



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

VIGILANCIA DE LA CONTAMINACIÓN DE FONDO EN ESPAÑA

RED EMEP/VAG/CAMP



San Pablo de los Montes (Toledo)

Año 2019



AGRADECIMIENTOS

Este informe ha sido elaborado por la Subdirección General de Aire Limpio y Sostenibilidad Industrial del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

Nuestro agradecimiento a AEMET como [gestor de la Red EMEP/VAG/CAMP](#) de España.





ÍNDICE

1.	Descripción	3
2.	Estaciones de la Red EMEP/VAG/CAMP	3
3.	Programa de mediciones.....	5
4.	Datos por contaminante	7
4.1.	Contaminantes gaseosos (datos automáticos)	7
4.2.	Aerosoles y gases + aerosoles	10
4.3.	Especiación de partículas (PM10 y PM2,5)	12
4.4.	Carbono en partículas	14
4.5.	Análisis de la precipitación.....	15
4.6.	Metales pesados	17
4.7.	Hidrocarburos aromáticos policíclicos	20
4.8.	Amoníaco	23
4.9.	Compuestos foto-oxidantes (orgánicos y carbonílicos)	24
5.	Trabajos citados	26



VIGILANCIA DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA DE FONDO REGIONAL. RED EMEP/VAG/CAMP.

1. Descripción

La contaminación atmosférica de fondo regional es la existente en zonas alejadas de focos de emisión directa. Proporciona información acerca de cuál es el nivel de contaminación regional debida tanto a fuentes antropogénicas, naturales, regionales o transfronterizas.

Estos niveles de fondo regional se determinan a partir de las mediciones realizadas por las estaciones de la **red española EMEP/VAG/CAMP**, que pretende satisfacer los compromisos de medición de contaminantes contraídos por España con los programas EMEP, VAG y CAMP, y cumplir las obligaciones marcadas por la legislación medioambiental aplicable.

El “Programa concertado de seguimiento y de evaluación del transporte a gran distancia de los contaminantes atmosféricos en Europa” (**Programa EMEP**), puesto en marcha en 1977, forma parte del Convenio de Ginebra sobre contaminación atmosférica transfronteriza a gran distancia y tiene cuatro componentes: recogida de datos de emisiones, mediciones de la calidad del aire, modelización del transporte y la dispersión de contaminantes atmosféricos y modelización integrada.

La Vigilancia Mundial de la Atmósfera (**VAG**), es un proyecto del Programa de Investigación de la Atmósfera y el Medio Ambiente (PIAMA), de la Organización Meteorológica Mundial (OMM), organismo de las Naciones Unidas creado tras la firma del Convenio Meteorológico Mundial.

El **Programa CAMP** (“Programa Integral de Control Atmosférico”, que es fruto del Convenio Oslo-París para la Protección del Medio Ambiente Marino del Nordeste del Atlántico, de 1992) tiene por objeto conocer los aportes atmosféricos a la región del Nordeste Atlántico y estudiar sus efectos sobre el medio marino.

Las mediciones obtenidas de las estaciones de dicha red permiten determinar los niveles de contaminación de fondo en una región, así como evaluar el transporte desde fuentes emisoras situadas a grandes distancias de ellas. Por ello, son representativas, en cuanto a calidad del aire y precipitación, de un área extensa en torno a ellas, por lo que son utilizadas para la verificación de los pronósticos de los modelos de predicción de calidad del aire. Además, en ellas se determinan tanto los contaminantes regulados en la legislación europea y nacional, con lo cual dan apoyo a las redes autonómicas y locales en su evaluación de la calidad del aire, como una serie de contaminantes distintos a los regulados en dicha legislación, lo que permite que también sirvan para estudios científicos sobre dichos compuestos, cuyos resultados a su vez influyen en la generación de nueva legislación en calidad del aire.

Además, los valores registrados de partículas PM10 en estas estaciones son necesarios para conocer el nivel de fondo regional y posteriormente realizar el procedimiento de descuento de episodios naturales por las intrusiones de masas de aire africano.

La red española empezó a funcionar en 1983 y fue aumentando progresivamente el número de estaciones que la componen. A partir de 2006, la **red EMEP/CAMP** unificó su gestión con la **red VAG**, creándose la actual **red EMEP/VAG/CAMP** y la gestión pasó a ser responsabilidad de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), incluyendo entre sus obligaciones el desarrollo de los diversos programas de mediciones. Desde el inicio del funcionamiento de la red, las determinaciones de las muestras analizadas en el laboratorio se realizan en el Laboratorio Nacional de Referencia, Centro Nacional de Sanidad Ambiental del Instituto de Salud Carlos III.

2. Estaciones de la Red EMEP/VAG/CAMP

La red EMEP/VAG/CAMP española cuenta actualmente con **13** estaciones:



Código Nacional	Código Internacional	Código de la estación	Nombre	Provincia	Propósito
45153999	ES0001R	ES01	San Pablo de los Montes	Toledo	EMEP/VAG
15057999	ES0005R	ES05	Noia	A Coruña	EMEP/VAG/CAMP
07032999	ES0006R	ES06	Mahón	Baleares	EMEP/VAG
18189999	ES0007R	ES07	Víznar	Granada	EMEP/VAG
33036999	ES0008R	ES08	Niembro	Asturias	EMEP/VAG/CAMP
19061999	ES0009R	ES09	Campisábalos	Guadalajara	EMEP/VAG
17032999	ES0010R	ES10	Cabo de Creus	Girona	EMEP/VAG
06016999	ES0011R	ES11	Barcarrota	Badajoz	EMEP/VAG
46263999	ES0012R	ES12	Zarra	Valencia	EMEP/VAG
49149999	ES0013R	ES13	Peñausende	Zamora	EMEP/VAG
25224999	ES0014R	ES14	Els Torms	Lleida	EMEP/VAG
27058999	ES0016R	ES16	O Saviñao	Lugo	EMEP/VAG
21005999	ES0017R	ES17	Doñana	Huelva	EMEP/VAG/CAMP



3. Programa de mediciones

Dentro de la red EMEP/VAG/CAMP se desarrolla un programa de mediciones que viene establecido por la Estrategia EMEP; y también por las decisiones de los Órganos Directores de los otros dos Programas (VAG y CAMP).

Aunque no todas las estaciones pertenecientes a la red EMEP/VAG/CAMP cumplen las mismas funciones ni miden los mismos parámetros, muchos de los contaminantes que se registran en esta red son comunes al resto de las redes de calidad del aire en España. La diferencia radica en el nivel o grado de contaminación, al ser mucho menor que la registrada en aglomeraciones y estaciones influidas directamente por fuentes locales de contaminación. Además, realizan mediciones de otros contaminantes interesantes de conocer pero sobre los que aún no hay información ni sobre su comportamiento ni sobre sus posibles efectos adversos sobre la salud o la vegetación, por lo que no se han establecido aún en la legislación sus valores límite ni objetivo.

En la tabla siguiente se puede ver detallado todo el programa de mediciones, la periodicidad de la medida y en qué estaciones se realiza cada una, así como las técnicas de análisis utilizadas.

DATOS MEDIDOS RED EMEP/VAG/CAMP		TÉCNICA ANALÍTICA	ESTACIONES QUE MIDEN
EQUIPOS AUTOMÁTICOS (DATOS HORARIOS)			
SO ₂ , NO, NO ₂ , NO _x O ₃ METEOROLOGÍA		Fluorescencia UV Quimiluminiscencia Absorción UV Meteorología	TODAS
MERCURIO GASEOSO TOTAL		Espectrometría de absorción atómica de vapor frío	Niembro
PM10		Microbalanza oscilante (TEOM)	Campisábalos Zarra Peñausende O Saviñao
EQUIPOS MANUALES (DATOS DIARIOS, SEMANALES O MENSUALES)			
AEROSOLES (DIARIO)	PM10 PM2,5 SO ₄ , NO ₃ en PM10	Gravimetría Gravimetría Cromatografía iónica	TODAS TODAS (exc. Noia y Doñana) TODAS
GASES + AEROSOLES (DIARIO)	HNO ₃ +NO ₃ NH ₃ +NH ₄	Cromatografía iónica Espectrofotometría visible - Indofenol	TODAS
ESPECIACIÓN DE PARTÍCULAS (DIARIO)	Cl, Na, Mg, Ca, K, NH ₄ en PM10	Cromatografía iónica (SO ₄ , NO ₃ , Cl, en PM10 y PM2,5)	San Pablo de los Montes Víznar Niembro Campisábalos Els Torms
	SO ₄ , NO ₃ , Cl, Na, Mg, Ca, K, NH ₄ en PM2,5	Espectrofotometría visible – Indofenol (NH ₄ , en PM10 y PM2,5) Espectroscopia de absorción atómica (Na, Ca, Mg, K, en PM10 y PM2,5)	
CARBONO EN PARTÍCULAS (DIARIO)	CE/CO en PM2,5	Térmico óptico	San Pablo de los Montes Víznar Campisábalos Zarra Els Torms



DATOS MEDIDOS RED EMEP/VAG/CAMP		TÉCNICA ANALÍTICA	ESTACIONES QUE MIDEN
AGUA DE LLUVIA (DIARIO)	pH, SO ₄ , NO ₃ , NH ₄ , Na, Mg, Ca, Cl, K y conductividad	Cromatografía iónica (SO ₄ , NO ₃ , Cl) Espectrofotometría visible – Indofenol (NH ₄) Espectroscopia de absorción atómica (Na, Ca, Mg, K) pHímetro (pH) y Conductivimetría (Conductividad)	TODAS (excepto Cabo de Creus)
COV y CC (DIARIO)	Etano, tolueno, benceno,..., propanal, acetona...	Cromatografía de gases HPLC con detector UV Vis	San Pablo de los Montes
AMONÍACO (SEMANTAL, excepto en Víznar que se hace un muestreo de 15 días)	NH ₃	Muestreo pasivo – Radiello Espectrofotometría visible – Indofenol	San Pablo de los Montes Víznar Niembro Campisábalos Els Torms
METALES (Pb, As, Cd, Ni, Cu, Cr, Zn, Hg)	PM10 (DIARIO)	ICP Masas	San Pablo de los Montes Víznar Niembro Campisábalos Els Torms
	PRECIPITACIÓN (SEMANTAL)	ICP Masas	Niembro Campisábalos
	DEPÓSITO TOTAL (MENSUAL) (todas son campañas)	ICP Masas	San Pablo de los Montes Víznar Niembro Zarra Els Torms
HAP	PM10 (DIARIO) (mediciones de muestras compuestas cada diez filtros diarios, distribuidas uniformemente a lo largo del mes)	Cromatografía de gases	San Pablo de los Montes Víznar Niembro Zarra Els Torms
	DEPÓSITO TOTAL (MENSUAL) (cuatro campañas mensuales al año distribuidos uniformemente)	Cromatografía de gases	San Pablo de los Montes Víznar Niembro Zarra Els Torms



4. Datos por contaminante

4.1. Contaminantes gaseosos (datos automáticos)

En este apartado se muestran cuáles han sido los resultados de las mediciones de los contaminantes gaseosos principales para el año 2019. Se puede observar que los valores registrados para SO₂, NO₂ y NO_x son muy bajos y en ningún caso se superan los valores legislados para la protección de la salud ni los de protección de la vegetación.

