

CONAMA 2022

CONGRESO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

El benzo(a)pireno, un contaminante a considerar



Autor Principal: Yamila Bakali Ponce (Diputació de Barcelona)

Otros autores: David Casabona Fina (Diputació de Barcelona)

ÍNDICE

1. RESUMEN	2
2. ANTECEDENTES	3
2.1. Definición	3
2.2. Principales fuentes emisoras.....	3
2.1. Marco legislativo	5
3. LA EVOLUCIÓN DEL BENZO(A)PIRENO EN LOS ÚLTIMOS AÑOS	6
3.1. Europa	6
3.2. España	9
3.3. Cataluña.....	11
4. ESTUDIOS REALIZADOS EN LA PROVINCIA DE BARCELONA.....	12
4.1. Estudios de inmisi3n.....	12
4.2. Estudios de emisiones	19
5. CONCLUSIONES	21
6. BIBLIOGRAFÍA.....	23

1. RESUMEN

Los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) son un grupo de más de 100 compuestos químicos que surgen como productos secundarios durante los procesos de combustión incompleta del carbón, petróleo, gas, madera y otras sustancias orgánicas. El benzo(a)pireno (BaP) se utiliza como indicador de la presencia de HAPs en la atmósfera, siendo el único que tiene un valor objetivo en las directivas de la calidad del aire. Este contaminante ha sido clasificado por la Agencia Internacional de Investigación del Cáncer (IARC) como agente cancerígeno.

En los últimos años ha habido un notable aumento de instalaciones domésticas e industriales de calderas asociadas a la biomasa, esta tendencia podría acentuarse por la situación actual del incremento en los precios del gas y electricidad. Según los informes anuales de la Agencia Europea del Medio Ambiente (AEMA), en Europa central y oriental existe un incremento de las concentraciones de material particulado y de BaP, debido principalmente a la quema de combustibles sólidos, como el carbón y la biomasa para calefacción doméstica y el uso de combustibles fósiles en la industria. Este contaminante se encuentra entre los que presenta un mayor porcentaje de población expuesta a concentraciones del aire por encima de los niveles de referencia de la UE (un 17%) y de la OMS (un 66%) en el año 2020.¹

Cabe destacar que se trata de un contaminante muy estacional, en el que las concentraciones más elevadas se observan en invierno. Normalmente esto es debido al aumento de las emisiones de combustión, a la menor altura de la capa de mezcla y a la reducción de la degradación fotoquímica de los HAPs.²

Desde el año 2014 la Diputación de Barcelona realiza estudios de niveles de BaP en aire, en los que la concentración se determina a través del análisis de los filtros de partículas PM10. En la mayoría de los estudios los filtros se han captado entre noviembre y febrero, coincidiendo con el período de bajas temperaturas. Se han analizado un total de 351 muestras para 18 estudios, en los que se ha obtenido unas concentraciones promedias entre 0,06 y 4,37 ng/m³. Para considerar el promedio anual se ha realizado una estimación siguiendo la tendencia observada en las estaciones de la Red de Vigilancia y Previsión de la Contaminación Atmosférica de Cataluña (XVPCA) a lo largo del año.

Por otro lado, en el año 2016 se realizó un estudio sobre emisiones de partículas y de BaP en 7 instalaciones de calderas municipales de biomasa con una potencia nominal media de 300kW. Este estudio fue un autoanálisis voluntario para conocer las emisiones reales de las propias calderas, teniendo en cuenta que ninguna normativa exige un control periódico de emisiones de este tipo de instalaciones. Se establecieron 2 condiciones de funcionamiento y se realizaron 14 muestreos, obteniendo valores un valor máximo de 1,83 µg/Nm³ en la fase particulada.

Palabras clave.

Benzo(a)pireno, biomasa, contaminación, calidad del aire, salud.

¹ (European Environment Agency, 2022)

² (Alastuey et al., 2022)

2. ANTECEDENTES

2.1. Definición

Los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) son componentes de combustibles fósiles y productos primarios de la combustión incompleta de cualquier material orgánico, como la quema de biomasa y de carbón, la combustión de la gasolina y diésel y el humo del tabaco. El BaP pertenece al grupo de los HAPs, está formado por cinco anillos de benceno y su fórmula química es $C_{20}H_{12}$. Se produce en la combustión incompleta de compuestos orgánicos a temperaturas entre 300 y 600°C³. El punto de fusión es de 179 °C y el punto de ebullición es de 495°C.

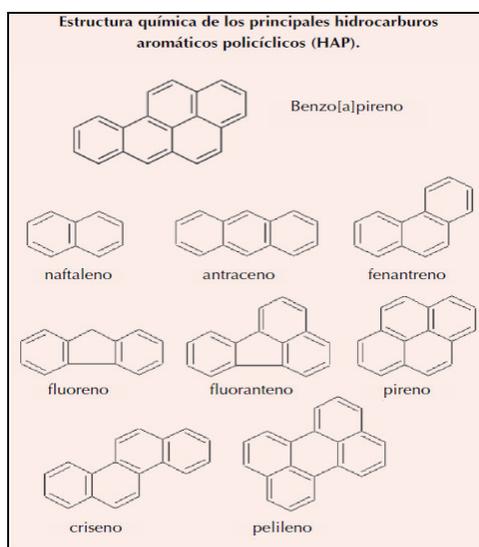


Figura 1. Los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP)
(Fuente: Fundación para la Prevención de Riesgos Laborales. 2010)

El BaP es el único HAP clasificado como cancerígeno en el grupo 1 según la IARC⁴, por lo que no existe una concentración máxima de seguridad por la cual no se produzcan efectos adversos para la salud. Además, el BaP puede causar erupciones en la piel, sensación de quemazón, cambios en el color de la piel, verrugas y bronquitis.

2.2. Principales fuentes emisoras

Existe una exposición de la población al BaP a través del aire, del agua, del suelo, alimentos, el humo del tabaco, etc. En aire, las principales fuentes de HAP son la calefacción residencial y comercial con leña, carbón y biomasa, ya que las calefacciones de petróleo y gas emiten concentraciones más bajas de HAPs. Otras fuentes son los vehículos de motor, las industrias y

³ (Consejería de Transición Ecológica, 2022)

⁴ (International Agency for Research on Cancer. World Health Organization, 2022)

EL BENZO(A)PIRENO, UN CONTAMINANTE A CONSIDERAR

los incendios forestales⁵. Según el informe de la AEMA, el BaP es un contaminante cancerígeno emitido principalmente por la combustión de carbón y biomasa para calefacción y, en menor medida, por la combustión de residuos agrícolas.

En el caso de la biomasa, los principales contaminantes que se emiten en la combustión son las partículas, el monóxido de carbono, los óxidos de nitrógeno y los compuestos orgánicos. Se considera que los más problemáticos para el aire ambiente son las partículas y los compuestos orgánicos. Las partículas son unos de los contaminantes atmosféricos que más preocupa desde el punto de vista de la salud de las personas, debido a sus efectos nocivos. Las partículas con diámetro aerodinámico inferior a 10 micras (PM10) penetran en vías respiratorias y afectan a la salud de las personas si se encuentran en concentraciones elevadas. La población infantil, embarazadas, personas con problemas de salud y personas mayores son grupos de riesgo.

Por otro lado, es importante cuantificar las emisiones generadas a partir de inventarios de emisiones, factores de emisión y modelizaciones. En la aplicación de los factores de emisión se considera la tecnología y el tipo de combustible empleado. Sin embargo, como se puede observar en el cuadro 1, existe una gran variabilidad del factor de emisión según la referencia considerada.

