D. | 10,9 | 7,93 | 2,69 |
| Verano 2022        | N.D. | 17,9 | 5,53 | 2,29 |
| Otoño 2022         | N.D. | 4,70 | 3,85 | 2,56 |
| Invierno 2022-2023 | N.D. | 10,6 | 4,22 | 0,43 |

N.D.: No detectado

**Anexo IV: Tabla 2.** Concentración de PFOA (ng/L) en agua procedente de la cuenca hidrográfica del río Tajo, correspondiente a las campañas de muestreo comprendidas entre el otoño de 2018 y el invierno de 2022-2023.

| PFOA               | Cañizares | Presa del Rey | Toledo | Cedillo |
|--------------------|-----------|---------------|--------|---------|
| Otoño 2018         | N.D.      | 3,18          | 2,22   | 1,28    |
| Invierno 2018-2019 | N.D.      | 3,71          | 4,22   | 2,44    |
| Primavera 2019     | N.D.      | 4,59          | 4,22   | 2,16    |
| Verano 2019        | N.D.      | 4,99          | 8,21   | 5,22    |
| Otoño 2019         | N.D.      | 3,79          | 4,03   | 2,26    |
| Invierno 2019-2020 | N.D.      | 2,93          | 3,07   | 0,51    |
| Primavera 2020     | 0,21      | 4,30          | 3,47   | 0,54    |
| Verano 2020        | 0,12      | N.A.          | 7,93   | 1,83    |
| Otoño 2021         | 0,24      | 5,13          | 7,89   | 1,46    |
| Invierno 2021-2022 | 0,27      | 4,73          | 5,01   | 0,92    |
| Primavera 2022     | N.D.      | 4,86          | 3,26   | 1,71    |
| Verano 2022        | 0,31      | 11,09         | 4,10   | 2,93    |
| Otoño 2022         | N.D.      | 4,94          | 4,20   | 2,66    |
| Invierno 2022-2023 | N.D.      | 4,65          | 3,18   | 0,94    |

N.D.: No detectado

|   |                              |                      |
|---|------------------------------|----------------------|
|  | <b>INFORME DE RESULTADOS</b> | Código: MA/COP-23-09 |
|   |                              | Edición: 01          |
|   |                              | Diciembre 2023       |
|   |                              | Página 53 de 53      |

**Anexo IV: Tabla 3.** Concentración de PFHxS (ng/L) en agua procedente de la cuenca hidrográfica del río Tajo, correspondiente a las campañas de muestreo comprendidas entre el otoño de 2018 y el invierno de 2022-2023.

| PFHxS              | Cañizares | Presa del Rey | Toledo | Cedillo |
|--------------------|-----------|---------------|--------|---------|
| Otoño 2018         | N.D.      | N.D.          | 3,42   | N.D.    |
| Invierno 2018-2019 | N.D.      | 11,93         | 7,48   | 1,10    |
| Primavera 2019     | N.D.      | 7,78          | 5,67   | N.D.    |
| Verano 2019        | N.D.      | 6,97          | 10,19  | N.D.    |
| Otoño 2019         | N.D.      | N.D.          | 3,20   | N.D.    |
| Invierno 2019-2020 | N.D.      | 5,27          | 3,14   | N.D.    |
| Primavera 2020     | N.D.      | 4,58          | 3,80   | N.D.    |
| Verano 2020        | N.D.      | N.A.          | 4,67   | 1,67    |
| Otoño 2021         | N.D.      | 6,81          | 8,84   | 1,32    |
| Invierno 2021-2022 | N.D.      | 10,06         | 8,29   | 1,38    |
| Primavera 2022     | N.D.      | 10,15         | 5,60   | 1,56    |
| Verano 2022        | N.D.      | 7,41          | 5,03   | 1,92    |
| Otoño 2022         | N.D.      | 4,37          | 3,62   | 1,74    |
| Invierno 2022-2023 | N.D.      | 10,80         | 4,26   | 0,62    |

N.D.: No detectado