ESTACIÓN	SO ₂ (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	NO _x (µg/m ³)	O ₃			
				Nº superaciones			AOT 40 (µg/m ³ ·h) promedio de 5 años ¹
				> 120 (µg/m ³) promedio de 3 años	>180 (µg/m ³)	>240 (µg/m ³)	
San Pablo de los Montes	0,46	1,1	1,2	34	0	0	25711
Noia	0,88	3,4	3,7	3	0	0	4680
Mahón	0,47	3,2	3,6	31	0	0	22267
Víznar	0,95	3,9	5,1	64	0	0	32717
Niembro	0,67	2,2	2,9	5	0	0	7177
Campisábalos	0,48	1,8	2,1	18	0	0	15493
Cabo de Creus	0,54	3,1	3,6	9	2	0	10595
Barcarrota	0,33	2,6	3,2	7	0	0	7211
Zarra	0,84	2,4	2,6	56	0	0	35121
Peñausende	0,26	1,3	1,5	9	0	0	12933
Els Torms	0,82	2,3	2,6	19	0	0	24219
O Saviñao	0,53	2,3	2,7	6	0	0	4469
Doñana	0,58	3,8	4,4	4	0	0	12355

En la figura siguiente se puede observar cómo los mayores niveles de SO₂, se dan en Víznar, Noia y Zarra mientras que los mayores valores de NO₂ y NO_x se dan en las estaciones de Víznar y Doñana.

¹ AOT40. Suma de la diferencia entre las concentraciones horarias superiores a los 80 µg/m³ (=40 partes por mil millones) y 80 µg/m³ a lo largo de un período dado, utilizando únicamente los valores horarios medidos entre las 8.00 y las 20.00 horas, Hora de Europa Central (HEC), cada día. (Un año participa en el promedio si tiene al menos el 86% de los datos posibles. Además, para calcular el promedio se utiliza el AOT40 corregido que es el AOT40 medido * (nº total posible de horas / nº de valores horarios medido))

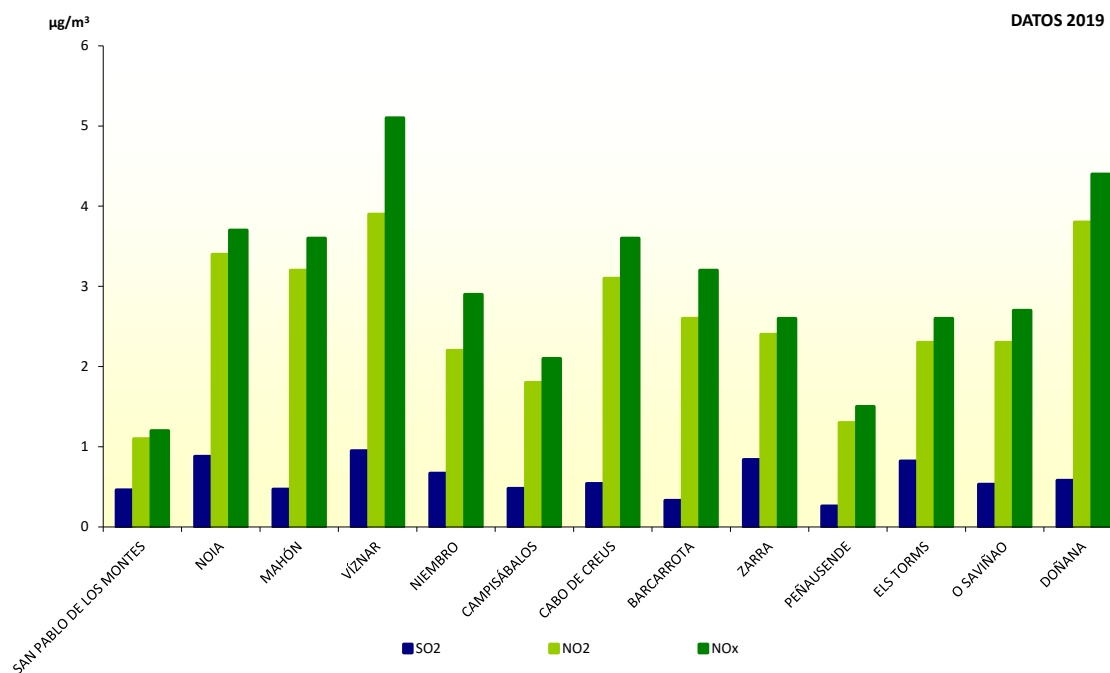


Figura 1. Datos de SO₂, NO₂ y NO_x en el año 2019

El O₃ troposférico es un contaminante secundario que se crea a partir de reacciones químicas complejas en la que intervienen como precursores otros gases contaminantes, como los óxidos de nitrógeno y los compuestos orgánicos volátiles, entre otros compuestos y por la acción de la radiación solar. Se dan las mayores concentraciones lejos o en la periferia de las ciudades.

En el caso de las estaciones de la red, por la ubicación donde se encuentran se registran valores relativamente altos de este contaminante tal y como se observa en la siguiente figura.

En lo referente a los valores objetivo de protección de la salud, se puede ver en la siguiente figura que para el año 2019, en Vízmar y Zarra se dieron un alto número de días (64 y 56 respectivamente) con el máximo de las medias móviles octohorarias superior a 120 µg/m³, seguido de las estaciones de Mahón y San Pablo de los Montes. Respecto a los valores objetivo horarios, en el año 2019 se registraron superaciones del umbral de información en Cabo de Creus y no se registraron superaciones del umbral de alerta en ninguna estación de la red.

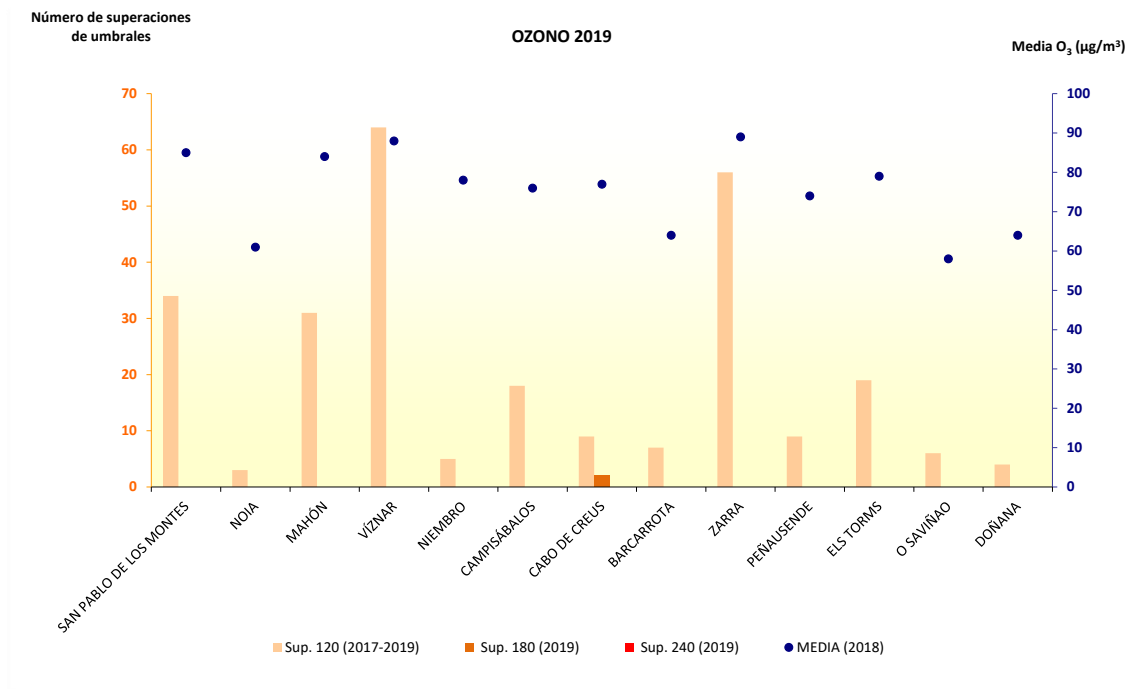


Figura 2. Media anual de O₃, número de superaciones del máximo diario móvil octohorario (120 µg/m³) y de los umbrales de información (180 µg/m³) y de alerta (240 µg/m³)

Si, en cambio, tenemos en cuenta la protección de la vegetación, dado que el ozono es un contaminante que afecta en zonas rurales, en todas las estaciones se puede observar que se supera el valor objetivo para la protección de la vegetación.

En la figura siguiente se representa por estación el valor del AOT40 (media de 5 años) del año 2019.

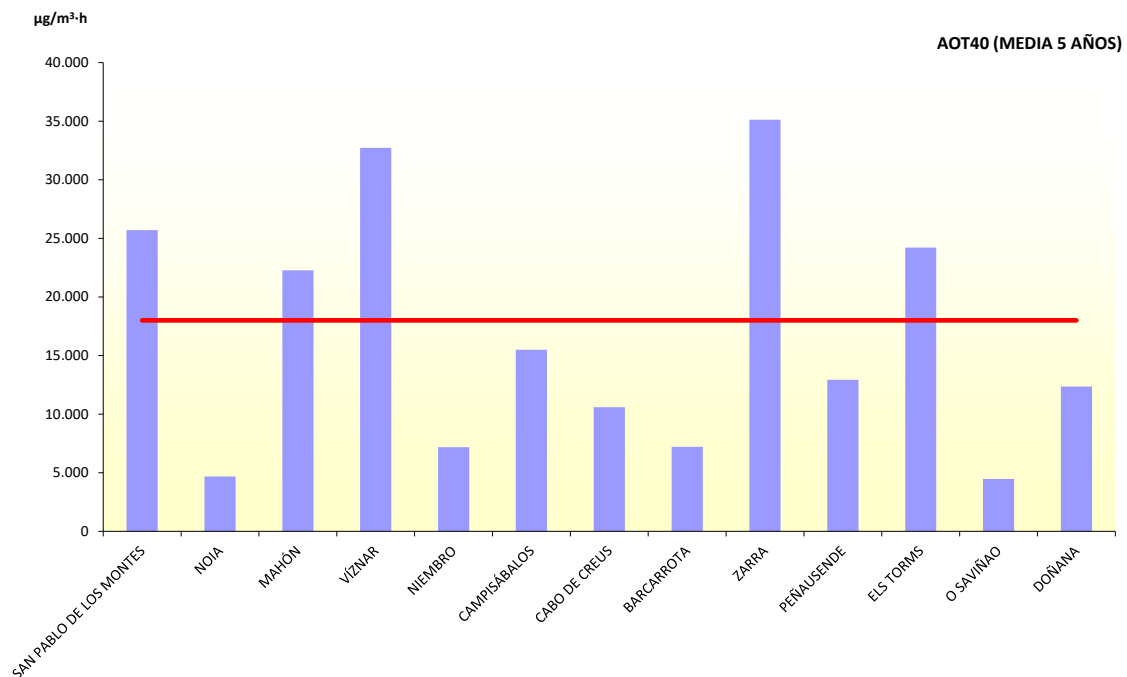


Figura 3. AOT40 (media de 5 años) en todas las estaciones de la red en el año 2019

En la figura siguiente podemos ver la variación del AOT40 anual en las estaciones en el período 2013-2019.