Cuadro 1. Factor de emisión para el benzo(a)pireno, en mg/GJ (Small combustion)

	Technology	Wood	Benzo(a)-pyrene	Benzo(b)-fluoranthene	Benzo(k)-fluoranthene	Indeno(1,2,3-cd)pyrene
Goncalves et al., 2012	Fireplace	logs (and briquettes)	1.4-43.6	-	-	0.8-21.5
Pettersson et al., 2011	Stove	Wood logs	610 (16-2400)	680 (30-2500)	250 (9.3-1000)	35 (1.4-120)
Goncalves et al., 2012	Wood stove	split logs (and briquettes)	4-24.4	-	-	1.8-15.5
Tissari et al., 2007	Stove	Wood logs	-	13	13	8 (11-874)
Hedberg et al., 2002	Soapstone stove	Birch wood logs	197 (11-874)	333 (16-1421)	<5	197 (11-710)
Pettersson et al., 2011	Stove	Wood logs	88 (16-300) ¹⁾	150 (30-500) ¹⁾	51 (9.3-160) ¹⁾	77 (13-240) ¹⁾
US EPA (1996), AP-42 Chapter 1.10	Wood stove, conventional	-	111	167	56	-
Glasius et al., 2005	Wood stoves >4 years old	Wood logs	48	24	46	27
Gullett et al., 2003	Woodstove, steel, lined	Wood logs	29	19	23	7
Gullett et al., 2003	Fireplace	Wood logs	23	16	18	13
Paulrud et al., 2006	Stove	-	40 (5-180)	10-170	5-20	10-110
Paulrud et al., 2006	Fireplace with inset	-	40 (5-270)	5-20	5-10	5-20
Johansson et al., 2003a	Boilers, not ecolabelled	Wood logs	151 (2-230)	160 (2-280)	50 (2-44)	52 (14-110)
Todorovic et al., 2007	Boilers	-	20-230	-	-	-
Tissari et al., 2007	Several (with heat storage)	Wood logs	8-775	3-290	2-234	1-476
Lamberg et al., 2011	Modern masonry heater	Wood logs	1.7	2.4	0.3	0.6
Glasius et al., 2005	Wood stoves < 3 years old	Wood logs	8	5	8	4
Johansson et al., 2003a	Boilers, ecolabelled	Wood logs	6 (<1-20) ¹⁾	10 (2-30) ¹⁾	3 (1-9) ¹⁾	5 (<1-20) ¹⁾
Boman et al., 2011	Two pellet boilers.	Pellets	0.0022-16	-	-	<0.0002-1.1
Johansson et al., 2004	Pellet boilers	Pellets	16 (<1-120)	21 (<1-140)	7 (<1-44)	12 (<1-86)
Lamberg et al., 2011	Pellet boiler	Pellets	0.00197	0.00197	<0.00197	<0.00197
Todorovic et al., 2007	Boilers	Pellets	1	-	-	-

1) Cold start not included

(Fuente: EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2013)⁶

⁵ (IARC, 2010)

⁶ (European Environment Agency, 2013)

En el caso de combustibles sólidos las emisiones son notablemente más elevadas que en combustibles líquidos y gaseosos. Como se puede observar en el cuadro 2, los distintos factores de emisión en partículas PM10 y BaP varían notablemente según el combustible utilizado, siendo más elevado para la biomasa y el carbón.

Cuadro 2. Factor de emisión según el tipo de combustible (Small combustion)

Combustible	Sector doméstico		Sector institucional o comercial	
	PM10 ^(1 y 2) (g/GJ)	BaP ⁽²⁾ (mg/GJ)	PM10 ^(1 y 2) (g/GJ)	BaP ⁽²⁾ (mg/GJ)
Gas natural y GLP	1,2	0,0006	0,78	0,0007
Gasoil y Fueloil	1,9	0,08	20	0,0019
Biomasa	760	120	143	10
Carbón	404	230	117	45,5

⁽¹⁾ Fuente: Guía de cálculo de emisiones de contaminantes a la atmósfera 2013. Generalitat 2014.

⁽²⁾ Fuente: EMEP/EEA emission inventory guidebook 2013.

2.1. Marco legislativo

El BaP es el único HAP que tiene valor objetivo de la calidad del aire. El límite legal anual del BaP es ocho veces superior a la recomendación de la AEMA, en base a los estudios de la OMS.

El **Real Decreto 102/2011**⁷ y su última modificación RD 39/2017, relativo a la mejora de la calidad del aire, incorpora la Directiva 2008/50/CE y Directiva 2004/107/CE, donde se establecen los valores de referencia legislados para el BaP.

Las guías de la calidad del aire para Europa redactadas por la **Organización Mundial de la Salud** (OMS), Air Quality Guidelines for Europe, 2on Edition (WHO, 2000)⁸, establecen unos valores que recomiendan no superar.

Cuadro 3. Valor objetivo (VO) y de referencia del benzo(a)pireno en condiciones ambientales

	Período	Valor	Fecha de cumplimiento
Valor objetivo anual (RD102/2011)	1 año civil	1 ng/m ³	1/1/2013
Nivel de referencia anual (OMS)	1 año civil	0,12 ng/m ³ (*)	-

(*) Nivel de referencia estimado (0,12 ng /m³) considerando un riesgo unitario de la OMS (OMS, 2010) para el cancer de pulmón por las mezclas de HAPs y un riesgo aceptable de 1/100.000 (ETC / ACM, 2011).

(Fuente: RD102/2011 y OMS)

⁷ (Real Decreto 102/2011)

⁸ (World Health Organization, 2000)

En referencia a las emisiones de BaP, el Reglamento (UE) 2015/1189⁹ sobre calderas con potencia nominal ≤ 500 kW, indica que el fabricante debe especificar las emisiones estacionales de partículas, COG, CO y NOx para cada combustible que el fabricante considere que pueda utilizar en la caldera. Las emisiones estacionales son el promedio ponderado de las emisiones en la potencia nominal y de las emisiones al 30% de la potencia nominal.

Los siguientes valores se refieren a emisiones normalizadas para un gas de combustión seco al 10% de oxígeno y en condiciones normales de temperatura y de presión, 0°C y 1.013 mbar.

Cuadro 4. Factor de emisión según el tipo de combustible

Contaminante	Valores límite para calderas (mg/m ³)	
	Alimentación automática	Alimentación manual
Partículas	40	60
Compuestos orgánicos gasosos	20	30
Monóxido de carbono	500	700
Óxidos de nitrógeno (calderas biomasa)	200	200
Óxidos de nitrógeno (calderas combustibles sólidos)	350	350

(Fuente: Reglamento (UE) 2015/1189)

En ningún caso, ni para potencias superiores, se establece la necesidad de realizar mediciones de las emisiones de BaP. En Cataluña, en instalaciones de combustión de biomasa con potencia nominal superior a 500kW es de aplicación la Instrucción Técnica del Servicio de Vigilancia y Control del Aire IT-AT-012 (junio 2017).

3. LA EVOLUCIÓN DEL BENZO(A)PIRENO EN LOS ÚLTIMOS AÑOS

3.1. Europa

Muchas zonas de la Unión Europea presentan problemas a causa de este contaminante. La exposición a la contaminación por BaP está muy extendida, especialmente en Europa Central y del Este. Una cuarta parte de la población urbana de la UE-28 estuvo expuesta a concentraciones de BaP por encima del valor objetivo en 2013 y hasta el 91 % de esta población estuvo expuesta a concentraciones de BaP por encima del nivel de referencia estimado, que se basa en las cifras de riesgo de la OMS¹⁰.

En el año 2020 las concentraciones más altas se encontraron en el Este de Europa (figura 2), zonas que utilizan el carbón y otros combustibles sólidos para la calefacción residencial. Se registró que 11 de los 27 países con datos disponibles tuvieron valores superiores a 1,0 ng/m³,

⁹ (Reglamento (UE) 2015/1189)

¹⁰ (European Environment Agency, 2022)

EL BENZO(A)PIRENO, UN CONTAMINANTE A CONSIDERAR

siendo el 27 % del total de las estaciones de control disponibles, las cuales fueron un 79% urbanas y un 15% suburbanas¹¹.

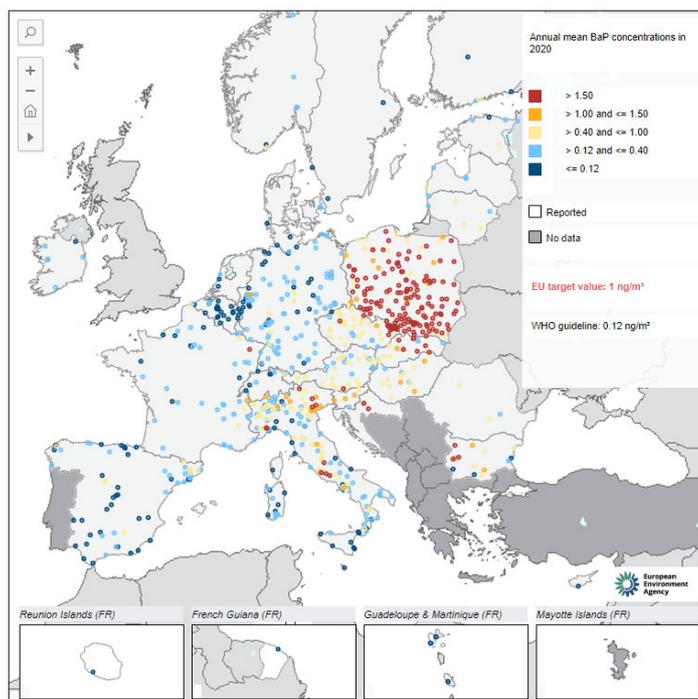


Figura 2. Concentraciones de BaP en 2020

(Fuente: <https://www.eea.europa.eu/publications/status-of-air-quality-in-Europe-2022>)

El BaP se considera uno de los cuatro contaminantes más relevantes en Europa en términos de exposición de la población a concentraciones por encima de los estándares de la UE, junto con PM, NO₂ y ozono¹². En general, existe una escasa cobertura de estaciones de medición comparado con otros contaminantes, tal y como se puede ver en el cuadro siguiente.

Cuadro 5. Estadística de puntos de medida y superaciones de valores legislados en la UE (2020)

Contaminante	Número de estaciones con datos UE-27	Valor límite (VL) o valor objetivo (VO)	% Estaciones con valores superiores al VL o VO	Países con estaciones con valores superiores al VL o VO	Estaciones con datos en España
PM10	3101	VL diario 50 µg/m ³	16%	15	450
PM2,5	1710	VL anual 25 µg/m ³	2%	3	240
NO ₂	3333	VL anual 40 µg/m ³	2%	7	494
O ₃	2124	VO diario 8h 120 µg/m ³	14%	15	410
BaP	767	VO anual 1ng/m³	27%	11	70

(Fuente: EEA, 2022. Status report of air quality in Europe for year 2020, using validated data)

¹¹ (Targa, 2022)

¹² (Guerreiro et al., 2015, EEA, 2020).

EL BENZO(A)PIRENO, UN CONTAMINANTE A CONSIDERAR

A continuación, se muestra el mapa de concentración de BaP en 2019, mapa fusionado de fondo rural y urbano utilizando estaciones de pseudoBaP en áreas con poca cobertura de datos de BaP.

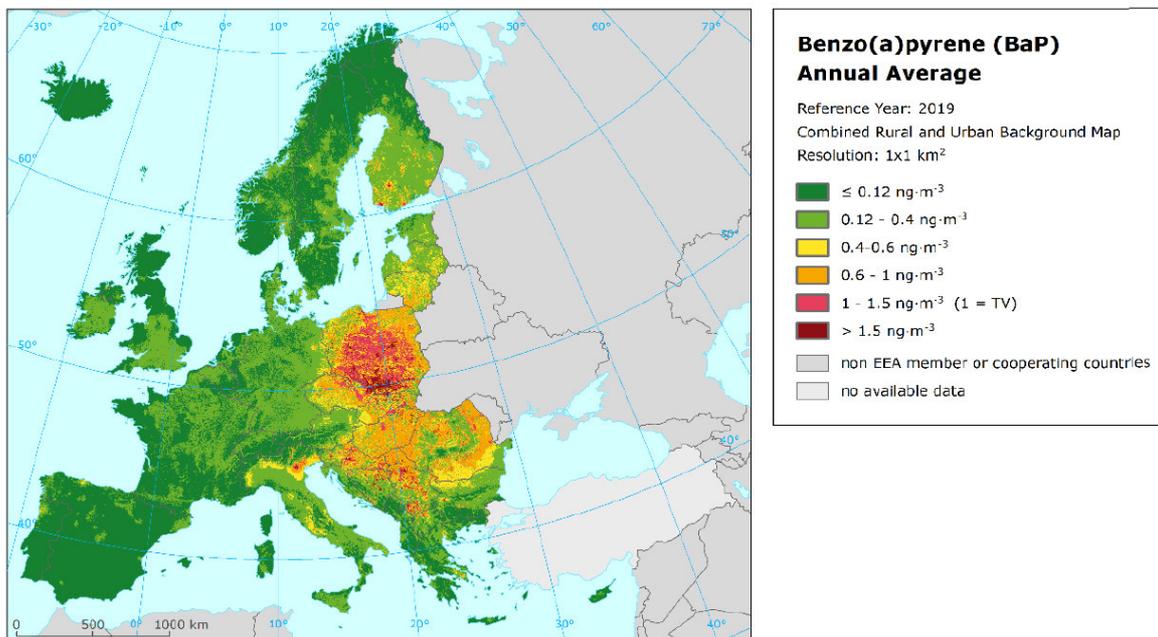


Figura 3. Mapa de concentración del promedio anual de BaP, 2019
(Fuente: EEA,2021. Benzo(a)pyrene (BaP) annual mapping)¹³

Respecto al nivel recomendado por la OMS de $0,12\text{ng}/\text{m}^3$, en el año 2020 todos los países excepto Chipre, Malta y Suecia obtuvieron al menos 1 estación con concentraciones por encima del valor guía. En tan sólo el 20% de las estaciones se obtuvo una concentración anual por debajo del valor de referencia.

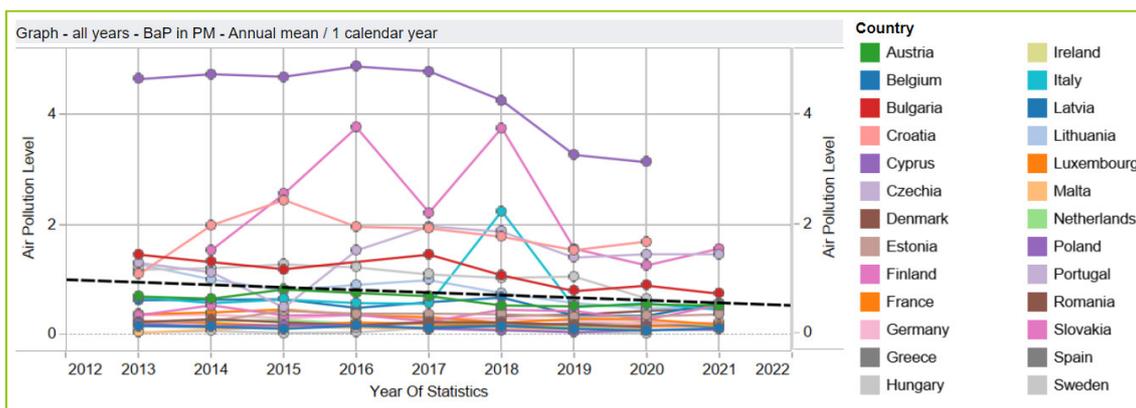


Figura 4. Evolución de las concentraciones medias anuales de BaP por país
(Fuente: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/dashboards/air-quality-statistics>)

En la evolución del contaminante a lo largo de los años en Europa, en general, se observa una tendencia a la reducción de las concentraciones de BaP en los diferentes países (figura 4 y 5).

¹³ (Horálek, 2021)

EL BENZO(A)PIRENO, UN CONTAMINANTE A CONSIDERAR

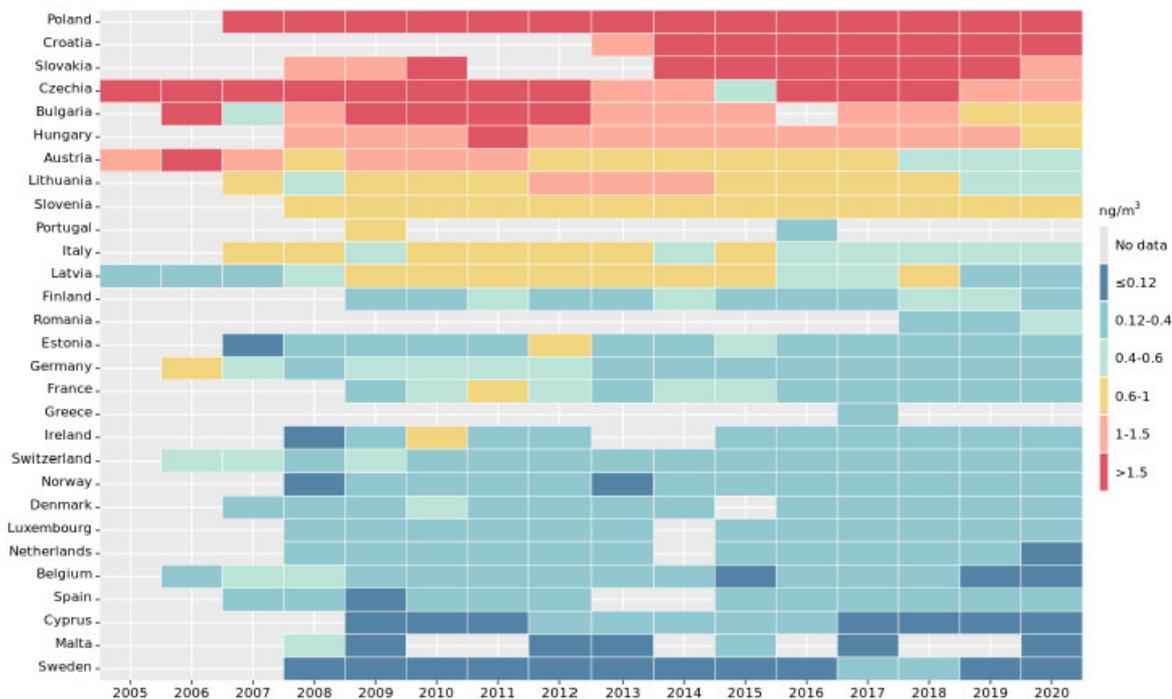


Figura 5. Evolución de las concentraciones medias anuales de BaP por país
(Fuente: EEA,2022. Status report of air quality in Europe for year 2020, using validated data)

3.2. España

En el caso de España, a partir de los datos de la AEMA¹⁴ entre el año 2015 y 2021, se observan 7 estaciones con medias anuales de BaP por encima del valor objetivo de 1,00 ng/m³. En el año 2013 se dio una superación del VO, con un valor medio anual de 1,83ng/m³ en la estación de Manlleu, zona de la plana de Vic. El estadístico de la AEMA muestra una evolución de los registros de BaP en las estaciones de control de España durante los últimos años.