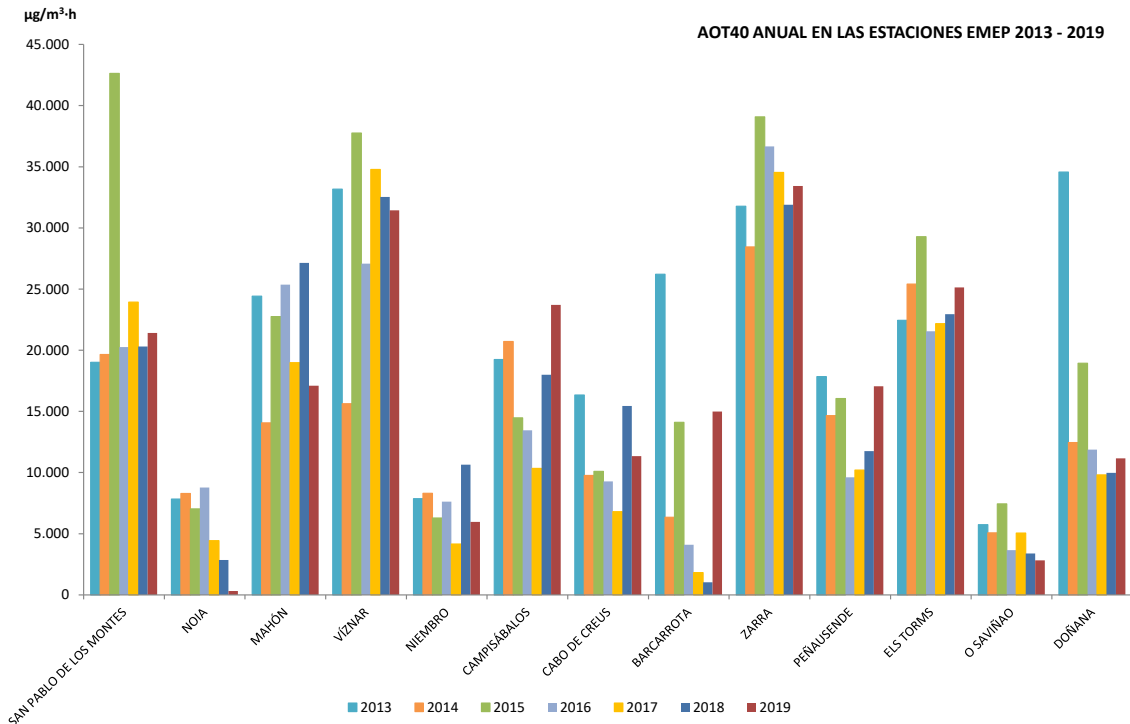


Figura 4. AOT40 anual en todas las estaciones de la red (2013 – 2019)

4.2. Aerosoles y gases + aerosoles

En la siguiente tabla se muestran los valores medios anuales del año 2019 para datos de aerosoles y gases y aerosoles en PM10.

ESTACIÓN	Aerosoles					Gases + Aerosoles	
	PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM10 TEOM ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM2,5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	SO ₄ ²⁻ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NO ₃ ⁻ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	HNO ₃ + NO ₃ ⁻ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NH ₃ + NH ₄ ⁺ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
San Pablo de los Montes	10	-	6,1	0,31	0,18	0,28	1,6
Noia	6,6	-	-	0,3	0,14	0,2	0,54
Mahón	17	-	5,4	0,83	0,43	0,43	1,3
Víznar	16	-	9,7	0,42	0,26	0,41	1,6
Niembro	15	-	6,6	0,51	0,26	0,43	1,4
Campisábalos	7,9	11	4,2	0,26	0,12	0,25	0,88
Cabo de Creus	16	-	7,4	0,55	0,39	0,54	1,3
Barcarrota	14	-	6,3	0,38	0,23	0,23	1,2
Zarra	10	14	4,7	0,45	0,32	0,38	1,5
Peñausende	7,1	12	3,8	0,22	0,17	0,25	1,2
Els Torms	13	-	7,6	0,45	0,23	0,38	3,4
O Saviñoao	9,2	8,4	6,3	0,37	0,17	0,18	1,3
Doñana	16	-	-	0,73	0,43	0,5	1,3

Todas las estaciones de la red disponen de medición manual de PM10 (por gravimetría). Además 4 de ellas también miden PM10 de forma automática. Respecto a PM2,5, todas salvo Noia y Doñana también disponen de medición manual.

Estas mediciones de partículas son muy interesantes para la calidad del aire ya que a partir de los datos de estas y otras estaciones se pueden calcular los descuentos que pueden hacer el resto de puntos de muestreo por intrusiones de masas de aire africano.

En la gráfica siguiente se comparan los niveles de partículas PM10 y PM2,5 en las estaciones de la red EMEP/VAG/CAMP. También se puede observar la comparación de los niveles de PM10 de la medida manual frente a la realizada en continuo en los cuatro puntos de la red donde se dan las mediciones en paralelo.

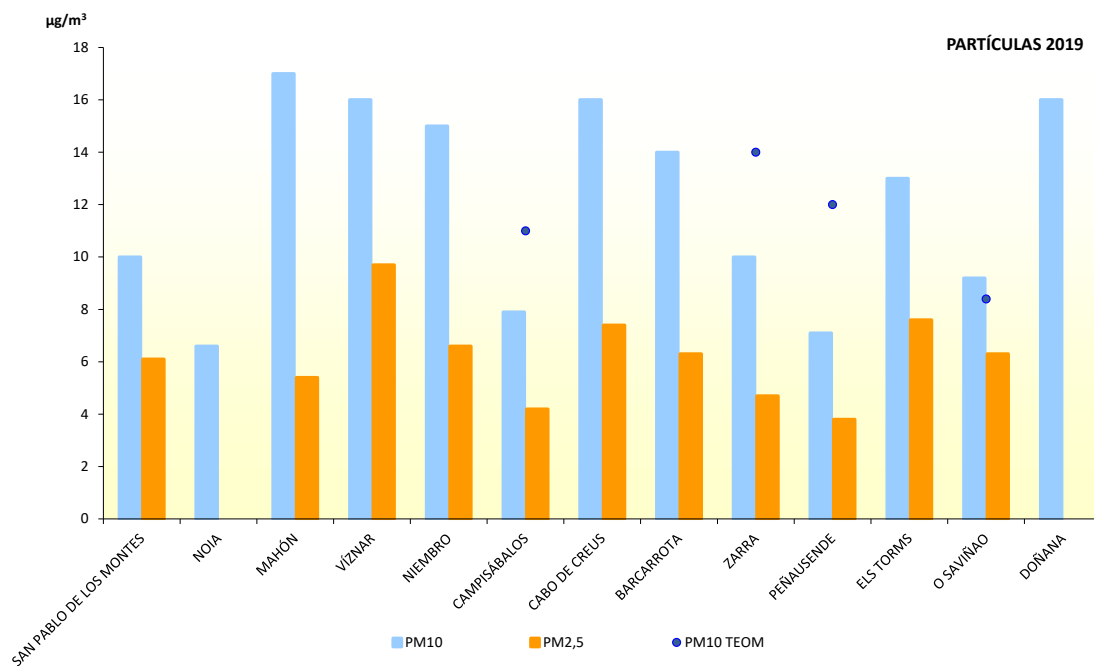


Figura 5. Datos medios anuales de partículas en 2019

A continuación se puede ver representados los datos de SO_4^{2-} y NO_3^- y de la suma de $\text{HNO}_3 + \text{NO}_3^-$ y de $\text{NH}_4^+ + \text{NH}_3$ en el año 2019.

Destaca sobre todos los datos el de $\text{NH}_3 + \text{NH}_4$ en la estación de Els Torms y puede estar relacionada con la influencia de zonas ganaderas en la región.

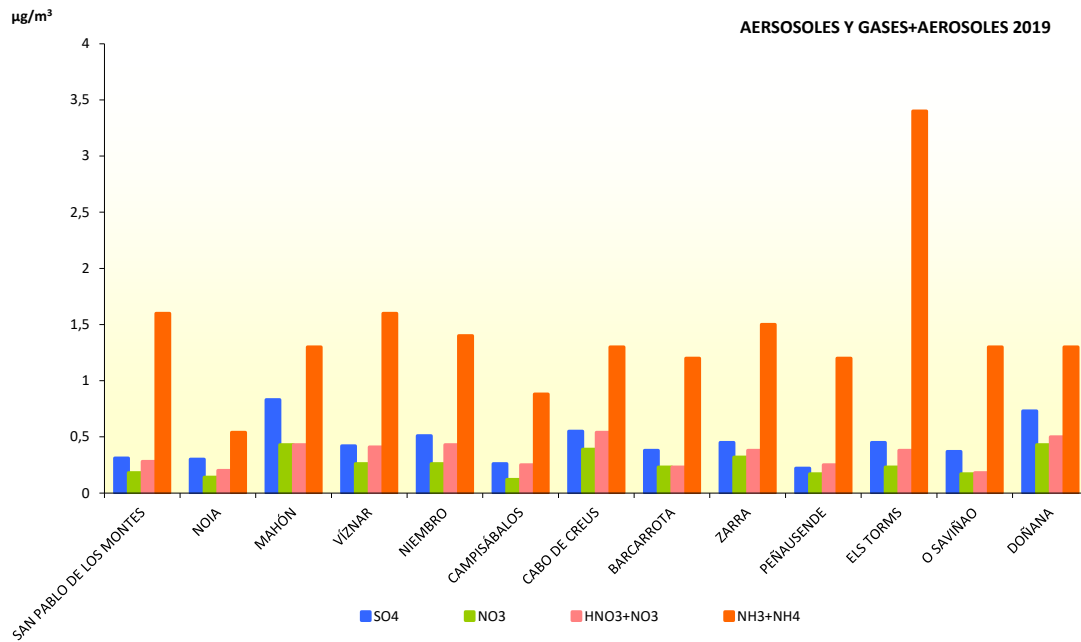


Figura 6. Datos medios anuales de aerosoles y gases + aerosoles en 2019

4.3. Especiación de partículas (PM₁₀ y PM_{2,5})

En las 13 estaciones de la red se miden niveles de SO₄²⁻ y NO₃⁻ en PM₁₀. Además, hay cinco estaciones en las que se miden otros compuestos, aniones y cationes.