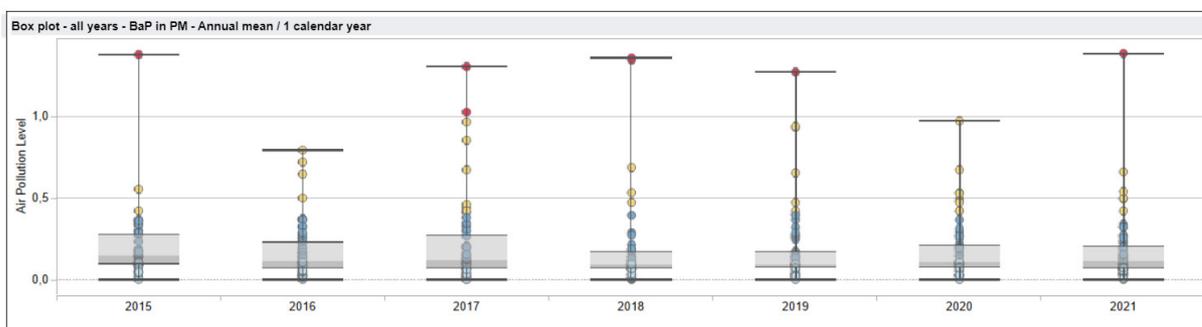


Figura 6. Evolución de las concentraciones medias anuales de BaP en España (2015-2021)
(Fuente: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/dashboards/air-quality-statistics>)

¹⁴ (Datos estadísticos Agencia Europea de Medio Ambiente, web: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/dashboards/air-quality-statistics>.)

EL BENZO(A)PIRENO, UN CONTAMINANTE A CONSIDERAR

A partir de los datos de la AEMA, se observa que se obtuvieron 7 concentraciones entre 1,00 y 1,50 ng/m³ en los últimos 7 años en España: 2015 (Manlleu: 1,39ng/m³), 2017 (Manlleu: 1,03ng/m³, Avilés: 1,31 ng/m³), 2018 (A Coruña: 1,4 ng/m³, Avilés: 1,4 ng/m³), 2019 (Avilés: 1,28 ng/m³) y 2021 (Villanueva del Arzobispo: 1,389 ng/m³).¹⁵

Sin embargo, el informe de Evaluación de la Calidad del Aire de 2021¹⁶ indica que no se ha repetido la superación registrada en 2013 en la estación de Manlleu (figura 7).



Figura 7. Evolución de las zonas de calidad del aire respecto al VO de BaP (2011-2021)

(Fuente: Evaluación de la calidad del aire en España (año 2021).
Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico)

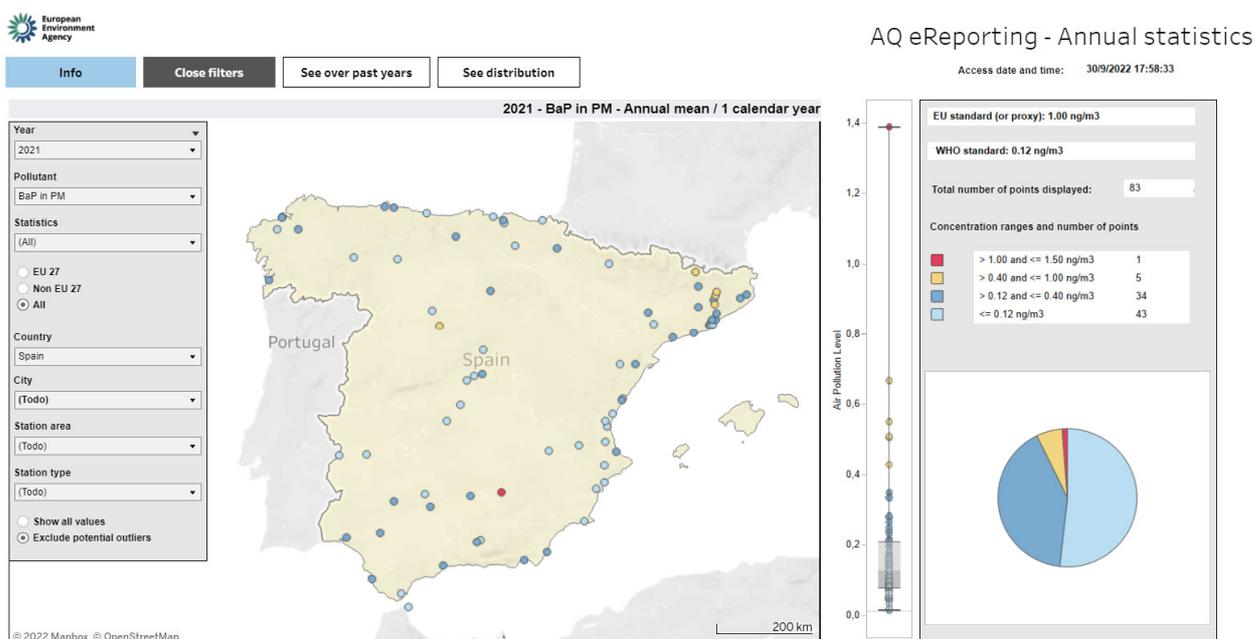


Figura 8. Estadístico anual de los valores de BaP en las estaciones de España 2021

(Fuente: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/dashboards/air-quality-statistics>)

¹⁵ (European Environment Agency, 2022)

¹⁶ (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2021)

3.3. Cataluña

A nivel de Cataluña, según el informe de la calidad del aire en España se detectó una superación del VO de BaP en 2013 en la estación de Manlleu (Plana de Vic), en el que se indica que podría estar relacionada con el desarrollo progresivo en toda la zona del aprovechamiento energético de la biomasa, al constituir su combustión una de las fuentes principales de formación de los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) que circulan adsorbidos a las PM10¹⁷.

En el año 2021, el anuario de la calidad del aire en Cataluña¹⁸ presenta los valores de BaP de 25 estaciones de control distribuidas en 15 zonas de calidad del aire, el valor más elevado ha sido Manlleu, con una concentración anual de BaP de 0,66 ng/m³, seguido por Bellver de Cerdanya, con un valor de 0,50 ng/m³. Cabe destacar que, en la ciudad de Barcelona, las 8 estaciones de medida tienen valores entre 0,06 y 0,12ng/m³.

La estación de Manlleu es la única de Cataluña que ha superado durante 3 años (2013, 2015 y 2017) el valor objetivo:

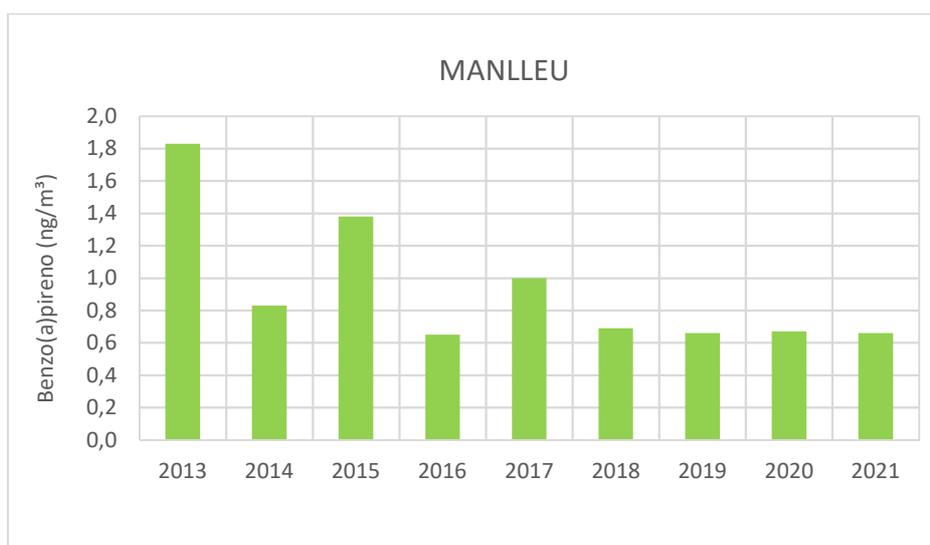


Figura 9. Valor del promedio anual de benzo(a)pireno en todos
(Fuente: Generalitat de Catalunya)

Por otro lado, en la provincia de Barcelona se ha realizado la comparativa entre los puntos de medición de BaP y de PM10. En la regresión lineal no se observa ninguna correlación entre ambos contaminantes.