En la estación de Campisábalos, estos parámetros se llevan midiendo desde el año 2005. En las estaciones de San Pablo, Víznar, Niembro y Els Torms comenzaron a realizarse en 2012.

Los resultados obtenidos en 2019 se presentan en la siguiente tabla. En ellos se puede observar que la estación de Niembro, ubicada muy próxima a la costa atlántica, parece que tiene influencia del aerosol marino. Además, se observan los valores más altos de NH₄⁺ en Víznar y Els Torms, que podrían deberse a contaminación regional. Por otra parte, los mayores niveles de Ca²⁺ registrados en Víznar son generalmente el resultado de la mayor influencia del polvo africano en esta estación de Granada, la más próxima al continente africano.

ESTACIÓN	Especiación de PM ₁₀ (µg/m ³)							
	SO ₄ -S	NO ₃ -N	Cl	Na	Mg	Ca	K	NH ₄ -N
San Pablo de los Montes	0,31	0,18	0,26	0,26	0,039	0,23	0,091	0,29
Víznar	0,42	0,26	0,17	0,3	0,051	0,36	0,15	0,4
Niembro	0,51	0,26	1,5	1,6	0,19	0,28	0,16	0,36
Campisábalos	0,26	0,12	0,17	0,19	0,028	0,22	0,041	0,25
Els Torms	0,45	0,23	0,2	0,36	0,053	0,32	0,11	0,5

En la figura siguiente, se presentan los valores de los distintos parámetros a partir del análisis del filtro de PM₁₀.

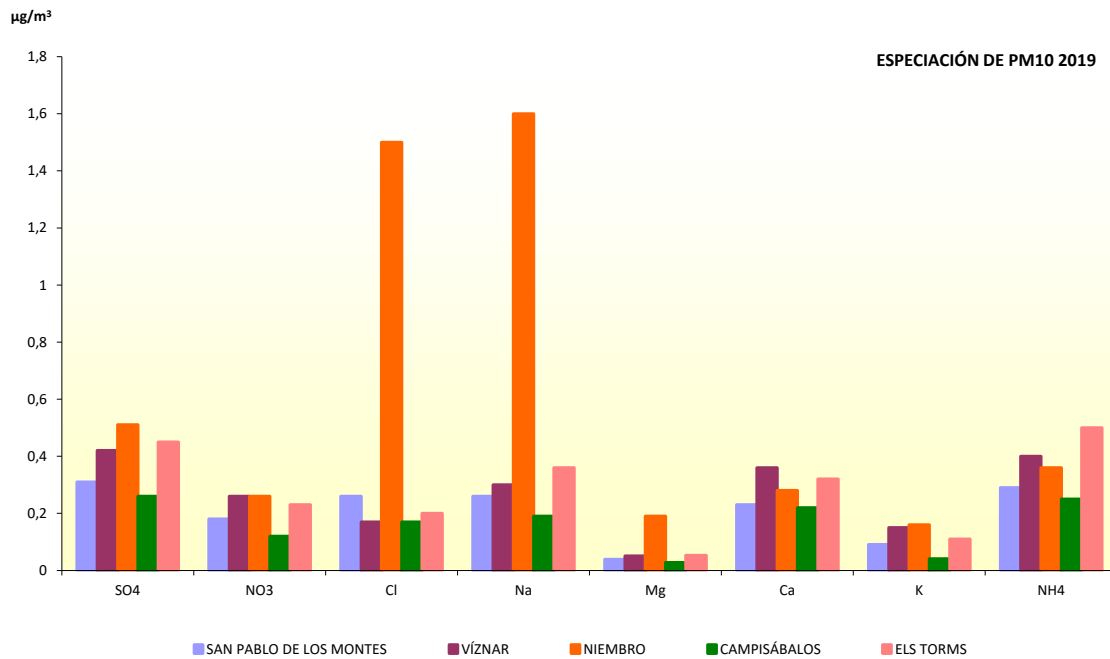


Figura 7. Datos medios anuales de especiación de PM10 en 2019.

Respecto a la especiación de PM2,5 (SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- , Na^+ , Mg^{2+} , Ca^+ , K^+ , NH_4^+ en las partículas PM2,5), se realiza el análisis en cinco de las estaciones de la red. En la estación de Campisábalos, estos parámetros se llevan midiendo desde el año 2005. En las estaciones de San Pablo, Víznar, Niembro y Els Torms estas mediciones comenzaron a realizarse en 2012.

En la tabla siguiente se muestran los datos de especiación de PM2,5 en 2019.

ESTACIÓN	Especiación de PM2,5 (µg/m³)							
	SO ₄ -S	NO ₃ -N	Cl	Na	Mg	Ca	K	NH ₄ -N
San Pablo de los Montes	0,32	0,08	0,088	0,11	0,014	0,073	0,088	0,17
Víznar	0,34	0,081	0,055	0,14	0,021	0,2	0,18	0,18
Niembro	0,46	0,084	0,16	0,25	0,025	0,1	0,094	0,12
Campisábalos	0,22	0,058	0,061	0,068	0,013	0,075	0,033	0,13
Els Torms	0,43	0,13	0,073	0,13	0,016	0,16	0,11	0,32

En la siguiente gráfica se muestran los valores de los distintos parámetros en la fracción de PM2,5. En ella se evidencian las características descritas para Els Torms (mayor carga de contaminación antropogénica, siempre dentro de los valores característicos de una red de fondo) y Víznar (mayor influencia africana). Además, en Niembro se refleja la influencia del aerosol marino en los niveles de PM2,5, si bien no tan marcado como sobre el PM10.

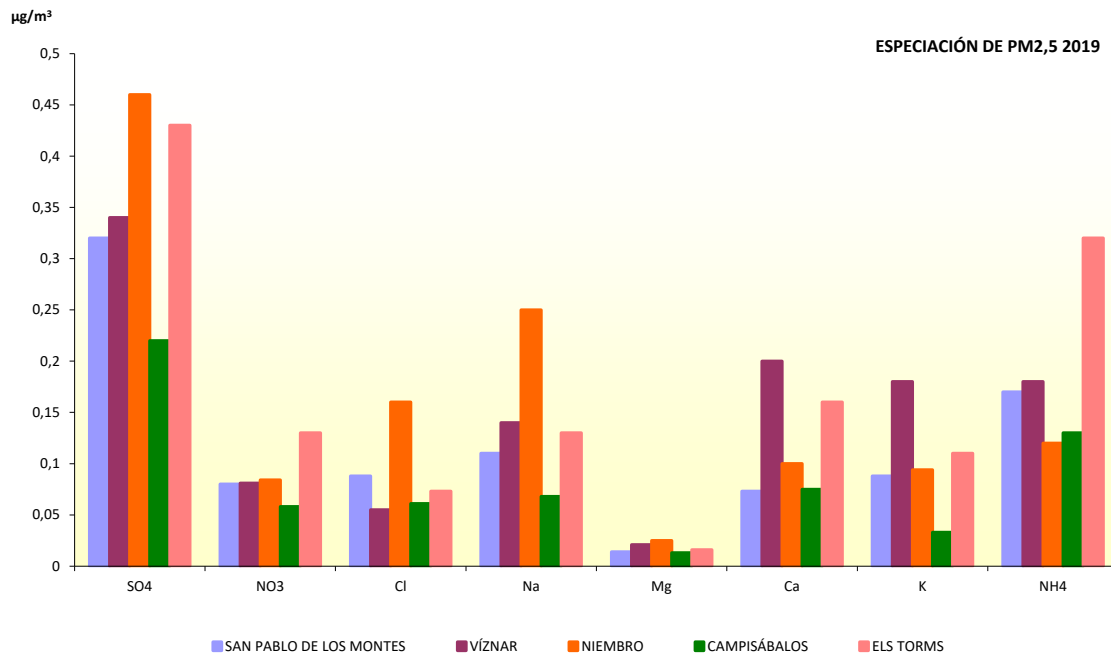


Figura 8. Datos medios anuales de especiación de PM_{2,5} en 2019

4.4. Carbono en partículas

En la red EMEP/VAG/CAMP se miden los niveles de carbono elemental y orgánico (CE y CO respectivamente) en la fracción de partículas de PM_{2,5} en las estaciones de Campisábalos, San Pablo de los Montes Víznar, Zarra y Els Torms.

En la siguiente tabla se muestran los datos de CE y CO en PM_{2,5} en 2019.

ESTACIÓN	Carbono elemental (µg/m ³)	Carbono orgánico (µg/m ³)
San Pablo de los Montes	0,11	1,8
Víznar	0,3	3,3
Campisábalos	0,092	1,7
Zarra	0,11	1,7
Els Torms	0,13	1,9

Los elevados ratios CO/CE son característicos de estaciones de fondo (*Becerril-Valle, y otros, 2017*), donde el aerosol biogénico juega un papel importante. En el caso de Víznar, las elevadas concentraciones de K⁺, Na⁺ y SO₄²⁻ en PM_{2,5}, junto con el CO/CE podrían ser indicativos de una mayor presencia de quema de biomasa, cuyo uso es típico en la zona como calefacción residencial o doméstica.

La gráfica a continuación muestra el resultado del análisis del contenido en CO y CE en PM_{2,5} en las estaciones de la red donde se llevan a cabo estas mediciones.

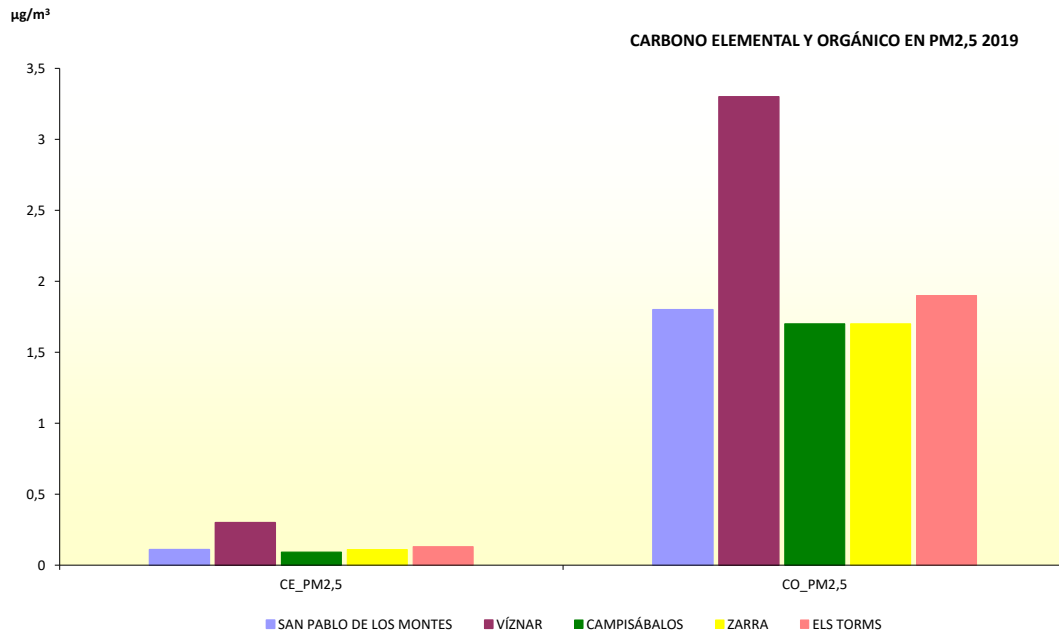


Figura 9. Datos medios anuales de carbono en PM10 y PM2,5 en 2019

4.5. Análisis de la precipitación

En todas las estaciones de la red, excepto en Cabo de Creus, se analiza la lluvia diaria, este análisis incluye pH y conductividad así como las concentraciones de aniones y cationes. Además, hay dos estaciones (Niembro y Campisábalos) donde se determinan las concentraciones de metales sobre una muestra de lluvia acumulada a lo largo de una semana.

La siguiente tabla muestra los valores medios anuales de pH y conductividad diario en el año 2019, ponderados con el volumen de agua de lluvia caído cada día.

ESTACIÓN	pH	Conductividad (µS/cm)
San Pablo de los Montes	5,77	7,96
Noia	5,40	28,21
Mahón	6,79	154,51
Víznar	6,40	14,27
Niembro	5,62	38,14
Campisábalos	6,17	9,76
Barcarrota	5,88	12,54
Zarra	6,41	16,55
Peñausende	5,70	7,63
Els Torms	6,57	18,19
O Saviñao	5,83	16,72
Doñana	5,39	25,09

En la gráfica se puede observar que en las estaciones de Doñana, Noia y Niembro se registran los valores más bajos de pH. Además, en la estación de Mahón se registran unos valores muy

altos de conductividad, probablemente influidos por el agua de mar dada la ubicación de esta estación.

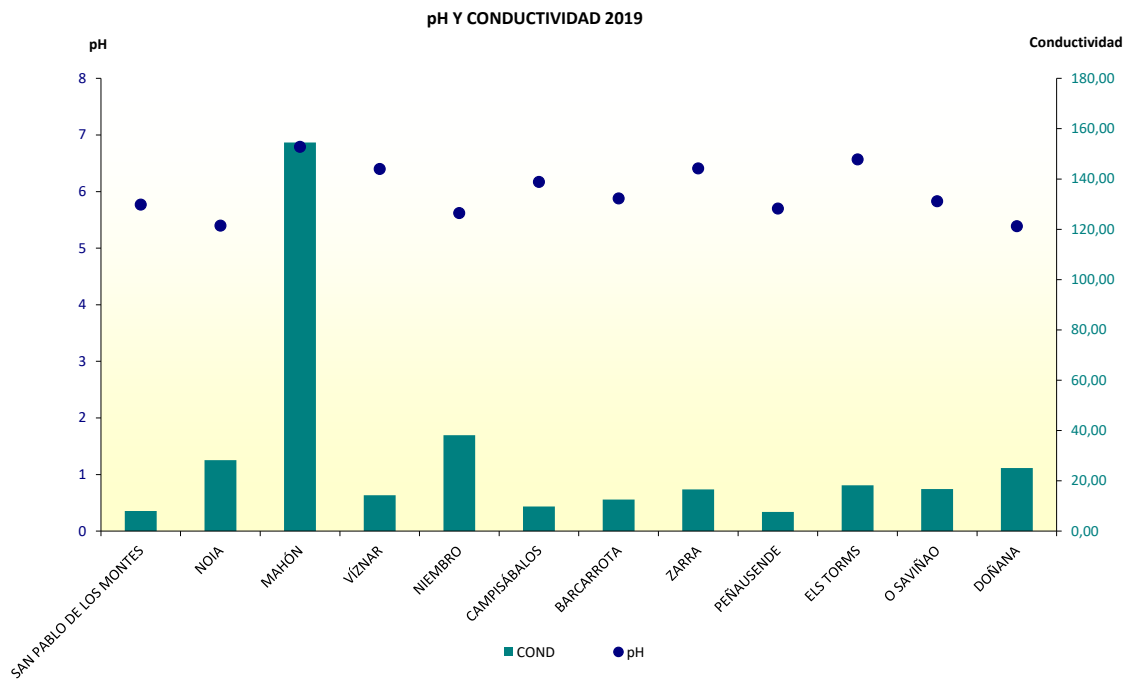


Figura 10. Media anual (ponderada con la precipitación) de pH y de conductividad en el año 2019

En la siguiente tabla se muestran los valores medios anuales del depósito húmedo diario. Los datos de esta tabla se obtienen a partir de las concentraciones medidas tras el análisis en el laboratorio y considerando el volumen recogido de la precipitación caída cada día y el área del captador.

Para el cálculo del depósito húmedo diario, los datos de concentración de cada parámetro (concentración diaria), que se miden en mg/l, se multiplican por el volumen de precipitación recogida y se divide por el área del captador (m²) obteniendo el depósito diario de cada parámetro (mg/m²·día). Posteriormente se realiza el cálculo anual dividiendo el sumatorio de todos los depósitos diarios (de los días que ha habido lluvia) entre el número total de días del año, obteniendo la media anual del depósito húmedo diario.

ESTACIÓN	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	Na ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	K ⁺
	(mg/m ² ·día)							
San Pablo de los Montes	0,18	0,16	0,19	0,33	0,07	0,53	0,55	0,11
Noia	2,51	0,71	0,92	17,48	2,27	1,78	31,59	1,23
Mahón	2,49	0,35	0,09	20,46	2,93	5,57	39,48	1,02
Víznar	0,42	0,31	0,49	0,57	0,28	1,78	1,05	0,47
Niembro	1,57	0,97	0,49	11,25	1,57	2,62	22,69	0,68
Campisábalos	0,24	0,27	0,50	0,20	0,077	0,90	0,34	0,10
Barcarrota	0,27	0,13	0,31	0,78	0,13	0,51	1,30	0,24
Zarra	0,56	0,32	0,29	0,63	0,17	2,24	1,07	0,10



ESTACIÓN	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	Na ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	K ⁺
	(mg/m ² -día)							
Peñausende	0,26	0,22	0,36	0,54	0,11	0,69	0,94	0,11
Els Torms	0,53	0,26	0,44	0,41	0,13	2,04	0,66	0,091
O Saviñao	1,14	1,03	0,87	6,44	1,22	1,90	11,78	1,62
Doñana	0,28	0,078	0,061	1,93	0,25	0,26	3,36	0,092

La figura a continuación muestra, por estación, los valores del resto de parámetros analizados en el agua de precipitación diario en el año 2019 como media anual del depósito diario. En la mayoría de estaciones se dan valores muy bajos. Sin embargo, en las estaciones más próximas a la costa, Noia, Mahón, Niembro y en menor medida, en las estaciones de Saviñao y Doñana, los datos de Na y Cl son notablemente más elevados. Puede deberse a que las muestras de precipitación reciben la influencia del aerosol marino.

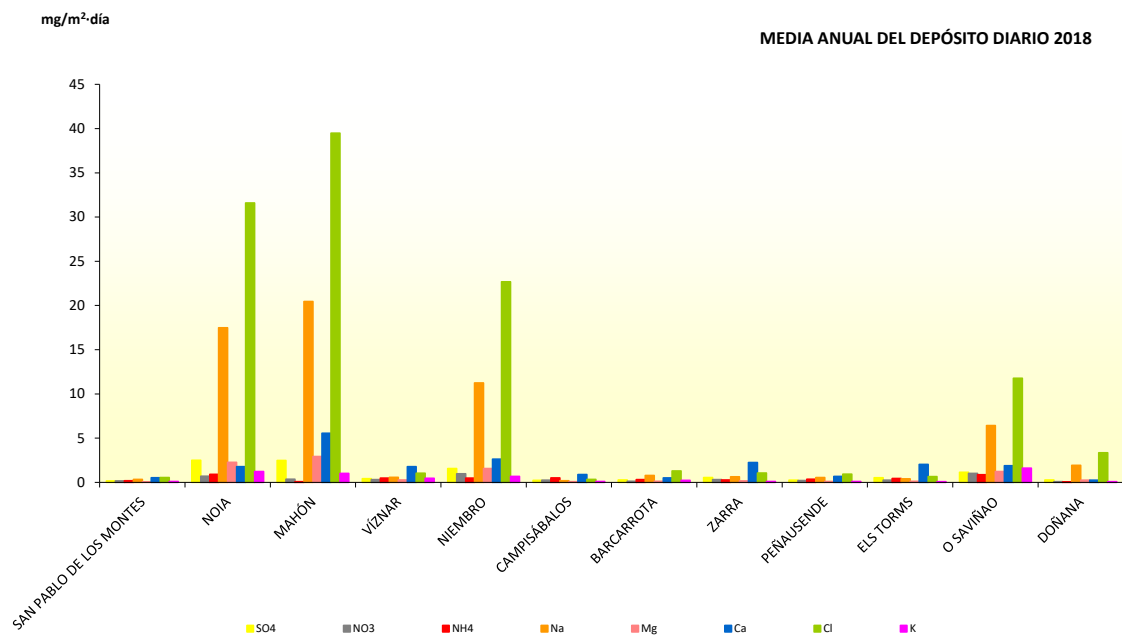


Figura 11. Datos de media anual del depósito diario en 2019

4.6. Metales pesados

En la red EMEP/VAG/CAMP se miden los metales tanto en PM₁₀, como en precipitación y en depósito total. Además, se mide mercurio gaseoso total en continuo en la estación de Niembro.

Los **metales en PM₁₀** se miden en las estaciones de San Pablo de los Montes, Víznar, Niembro, Campisábalos y Els Torms. Se realiza un muestreo distribuido a lo largo de todo el año para eliminar la variable estacional entre los datos. Los muestreos comenzaron en Niembro y Campisábalos en el año 2001 y con el fin de cumplir lo que se indica en el Real Decreto 102/2011 sobre mediciones indicativas, se comenzaron a realizar mediciones en otras tres estaciones para medirse en un total de 5 estaciones.