¹⁷(Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2022)

¹⁸(Direcció General de Qualitat Ambiental i Canvi Climàtic. Generalitat de Catalunya., 2022)

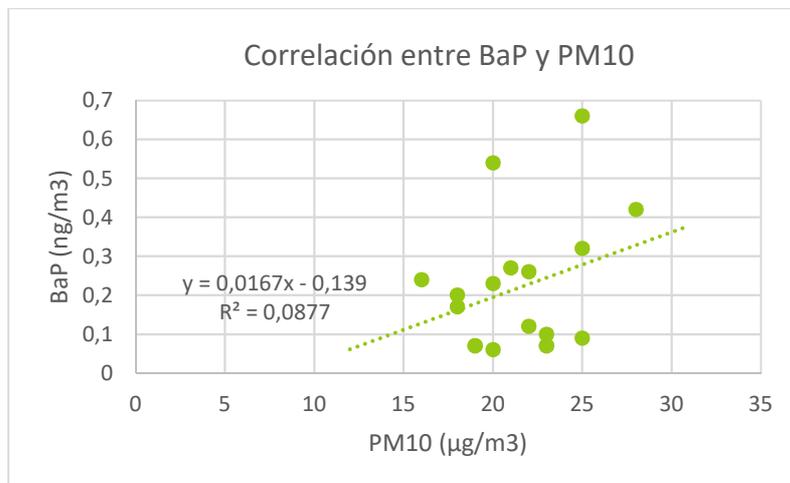


Figura 10. Correlación entre BaP y PM10 en la provincia de Barcelona (2021)
(Fuente: Elaboración propia, Diputació de Barcelona)

Además en la distribución anual se observa que no hay correlación, ya que los niveles de BaP disminuyen en la época de verano y sin embargo, las partículas no presentan esta evolución.

4. ESTUDIOS REALIZADOS EN LA PROVINCIA DE BARCELONA

4.1. Estudios de inmisi3n

Des del a3o 2014 la Diputaci3n de Barcelona realiza estudios de inmisi3n del BaP en algunos puntos del territorio, a petici3n de los municipios. Se han realizado 18 estudios en los que se han analizado un total de 351 muestras.

Metodología

El BaP se analiza a partir de los filtros de partculas PM10, en el que el m3todo de referencia para su muestreo y determinaci3n es el m3todo manual que describe la norma UNE-EN 12341:2015¹⁹. La concentraci3n de partculas PM10 se obtiene mediante determinaci3n gravim3trica.

¹⁹ (UNE-EN 12341:2015 Aire Ambiente. M3todo de Medici3n Gravim3trico Normalizado Para La Determinaci3n de La Concentraci3n M3sica PM10 o PM2,5 de La Materia Particulada En Suspensi3n, 2015)

EL BENZO(A)PIRENO, UN CONTAMINANTE A CONSIDERAR

Para el análisis de BaP se utilizan los filtros captados con el captador de alto volumen secuencial (CAV-s). El método de referencia para la medida de BaP en aire ambiente es el que describe la norma UNE-EN 15549:2008²⁰ de calidad del aire.

Resultados

A continuación, se presentan los resultados de los estudios realizados, con el número de filtros analizados, el promedio de todas las muestras, así como el valor mínimo y máximo diario por estudio.

Cuadro 7. Resultados de los estudios de inmisión realizados por la Diputación de Barcelona

Municipio	Período estudio	Filtros analizados	Promedio resultados (ng/m ³)	Valor máximo (ng/m ³)	Valor mínimo (ng/m ³)
Sant Salvador de Guardiola	03/2014 - 06/2014 12/2014 - 03/2015	13	0,22	0,57	< 0,01
Vilafranca del Penedès	01/2016 - 06/2016	10	0,12	0,32	< 0,05
Caldes de Montbui	12/2016 - 02/2017	19	0,39	1,07	< 0,05
Sant Cugat del Vallès	02/2017 - 05/2017	10	0,06	0,13	0,02
Matadepera	01/2018 - 03/2018	6	0,27	0,41	0,18
Prats de Lluçanès	01/2019 - 03/2019	10	0,20	1,00	0,05
Sant Salvador de Guardiola	09/2019 - 12/2019	17	0,18	0,51	< 0,08
Sant Celoni	12/2019 - 02/2020	14	0,20	0,45	< 0,06
Cardedeu	01/2020 - 03/2020	14	0,37	1,10	< 0,06
Balsareny	11/2020 - 02/2021	27	1,30	2,70	< 0,08
Casserres	12/2020 - 02/2021	28	3,71	7,23	0,61
Navàs	12/2020 - 02/2021	28	2,90	7,34	0,53
El Papiol	02/2021 - 04/2021	12	0,15	0,36	< 0,08
Vic	11/2021 - 01/2022	25	4,37	19,23	1,29
Puig-Reig	11/2021 - 02/2022	18	4,26	15,3	0,62
Casserres	12/2021 - 01/2022	49	2,42	7,90	0,74
Sant Boi de Llobregat	12/2021 - 02/2022	21	0,63	1,12	0,13
Sant Salvador de Guardiola	01/2022 - 03/2022	30	0,30	0,78	< 0,08

(Fuente: Elaboración propia, Diputació de Barcelona)

De los resultados obtenidos de las muestras realizadas, la muestra que presenta un nivel de concentración de BaP más elevado alcanza 19,23 ng/m³ y contrariamente la que tiene un valor mínimo estaría por debajo del límite de cuantificación.

²⁰ (UNE-EN 15549:2008 Calidad Del Aire. Método Normalizado Para La Medición de La Concentración de Benzo(a)Pireno En El Aire Ambiente., 2008)

También cabe destacar que no se observa ninguna correlación entre los niveles obtenidos de PM10 y de BaP.



Figura 11. Muestreo con captador secuencial de alto volumen
(Fuente: Diputació de Barcelona)

En algunos estudios realizados durante las épocas de invierno 2020/21 y 2021/22 se han obtenido valores elevados. La legislación establece un valor objetivo anual y las muestras de estos estudios son representativas de 2 o 3 meses.

Criterio de extrapolación de los datos de los estudios a lo largo del año

Con la finalidad de conocer la evolución de este contaminante a lo largo del año, se estudia la tendencia anual de BaP en las estaciones de la Red de Vigilancia y Previsión de la Contaminación Atmosférica de Generalitat de Catalunya (XVPCA), con valores más elevados durante los últimos 6 años, entre 2015 y 2020 (ver anexo), de las 27 estaciones de medición de BaP existentes.

Se consideran las estaciones de Manlleu y de Bellver de Cerdanya, ya que son las que tienen un mayor porcentaje de datos disponibles. A partir de los datos diarios²¹ se calculan las medias mensuales de dichas estaciones. Se observa que, en general, los valores del período entre abril y septiembre son prácticamente siempre inferiores al límite de cuantificación.

²¹ (Generalitat de Catalunya, 2022)

<https://analisi.transparenciacatalunya.cat/Medi-Ambient/Qualitat-de-l-aire-als-punts-de-mesurament-manuals/gg74-87s9>

EL BENZO(A)PIRENO, UN CONTAMINANTE A CONSIDERAR

A continuación, se representan las concentraciones de BaP para cada mes del año:

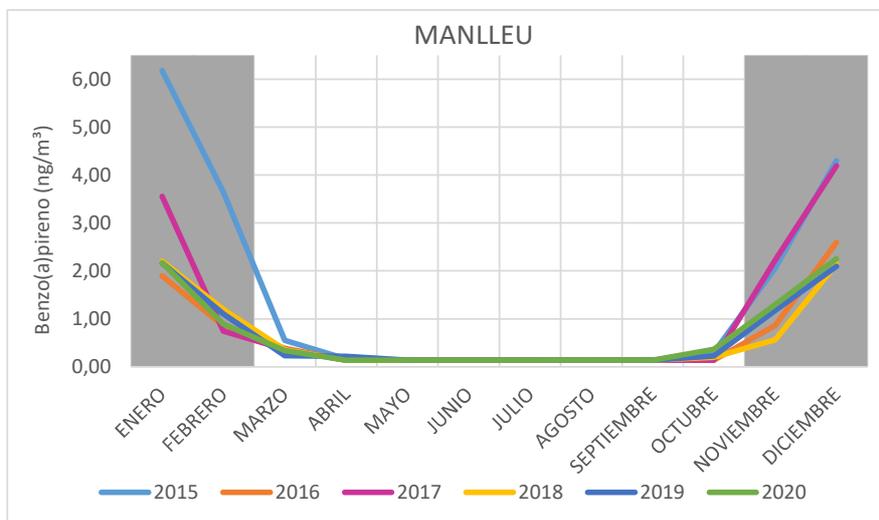


Figura 11. Promedios mensuales de BaP de la estación de Manlleu de la XVPCA (Fuente: Elaboración propia, Diputació de Barcelona)

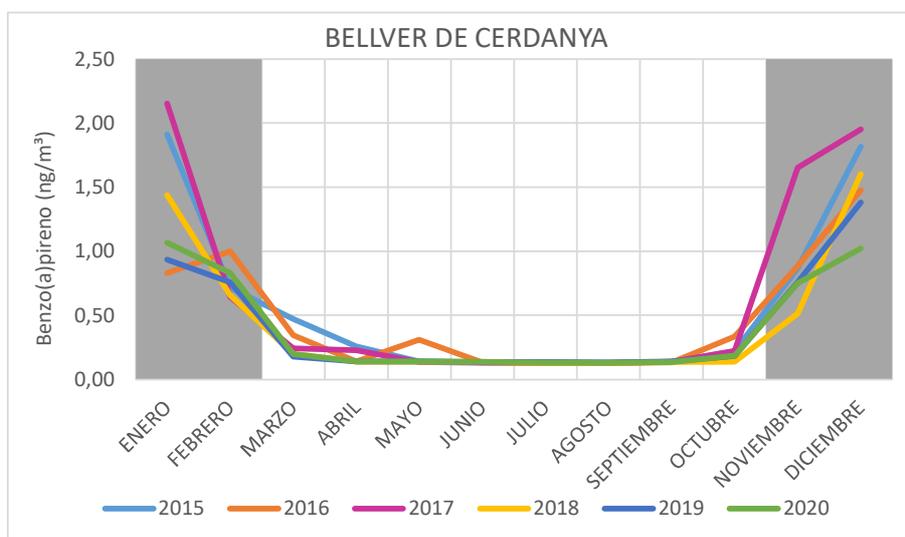


Figura 12. Promedios mensuales de BaP de la estación de Bellver de Cerdanya de la XVPCA (Fuente: Elaboración propia, Diputació de Barcelona)

Como se puede observar en la figura 11 y 12, en ambas estaciones los niveles más elevados se obtuvieron entre los meses de noviembre y febrero.

Cálculo de la estimación anual a partir del muestreo de BaP durante los meses de invierno

Para obtener una estimación anual, una vez analizada la tendencia del BaP a lo largo del año en Cataluña, se calculan unos promedios mensuales para los meses de enero, febrero, noviembre y diciembre, a partir de los datos de las estaciones de Manlleu (Hospital comarcal) y Bellver de Cerdanya (Escola Mare de Déu de Talló) de la XVPCA.

A partir de los filtros analizados entre los meses de invierno y considerando que los niveles de benzo(a)pireno pueden seguir una tendencia anual similar a la tendencia de dichas estaciones en los últimos años, se puede estimar un promedio anual aproximado.

Cuadro 8. Media de las estaciones de Manlleu y Bellver de Cerdanya de la XVPCA (2015-2020)

		Enero	Febrero	Noviembre	Diciembre	Promedio anual estación
2015	Manlleu	6,18	3,65	2,07	4,30	1,40
	Bellver de Cerdanya	1,91	0,72	0,87	1,82	0,55
2016	Manlleu	1,90	0,85	0,87	2,60	0,66
	Bellver de Cerdanya	0,83	1,00	0,89	1,47	0,50
2017	Manlleu	3,55	0,75	2,23	4,19	1,03
	Bellver de Cerdanya	2,15	0,64	1,65	1,95	0,67
2018	Manlleu	2,21	1,20	0,57	2,15	0,65
	Bellver de Cerdanya	1,44	0,66	0,51	1,60	0,45
2019	Manlleu	2,16	1,10	1,18	2,10	0,66
	Bellver de Cerdanya	1,48	0,39	0,83	0,88	0,39
2020	Manlleu	2,17	0,89	1,30	2,26	0,67
	Bellver de Cerdanya	1,07	0,83	0,75	1,02	0,42
Promedio		2,25	1,06	1,14	2,19	0,67

(Fuente: Generalitat de Catalunya)

Se distribuyen los resultados diarios de BaP del estudio correspondiente según el mes de captación y se calcula el promedio mensual (V_1, V_2, V_3, V_4) de las muestras de cada mes. Entonces se realiza el promedio ponderado (V_E) según el número de días con resultados (N_1, N_2, N_3, N_4) y se obtiene un valor, que utilizaremos para realizar la extrapolación al valor anual (V_P) de la XVPCA. De este modo se obtiene un promedio anual estimado (V_A).

Cuadro 9. Estimación del promedio anual según valores de referencia de BaP de las 2 estaciones de la XVPCA.

	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Promedio ponderado del período de estudio	Promedio anual calculado (datos XVPCA)	Promedio anual estimado (estudio)
Número de días BaP estudio	N ₁	N ₂	N ₃	N ₄	-	-	-
Valores promedios mensuales BaP estudio	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	V _E	-	V _A
Referencia tendencia anual. Estaciones de la XVPCA: Manlleu y Bellver de Cerdanya (Promedio 2015-2020)	1,14	2,19	2,25	1,06	V _P	0,67	-

(Fuente: Elaboración propia, Diputació de Barcelona)

A continuación, se muestran las fórmulas de cálculo para cualquier estudio:

- Promedio ponderado del período de estudio:

$$V_E = \frac{V_1 * N_1 + V_2 * N_2 + V_3 * N_3 + V_4 * N_4}{N_1 + N_2 + N_3 + N_4}$$

- Promedio ponderado respecto los valores de la XVPCA:

$$V_P = \frac{1,14 * N_1 + 2,19 * N_2 + 2,25 * N_3 + 1,06 * N_4}{N_1 + N_2 + N_3 + N_4}$$

- Promedio anual estimado:

$$V_A = \frac{V_E * 0,67}{V_P}$$

El cálculo del promedio anual estimado se ha realizado en estudios donde el valor medio de las muestras de BaP ha sido superior a 1ng/m³. Por lo tanto, según los valores obtenidos en el cuadro 7, se ha realizado esta estimación para los estudios con valores más elevados.

Cuadro 10. Estimación anual de BaP en algunos de los estudios realizados

Municipio	Período estudio	Filtros analizados	Promedio resultados (ng/m ³)	Promedio anual estimado (ng/m ³)
Balsareny	11/2020 - 02/2021	27	1,30	0,4
Casserres	12/2020 - 02/2021	28	3,71	1,2
Navàs	12/2020 - 02/2021	28	2,90	0,9
Vic	11/2021 - 01/2022	25	4,37	1,4
Puig-Reig	11/2021 - 02/2022	18	4,26	1,3
Casserres	12/2021 - 01/2022	49	2,42	0,8

(Fuente: Elaboración propia, Diputació de Barcelona)

Según los resultados de los estudios, la estimación anual se aproxima a 1/3 de la media de los filtros analizados de BaP.

Por otro lado, se ha comparado los resultados de BaP de los últimos 4 estudios realizados. El municipio de Sant Boi de Llobregat, situado en zona urbana y que pertenece al Área Metropolitana de Barcelona, obtiene valores más bajos. Mientras que en zonas más rurales como Casserres y Puig Reig los valores son más elevados. En la ciudad de Vic, zona de la plana de Vic, se observan mayores concentraciones de BaP. En estos últimos municipios, muy probablemente con un mayor número de calderas de biomasa y con unas condiciones meteorológicas de inversión térmica con poca dispersión del aire, puedan verse incrementados los niveles de BaP.

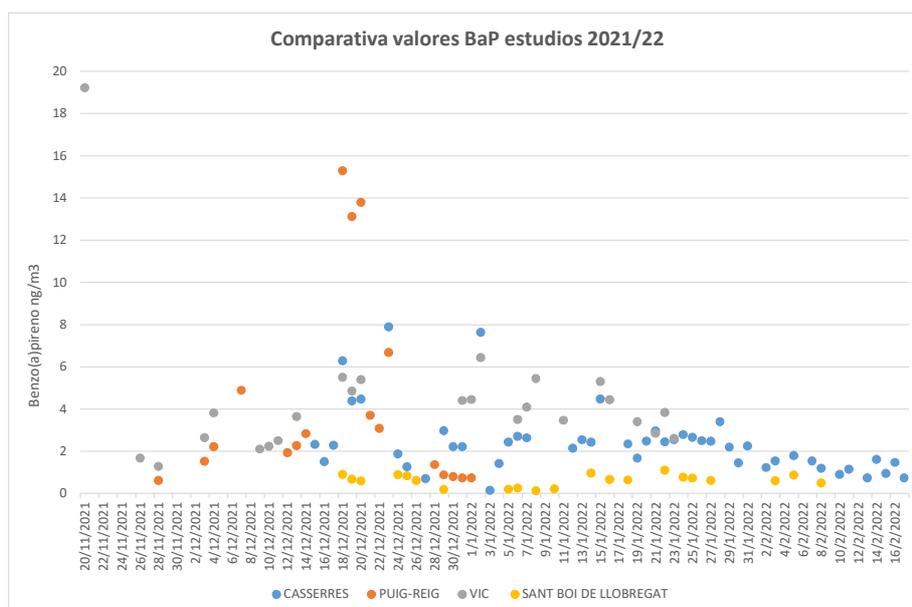


Figura 13. Comparativa entre filtros analizados en la misma época en 4 municipios (Fuente: Elaboración propia, Diputació de Barcelona)

4.2. Estudios de emisiones

En marzo de 2016 se realizó un estudio de medidas voluntarias y de autocontrol de emisión de contaminantes a la atmósfera, en diversas calderas alimentadas por biomasa ubicadas en 7 municipios.