ESTACIONES	Pb	Cd	As	Ni	Cu	Cr	Zn
	(ng/m ³)						
San Pablo de los Montes	0,9	0,019	0,18	0,53	-	0,41	4
Víznar	1,2	0,031	0,18	1,7	-	0,61	5,7
Niembro	2,7	0,12	0,15	0,65	-	0,64	13
Campisábalos	0,82	0,016	0,1	0,24	2,2	0,38	3,4
Els Torms	1	0,026	0,15	0,4	4,7	0,47	8,7

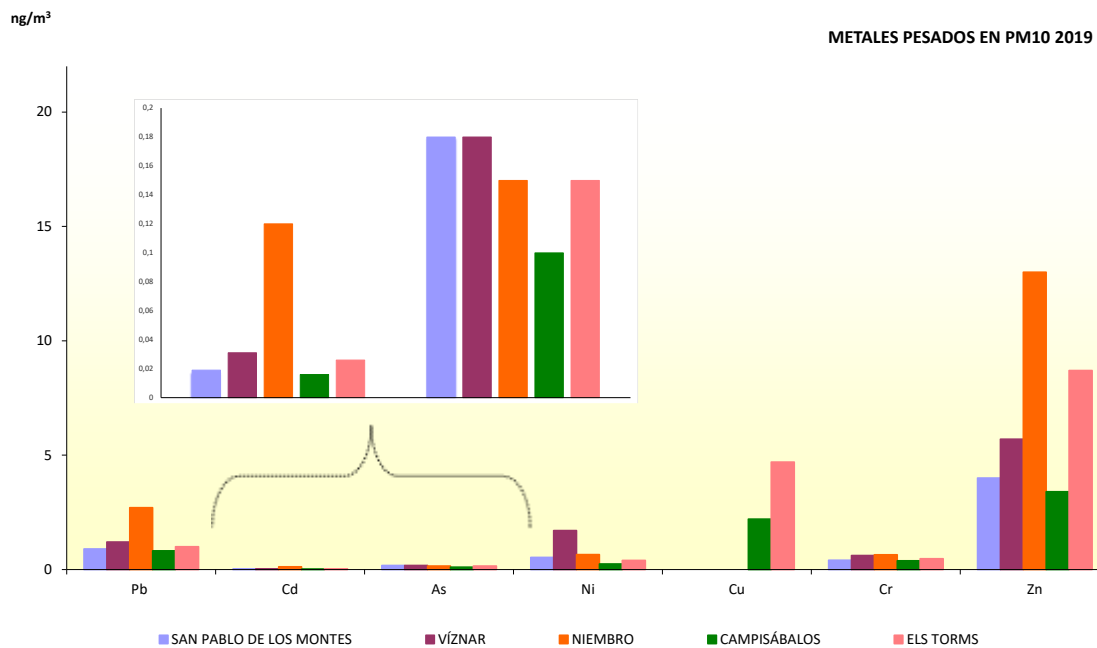


Figura 12. Metales en PM10 en la red EMEP/VAG/CAMP en el año 2019

Las mediciones de **metales en precipitación** se llevan a cabo en las estaciones de Niembro y de Campisábalos donde se analizan a partir de la muestra de lluvia recogida a lo largo de una semana. En Niembro, además, se mide el mercurio en precipitación (por la importancia para el cumplimiento del programa CAMP).

A continuación se muestran los valores medios anuales del depósito húmedo semanal en la siguiente tabla y en la gráfica. Los datos de esta tabla se obtienen a partir de las concentraciones medidas de metales en la precipitación recogida cada semana tras el análisis en el laboratorio y considerando el volumen recogido de la precipitación caída cada semana y el área del captador.

Para calcular el depósito húmedo semanal, los datos de concentración de cada metal (concentración semanal), que se miden en µg/l (el mercurio en ng/l), se multiplican por el volumen de precipitación recogida y se divide por el área del captador (m²) obteniendo el depósito diario de cada parámetro (µg/m²-semana o ng/m²-semana en el caso del mercurio). Posteriormente se realiza el cálculo anual dividiendo el sumatorio de todos los depósitos semanales entre el número de semanas del año, obteniendo la media anual del depósito húmedo semanal de metales.

ESTACIONES	Pb	Cd	As	Ni	Cr	Cu	Zn	Hg (ng/m ² -año)
	(µg/m ² -año)							
San Pablo de los Montes	0,9	0,019	0,18	0,53	-	0,41	4	-
Víznar	1,2	0,031	0,18	1,7	-	0,61	5,7	-
Niembro	2,7	0,12	0,15	0,65	-	0,64	13	-
Campisábalos	0,82	0,016	0,1	0,24	2,2	0,38	3,4	-
Els Torms	1	0,026	0,15	0,4	4,7	0,47	8,7	-



Niembro	30,0	1,1	3,3	64,5	35,6	191,5	828,7	228,1
Campisábalos	57,3	0,9	1,6	20,5	33,2	183,1	799,2	-

$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{-semana}$

DEPÓSITO MEDIO SEMANAL DE METALES PESADOS 2019

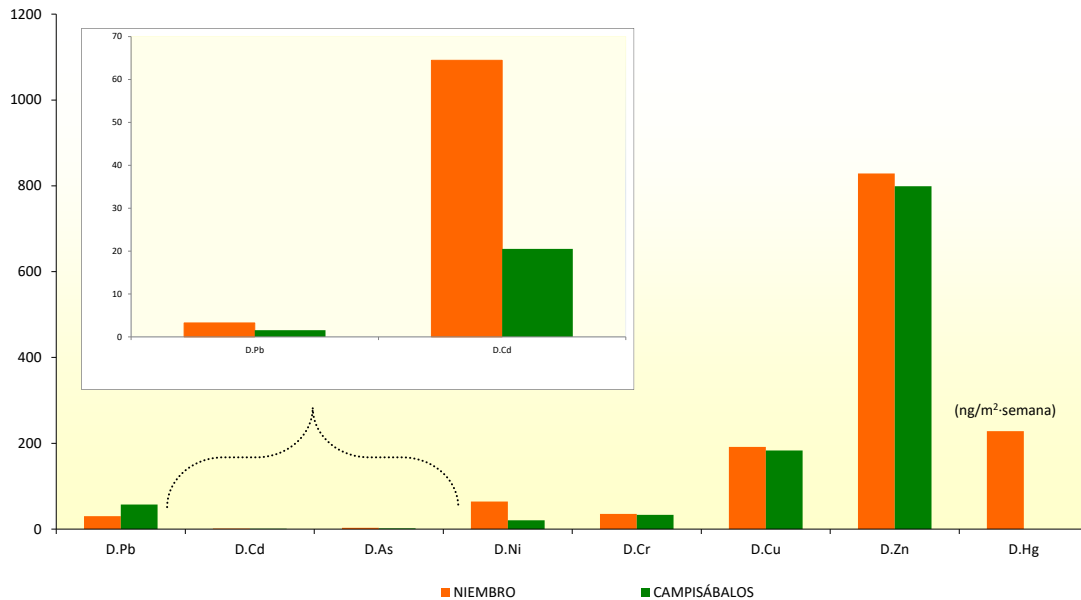


Figura 13. Depósito húmedo semanal de metales durante el año 2019

En el gráfico se han representado todos los valores en una gráfica general y además, se ha destacado en una ventana independiente el depósito húmedo de cadmio (Cd) y de arsénico (As) que tienen valores bajos y no se aprecian en la gráfica conjunta.

Además según establece el Real Decreto 102/2011 se realizan campañas de **metales en depósito total** en cinco estaciones de la red, en captaciones de un mes de duración en las estaciones de San Pablo de los Montes, Víznar, Niembro, Zarra y Els Torms, durante 4 meses no consecutivos, para eliminar la influencia de la estacionalidad.

Las mediciones de metales en depósito total (depósito húmedo + depósito seco) se realizan en un colector que siempre está abierto y el muestreo dura un mes. En este periodo se recoge el agua de lluvia cuando llueve y se produce depósito seco de material particulado el resto del tiempo. A partir del material muestreo (tanto seco como húmedo) se realiza un análisis de metales. El muestreo se ha realizado en meses repartidos en el año para procurar eliminar la componente estacional y que los datos se distribuyan homogéneamente a lo largo del año.

A continuación se muestran los datos de depósito total de metales y se observa que son bastante diferentes entre unos metales y otros y entre las estaciones.

ESTACIONES	Pb	Cd	Cr	As	Ni	Cu	Zn	Hg ($\text{ng}/\text{m}^2\text{-día}$)
	$(\mu\text{g}/\text{m}^2\text{-día})$							
San Pablo de los Montes	0,2	0,025	0,2	0,063	3,2	16	40	1,825
Víznar	0,82	0,028	0,2	0,05	0,96	6,6	35	5,8875
Niembro	0,45	0,12	0,72	21	2,8	8	53	8,33
Zarra	0,26	0,033	0,24	0,13	0,94	8,9	11	1,925

Els Torms	0,34	0,021	0,52	0,11	1,1	4	3,7	2,895
-----------	------	-------	------	------	-----	---	-----	-------

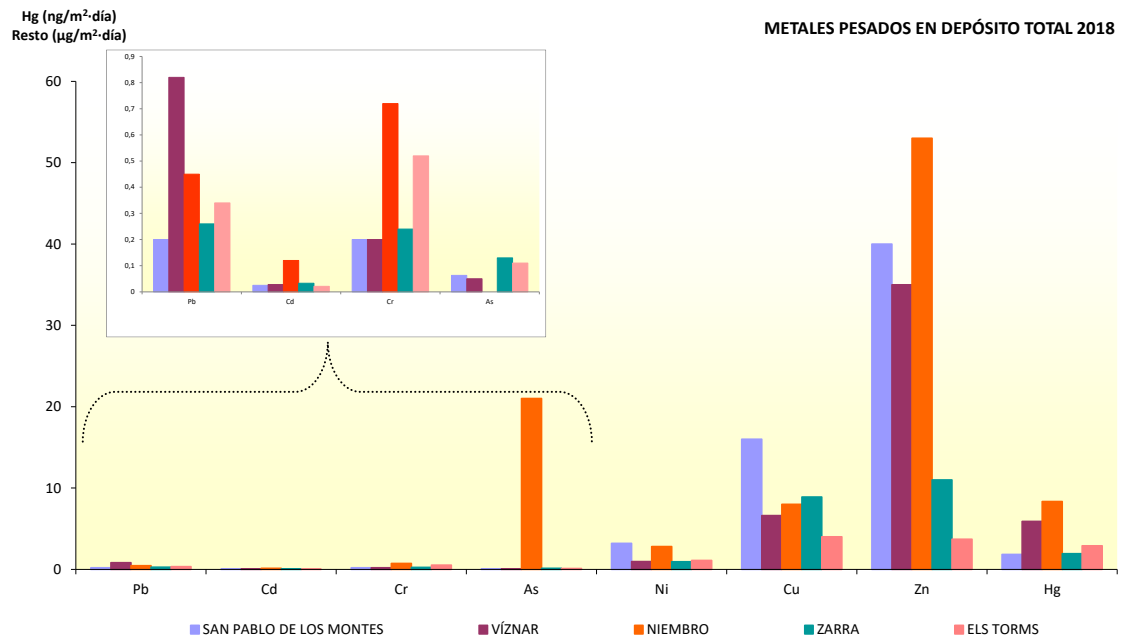


Figura 14. Datos de metales en depósito total en 2019

En el gráfico superior se han representado todos los valores en una gráfica general y además, se ha destacado en una ventana independiente aquellos compuestos que tienen valores bajos y no se aprecian en la gráfica conjunta. Aunque se ha representado el arsénico (As) no se ha incluido el valor de Niembro por ser mucho mayor que en el resto de estaciones y apreciarse bien su valor en la gráfica general.