Metodología

Las mediciones se realizaron por una empresa externa acreditada para el muestreo en emisiones. Previamente se tuvo que acondicionar la salida de humos para poder tomar las muestras de partículas y gases, ya que las instalaciones no tienen obligatoriedad de realizar controles periódicos de emisiones.

Para la toma de muestras se realizan medidas de PST (según la norma UNE EN-13284) y BaP (según NIOSH 5506) en 2 condiciones diferentes.



Figura 14. Fotografías del estudio de emisiones de 2016
(Fuente: Diputació de Barcelona)

Resultados

Las condiciones reales de los gases de combustión durante el muestreo han sido las siguientes: temperatura entre 46 y 264 °C, humedad entre el 1,5% y el 13% y porcentaje de oxígeno entre el 8 y el 18%.

EL BENZO(A)PIRENO, UN CONTAMINANTE A CONSIDERAR

Los resultados se han expresado en condiciones normales (T=273ºK y P=101,3 kPa), gas seco y referenciados al 10% de oxígeno:

Cuadro 11. Resultados del estudio de emisiones de BaP 2016

	Combustible	Condiciones de muestreo	Benzo(a)pireno ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$) al 10% de oxígeno			PST (mg/Nm^3) al 10% de oxígeno
			Fase particulada ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)	Fase gasosa ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)	Total ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)	
Caldera 1 (300kW)	Astilla (90% pino, 10% otros: eucaliptus, castaño, plátano, etc.)	Al 80% de su capacidad	<0,024	<0,21	<0,117	41,0
		Medida de un proceso Arranque-Combustión-Parada	<0,055	<0,53	<0,293	66,4
Caldera 2 (300kW)	Astilla de pino	Al 100% de su capacidad	<0,035	<0,18	<0,108	78,2
		En brasa, sin alimentación de biomasa	1,826	<0,27	1,961	55,1
Caldera 3 (>300kW)	Astilla de pino y haya	Al 100% de su capacidad	<0,050	<0,26	<0,155	116,8
		En brasa, sin alimentación de biomasa	<0,140	<0,77	<0,455	40,0
Caldera 4 (>300kW)	Triturado de madera industrial	Al 75% \pm 10% de su capacidad	0,149	<0,23	0,264	229,1
		Al 50% \pm 10% de su capacidad	0,078	<0,43	0,293	264,4
Caldera 5 (<300kW)	Astilla de pino	Al 100% de su capacidad	<0,071	<0,33	<0,200	42,9
		En brasa, sin alimentación de biomasa	0,182	<0,29	0,327	53,3
Caldera 6 (<300kW)	Pellet de pino (pino rojo, pínaza y pino blanco)	Al 100% de su capacidad	0,140	<0,34	0,310	77,8
		En modo reserva/mantenimiento	0,210	<0,66	0,540	42,6
Caldera 7 (<300kW)	Combustible 1: Encina	Al 100% de su capacidad alimentada con alzina	<0,040	<0,31	<0,175	15,5
	Combustible 2: Pino	Al 100% de su capacidad alimentada con pino	0,085	<0,25	0,210	13,2

(Fuente: Diputació de Barcelona)

Para el cálculo del total de BaP ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$) se considera la suma del valor de la fase particulada más la fase gasosa. En el caso de que el valor sea inferior al límite de cuantificación, se considera el 50% de dicho valor.

En el cuadro 11 se observa que los resultados varían sustancialmente según el régimen de funcionamiento de la caldera. En el caso de la caldera 7 se observa que con el mismo régimen

de funcionamiento al 100% de su capacidad, los valores varían significativamente según el combustible utilizado.

Los resultados de BaP en la fase particulada oscilan entre 1,826 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ y por debajo de 0,04 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$. También se observa que en fase gaseosa todos los valores están por debajo del límite de cuantificación. Los resultados de PST se encuentran entre 13 y 264 mg/Nm^3 .

5. CONCLUSIONES

El benzo(a)pireno (BaP) es un hidrocarburo aromático policíclico (HAP), formado por 5 anillos de benceno, es un contaminante cancerígeno (grupo I, según la IARC), y su fórmula química es $\text{C}_{20}\text{H}_{12}$. En el aire se encuentra asociado a las partículas y es el indicador de los HAP. La Unión Europea (UE) ha establecido su valor objetivo anual en 1 ng/m^3 . La Organización mundial de la Salud (OMS) tiene fijado el valor guía anual de este contaminante en 0,12 ng/m^3 .

Como contaminante atmosférico, el BaP no es tan conocido como las partículas (PM10 y PM2,5), el dióxido de nitrógeno (NO2) o el ozono (O3) aunque con niveles elevados afecta a una parte significativa de la población europea. Es el contaminante atmosférico que presentó en el año 2020 un porcentaje mayor de superación de su valor objetivo en las estaciones de control de la UE-27: el 27%; frente al 16% de las partículas PM10, el 15% del ozono (O3), el 2% de las partículas PM2,5 y el 2% del dióxido de nitrógeno (NO2).

En Europa (UE-27), los mayores niveles de BaP se observan en la zona del Este, especialmente en Polonia, pero también en muchos países próximos a los Alpes. Estaciones de control de 11 países de la UE-27 superaron durante el año 2020 su valor objetivo: Polonia, Chequia, Eslovaquia, Eslovenia, Austria, Italia, Francia, Croacia, Hungría, Bulgaria y Alemania. Las fuentes principales de emisión de BaP en Europa se deben a la combustión del carbón y la biomasa.

La estacionalidad de los niveles de BaP a lo largo del año es muy pronunciada. En Cataluña, durante los meses de noviembre a febrero se presenta en ciertas zonas los valores más elevados, en los meses de octubre i marzo se presenta ya niveles muy moderados, y el resto del año los niveles se encuentran en general por debajo de los límites de cuantificación. Aunque el BaP se analiza a partir de los filtros de partículas PM10, según los datos analizados no existe ninguna correlación entre los niveles de PM10 y de BaP. Por este motivo es conveniente analizar los dos parámetros.

Durante los últimos 9 años, del 2013 al 2021, en España se ha superado el valor objetivo anual del BaP en 6 ocasiones en alguna estación de control. En el año 2013 en Manlleu (zona Plana de Vic, Cataluña) se obtuvo el valor anual más elevado de los registrados hasta ahora con 1,83 ng/m^3 . Y durante los últimos 7 años, 4 comunidades autónomas (Cataluña, Asturias, Galicia, Andalucía) han superado puntualmente el valor objetivo con valores entre 1 y 1,5 ng/m^3 , aunque en el informe "Evaluación de la calidad del aire en España 2021" del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (septiembre de 2022) no se consideran estas superaciones.

A partir de los estudios efectuados por la Oficina Técnica de Evaluación y Gestión Ambiental de la Diputación de Barcelona, dentro de la provincia de Barcelona, se estima que 3 estudios, de

los 18 realizados hasta ahora, superan en el punto de medida el valor objetivo anual del BaP, con valores entre 1,2 y 1,4 ng/m³. Y en muchos casos de supera el valor guía de la OMS.

A parte de realizar control de los niveles de BaP en inmisión des del año 2014, en el año 2016 se realizó un estudio de emisiones en 7 calderas municipales de biomasa en la provincia de Barcelona, cada una de ellas durante dos regímenes distintos de funcionamiento. Se obtuvieron 14 resultados distintos, en la mitad de los casos por debajo del límite de cuantificación y con diferencias significativas entre los dos regímenes de funcionamiento. Des del punto de vista legal, ninguna instalación precisa de un control periódico de sus emisiones de BaP.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos hasta ahora tanto en inmisión como en emisiones de BaP, se considera conveniente continuar dando apoyo a los ayuntamientos en el control de las inmisiones existentes en su municipio, así como en el control de las emisiones de sus principales instalaciones (generalmente calderas de biomasa). Es de esperar que el reciente aumento del precio del gas y la electricidad provoque un aumento del consumo de biomasa y la instalación de nuevas calderas, y por tanto aumenten las emisiones de BaP.