Respecto al **mercurio gaseoso total**, sólo se realizan mediciones en continuo en la estación de Niembro ya que es un contaminante importante para el programa CAMP. El valor medio del año 2019 ha sido 0,57 ng/m³.

4.7. Hidrocarburos aromáticos policíclicos

En la red EMEP/VAG/CAMP se miden los hidrocarburos aromáticos policíclicos tanto en PM₁₀, como en depósito total.

En la estación de Niembro, se miden desde 2006 los **hidrocarburos aromáticos policíclicos** a partir de los filtros de **PM₁₀** de forma regular, una vez cada 6 días. Además, hasta el año 2014 se realizaron medidas indicativas en campañas para el cumplimiento del Real Decreto 102/2011 en San Pablo de los Montes, Mahón, Víznar, Niembro y Els Torms. En el año 2015 se tomó la decisión de realizar muestras compuestas. Se tomaron tres muestras diarias no consecutivas y se agregaron para realizar el análisis conjuntamente. Además, por motivos logísticos, se consideró necesario el traslado de las campañas de depósitos de HAP de la estación de Mahón a la estación de Zarra.

En 2015 sólo se contó con datos de HAP en PM₁₀ en Niembro y San Pablo de los Montes y los resultados mostraron que aun muestreando tres días, la cantidad recogida en los filtros en



ocasiones seguía sin ser significativa por lo que, desde el año 2016, se amplió el muestreo a 10 días no consecutivos al mes para obtener un dato conjunto en San Pablo de los Montes, Víznar, Niembro, Zarra y Els Torms.

Para medir el **depósito total de HAP** se utiliza el mismo método de muestreo que el visto en el apartado sobre metales (ver apartado 4.6).

Los datos de hidrocarburos aromáticos policíclicos en PM10 (ng/m³) en 2019 son los que se muestran a continuación:

ESTACIÓN	San Pablo de los Montes	Víznar	Niembro	Zarra	Els Torms
Naftaleno	0,002	0,001	0,004	0,002	0,002
Acenaftileno	0	0,002	0	0	0
Acenafteno	0,004	0,001	0,002	0,002	0,002
Fluoreno	0,000	0	0	0	0,001
Fenantreno	0,012	0,004	0,023	0,003	0,005
Antraceno	0,001	0,002	0,001	0	0,002
Fluoranteno	0,009	0,009	0,016	0,003	0,004
Pireno	0,006	0,013	0,010	0,003	0,004
Benzo_A_Antraceno	0,002	0,005	0,009	0,002	0,002
Criseno	0,008	0,014	0,019	0,003	0,007
Benzo_K_Fluoranteno	0,034	0,029	0,134	0,007	0,036
Benzo-B+J-Fluoranteno	0,133	0,086	0,351	0,014	0,126
Benzo_A_Pireno	0,010	0,010	0,032	0,006	0,008
Indeno_123_Cd_Pireno	0,044	0,036	0,140	0,004	0,036
Dibenzo_Ah_Antraceno	0,010	0,004	0,005	0,002	0,004
Benzo_Ghi_Perileno	0,028	0,031	0,108	0,004	0,022

En el gráfico a continuación se han representado todos los valores en una gráfica general y además, se ha destacado en una ventana independiente aquellos compuestos que tienen valores bajos y no se aprecian en la gráfica conjunta.

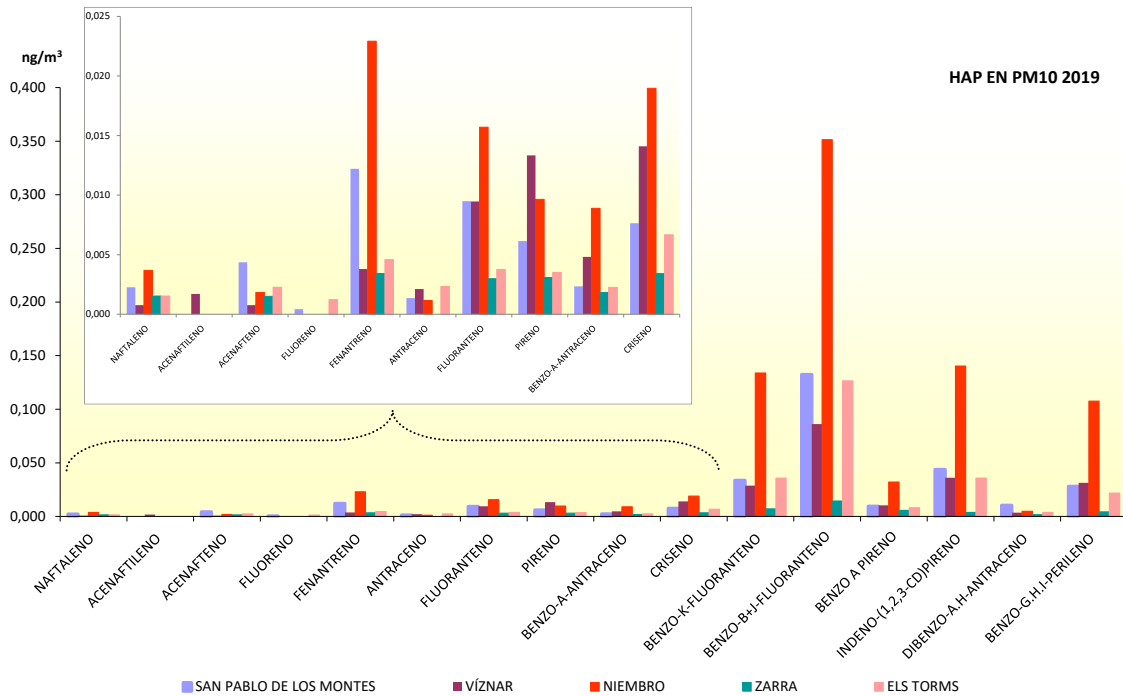


Figura 15. Datos de HAP en PM10 en el año 2019

Los datos de **depósito total de hidrocarburos aromáticos policíclicos** (ng/m²-día) en 2019 son los siguientes:

ESTACIÓN	San Pablo de los Montes	Víznar	Niembro	Zarra	Els Torms
Naftaleno	0,84	0,9	3,8	0,91	0,49
Acenaftileno	0	0	0	0	0
Acenafteno	0,21	0	0,32	0,039	6,2
Fluoreno	0,023	0,48	29	0,23	22
Fenantreno	0,35	0,46	2,4	0,32	0,03
Antraceno	0,059	0,0038	0,099	0	0,12
Fluoranteno	0,015	0,46	0,35	0,053	0
Pireno	0,011	0,51	0,62	0,075	0,01
Benzo_A_Antraceno	0	0,068	0,055	0,01	0,038
Criseno	0,034	0,26	0,34	0,023	0,088
Benzo_K_Fluoranteno	0,023	0,13	0,51	0,043	0,15
Benzo_A_Pireno	6,3	6,8	0,67	6,8	5,1
Indeno_123_Cd_Pireno	0	0,11	0	0	0
Dibenzo_Ah_Antraceno	0	0	0	0	0
Benzo_Ghi_Perileno	0	0,12	0	0	0
Benzo_B+J_Fluoranteno	0,03	0,32	0,21	0	0,078

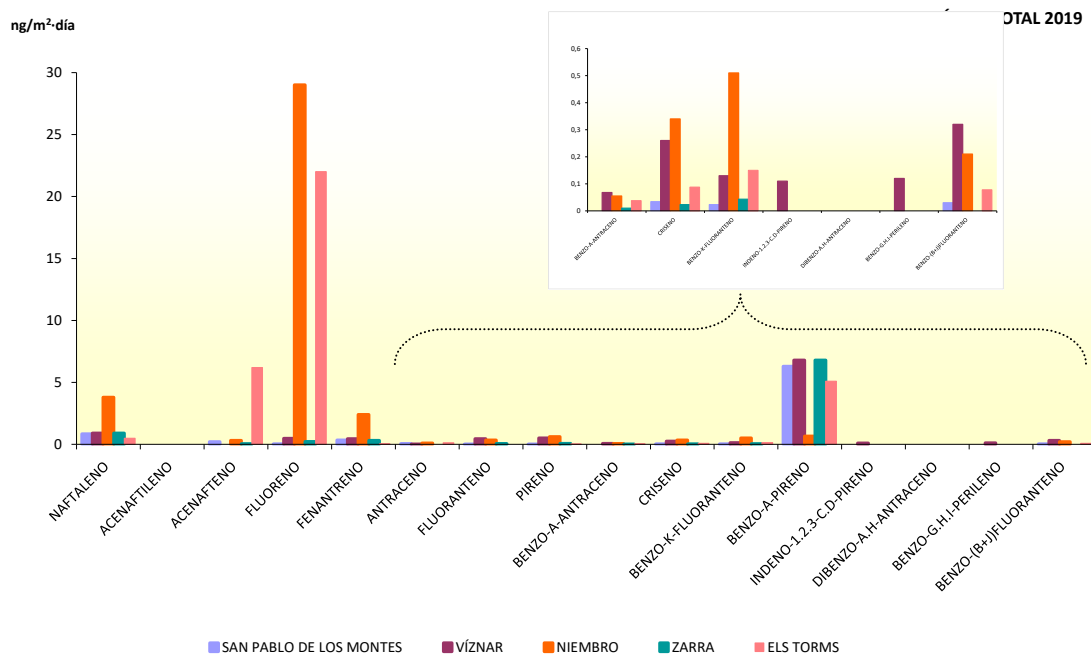


Figura 16. Datos de HAP en depósito total en el año 2019

En el gráfico se ha destacado en una ventana independiente aquellos compuestos que tienen valores bajos y no se aprecian en la gráfica conjunta.

4.8. Amoníaco

Se miden los niveles de NH₃ (gas) mediante tubos pasivos en muestras semanales (con la excepción de la estación de Víznar que se realizan los muestreos de forma quincenal) en cinco puntos de la red para dar una cobertura espacial completa en toda la península. Hasta 2012 sólo se medía en Niembro y Campisábalos, año en que comenzaron las mediciones de NH₃ en San Pablo de los Montes, en Víznar y en Els Torms. En la estación de Barcarrota se realizaron mediciones hasta el año 2014.

PERIODO	San Pablo de los Montes	Víznar	Niembro	Campisábalos	Els Torms
	(µg/m ³)				
ANUAL	1,96	1,36	1,07	0,82	3,82

Como para otros contaminantes nitrogenados que se han visto anteriormente, se detecta un valor de NH₃ para la estación de Els Torms superior que para el resto de estaciones y que se puede asociar a la actividad ganadera de la región, sin que pueda considerarse como una fuente de contaminación considerable que alterare su consideración como estación de fondo.

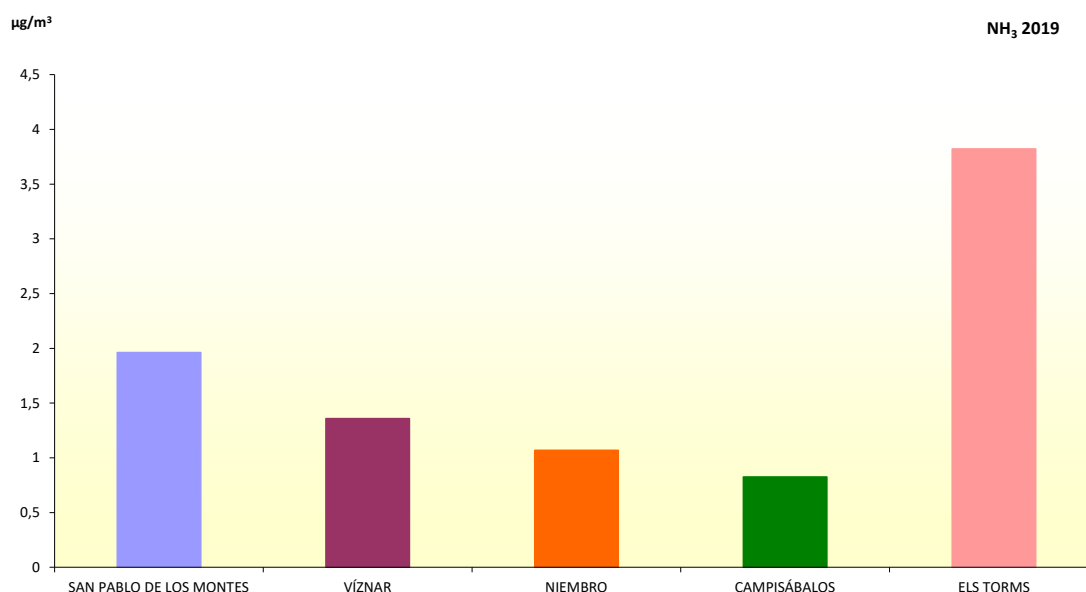


Figura 17. Datos de amoniaco en el año 2019

4.9. Compuestos foto-oxidantes (orgánicos y carbonílicos)

Los compuestos foto-oxidantes sólo se miden en San Pablo de los Montes. Hasta 2007 se medía en Campisábalos, pero al unificarse las dos redes se trasladaron las mediciones a San Pablo. En esta estación se miden compuestos orgánicos volátiles y compuestos carbonílicos.

Los compuestos orgánicos volátiles son compuestos cuyo origen puede ser antropogénico o biogénico (al ser emitido por la vegetación). Resulta de especial importancia al ser altamente reactivos y al interactuar con los óxidos de nitrógeno emitidos en ciudades y transportados a zonas rurales en la formación de oxidantes fotoquímicos (principalmente ozono troposférico) favorecidas por la presencia de luz solar. Esto es especialmente importante en las zonas donde se ubican las estaciones de la Red EMEP/VAG/CAMP.

Debido a la diversidad de especies vegetales en las zonas de las estaciones EMEP, resulta compleja la caracterización, la composición y la cantidad de COV y compuestos oxigenados (aldehídos y cetonas) de origen biogénico.

A continuación se muestran los datos de compuestos orgánicos volátiles y de compuestos carbonílicos en 2019 en forma de tablas y gráficas.

De todas las especies estudiadas, los COV que presentan mayores concentraciones son n-hexano, i-butano, tolueno, propeno, etano e isopreno.

En el caso de los compuestos carbonílicos, la mayor concentración corresponde a acetona+acroleína. Estas dos especies se dan conjuntamente porque no hay forma de distinguirlas en el análisis de laboratorio.



PARÁMETRO	SAN PABLO DE LOS MONTES (nmol/mol)
Etano	3,2
Eteno	2,8
Acetileno	0,17
Propano	2,4
Propeno	3,3
i-Butano	4,2
n-Butano	2,7
1-Buteno	0,19
Cis-2 Buteno	0,74
Trans-2 Buteno	0,094
Butadieno	0,33
i-Pentano	0,91
n-Pentano	0,79
1-Penteno	0,34
Trans-2 Penteno	0,081
n-Hexano	5
n-Heptano	0,59
n-Octano	0,28
Benceno	0,4
Tolueno	3,7
Isopreno	2,9

nmol/mol

COV EN SAN PABLO DE LOS MONTES 2019

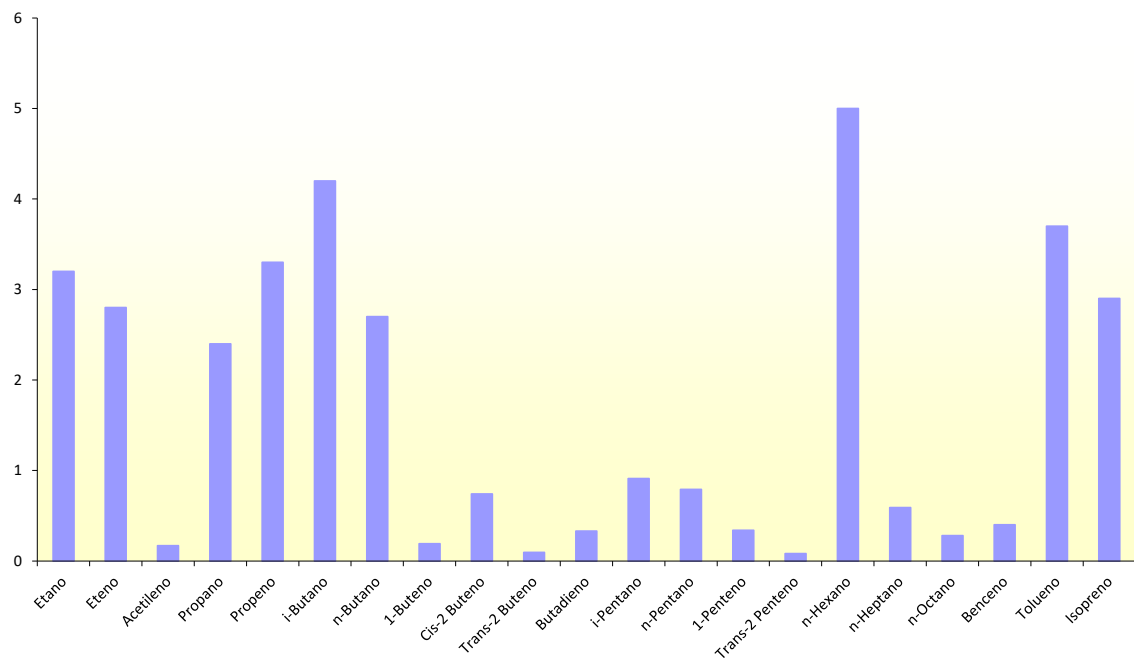


Figura 18. Datos de COV en el año 2019



PARÁMETRO	SAN PABLO DE LOS MONTES (ng/l)
Formaldehído	1,1
2-Butanona	0,65
Acetaldehído	0,89
Acetona+Acroleína	9,8
Benzaldehído	0,22
Crotonaldehído	0,12
Hexanal	0,2
Pentanal	0,54
Propanal	0,22
4-metil-benzaldehído	0,14
Metacroleína + Butanal	0,62

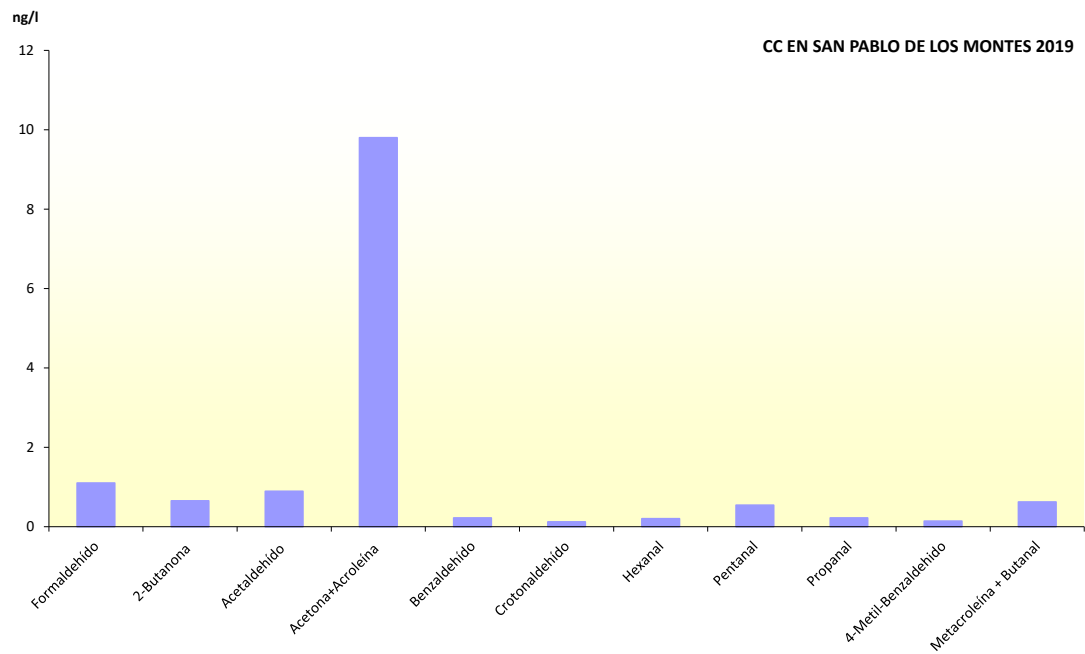


Figura 19. Datos de CC en el año 2019

5. Trabajos citados

Becerril-Valle, M., Coz, E., Prévôt, A., Mocnik, G., Pandis, S., Sánchez de la Campa, A., . . . Artiñano, B. (2017). Characterization of atmospheric black carbon and co-pollutants in. *Atmospheric Environment*, 36-53.