El objetivo del proyecto es ampliar el conocimiento del BaP, tanto respecto los niveles de inmisión en el territorio, como respecto las emisiones de las instalaciones para poder identificar los principales focos emisores de BaP y tomar medidas para reducir estas emisiones que provocan superaciones puntuales del valor objetivo en distintas áreas del territorio.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Alastuey, A., Querol, X., Pandolfi, M., Pérez Barend, N., Drooge, V., & Martínez, P. S. (2022). *Estudios de contribución de fuentes en PM10 en Escuelas Aguirre -Madrid*. <http://www.mambiente.munimadrid.es/opencms/cal aire/SistemaIntegral/SistVigilancia/Estaciones/E08.ht>
- Consejería de Transición Ecológica, L. contra el C. C. y P. Territorial. G. de C. (2022). *Benzo(a)Pireno (BaP)*. https://www.gobiernodecanarias.org/medioambiente/temas/calidad/contaminantes_atmosfericos/benzo-a-pireno/.
- Direcció General de Qualitat Ambiental i Canvi Climàtic. Generalitat de Catalunya. (2022). *Informes anuals de la qualitat de l'aire a Catalunya*. https://mediambient.gencat.cat/ca/05_ambits_dactuacio/atmosfera/qualitat_de_laire/avaluacio/avaluacio_qualitat_aire_catalunya_altres/Informes/
- Ecologistas en acción. (2022). *La calidad del aire en el Estado español durante 2021*.
- European Environment Agency. (2013). *EMEP/EEA emission inventory guidebook 2013 (1.A.4 Small combustion)*. <http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2013>
- European Environment Agency. (2022, septiembre 30). *Europe's air quality status 2022*. <https://www.eea.europa.eu/publications/status-of-air-quality-in-europe-2022>
- Fuentes, S., Pruna, I., Luna, G., Casabona, D., & Rabella, R. (2015). *Biomassa. Autosuficiència energètica i gestió forestal*. www.diba.cat/mediambient
- Generalitat de Catalunya. (2022). *Descàrrega de dades manuals. Medi Ambient i Sostenibilitat*. https://mediambient.gencat.cat/ca/05_ambits_dactuacio/atmosfera/qualitat_de_laire/vols-saber-que-respires/descarrega-de-dades/descarrega-dades-manuals/
- Horálek, J. (2021). *Benzo(a)pyrene (BaP) annual mapping Evaluation of its potential regular updating*.
- IARC. (2010). *BENZO[a]PYRENE. IARC MONOGRAPHS – 100F*.
- International Agency for Research on Cancer. World Health Organization. (2022). *Agents Classified by the IARC Monographs, Volumes 1–132 – IARC Monographs on the Identification of Carcinogenic Hazards to Humans*. <https://monographs.iarc.who.int/agents-classified-by-the-iarc/>

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2022). *Evaluación de la calidad del aire en España*. https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/calidad-del-aire/evaluacion-datos/datos/Historico_calidad_aire.aspx

Querol, X., Alastuey, A., Pandolfi, M., Minguillón, M. C., & Karanasiou, A. (2021). *Contaminantes críticos en entornos rurales: O₃ y PM*. <https://www.qld.gov.au/environment/pollution/monitoring/air-pollution/ozone/http://www.geo.hunter.cuny.edu>

Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire. Legislación consolidada BOE-A-2011-1645, (2017). <https://www.boe.es/eli/es/rd/2011/01/28/102/con/20170831>

Reglamento (UE) 2015/1189 de la Comisión, de 28 de abril de 2015, por el que se desarrolla la Directiva 2009/125/CE del Parlamento Europeo y del Consejo en relación con los requisitos de diseño ecológico aplicables a las calderas de combustible sólido, (2015). <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2015/1189/oj>

Targa, J. ,Ripoll,A. ,Banyuls,L. ,González,A. ,Soares,J. E. E. A. (2022). *Status report of air quality in Europe for year 2021, using validated and up-to-date data (EionetReport–ETC/HE2022/3)*. <https://www.eionet.europa.eu/etcs/etc-he>

UNE-EN 12341:2015 Aire ambiente. Método de medición gravimétrico normalizado para la determinación de la concentración máscica PM10 o PM2,5 de la materia particulada en suspensión, (2015). <https://www.une.org/>

UNE-EN 15549:2008 Calidad del aire. Método normalizado para la medición de la concentración de benzo(a)pireno en el aire ambiente., (2008). <https://www.une.org>

World Health Organization. (2000). *Air Quality Guidelines for Europe Second Edition*.

EL BENZO(A)PIRENO, UN CONTAMINANTE A CONSIDERAR

ANEXO: VALORES ANUALES DE BENZO(A)PIRENO EN LA RED DE CONTROL DE LA GENERALITAT DE CATALUÑA

Estación de control	AÑO 2015		AÑO 2016		AÑO 2017		AÑO 2018		AÑO 2019		AÑO 2020	
	Media anual	% datos disponibles										
Barcelona (l'Eixample)	0,18	41%	0,15	43%	0,1	42%	0,14	42%	0,13	42%	0,12	38%
Barcelona (pl. de la Universitat)	0,16	41%	0,13	42%	0,1	41%	0,12	42%	0,12	41%	0,11	34%
Barcelona (el Poblenou)	0,18	41%	0,13	42%	0,1	39%	0,13	41%	0,14	39%	0,12	39%
Barcelona (Zona Universitària)	0,09	41%	0,08	42%	0,1	43%	0,07	42%	0,08	41%	0,08	34%
Barcelona (IES Goya)	0,07	46%	0,06	49%	0,1	42%	0,06	43%	0,06	39%	0,06	16%
Barcelona (IES Verdguer)	0,14	38%	0,1	36%	0,1	36%	0,1	36%	0,09	35%	0,1	25%
Barcelona (Gràcia - Sant Gervasi)	0,15	40%	0,11	40%	0,1	40%	0,1	41%	0,1	39%	0,09	38%
Barcelona (parc de la Vall d'Hebron)	0,09	41%	0,07	42%	0,1	42%	0,07	41%	0,08	43%	0,07	36%
Barcelona (Sants)	0,1	34%	0,08	40%	0,1	42%	0,08	41%	0,08	43%	0,08	39%
Granollers (Francesc Macià)	0,36	29%	0,29	14%	0,4	14%	0,31	15%	0,29	32%	0,27	29%
Manlleu (Hospital comarcal)	1,38	29%	0,65	28%	1	29%	0,69	29%	0,66	32%	0,67	29%
Manresa (CEIP La Font)	-	-	0,28	14%	0,3	14%	0,21	15%	0,27	15%	0,26	14%
Tiana (Ajuntament)	0,17	15%	0,14	14%	0,2	14%	0,15	15%	0,14	15%	0,14	14%
Cassà de la Selva (Ajuntament)	-	-	0,36	14%	0,5	14%	0,47	14%	0,39	28%	0,5	15%
Ponts (Ponent)	0,18	16%	0,16	7%	0,2	7%	0,16	7%	0,22	7%	0,17	7%
La Sénia (repetidor)	<0,14	15%	0,14	14%	0,1	14%	0,14	15%	0,14	14%	0,14	14%
La Bisbal d'Empordà (Ajuntament)	0,37	15%	0,26	14%	0,3	14%	0,27	15%	0,27	14%	0,27	14%
Montcada i Reixac (Ajuntament)	0,34	15%	0,25	14%	0,4	14%	0,3	15%	0,32	15%	0,32	15%
Vilanova i la Geltrú (Ajuntament)	0,11	15%	0,08	15%	0,1	14%	0,07	14%	0,15	14%	0,15	14%
Sort (Escola de caiac)	0,26	9%	0,2	10%	0,2	7%	0,2	7%	0,31	8%	0,36	1%
Berga (Poliesportiu)	0,23	15%	0,16	14%	0,2	14%	0,21	14%	0,19	14%	0,19	14%
Lleida (Pius XII)	0,36	15%	0,32	14%	0,4	14%	0,24	14%	0,26	14%	0,29	14%
Vic (Mas ferrer)	-	-	-	-	-	-	-	-	0,3	14%	0,48	14%

EL BENZO(A)PIRENO, UN CONTAMINANTE A CONSIDERAR

Estación de control	AÑO 2015		AÑO 2016		AÑO 2017		AÑO 2018		AÑO 2019		AÑO 2020	
	Media anual	% datos disponibles										
Bellver de Cerdanya (Esc. Mare de Déu de Talló)	0,55	28%	0,5	14%	0,7	14%	0,45	14%	0,42	31%	0,42	29%
Constantí (Gaudí)	0,18	14%	0,16	14%	0,2	14%	0,15	14%	0,16	15%	0,18	14%
Aiguafreda (Bellpuig)	-	-	-	-	-	-	-	-	0,34	13%	0,47	14%
Tona (Zona Esportiva)	-	-	-	-	-	-	-	-	0,17	14%	0,17	14%

Fuente: página web del “Departament d’Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural” de la Generalitat de Catalunya.