

# Contaminación del aire con partículas ultrafinas procedentes del transporte marítimo en Barcelona



**Paso del ferry**



**Aire limpio (sin ferry)**

Project leader: Kare Press-Kristensen, senior advisor on air quality & climate.  
[Kaare@rgo.dk](mailto:Kaare@rgo.dk) / (+45) 22 81 10 27 / [www.rgo.dk](http://www.rgo.dk)  
Green Transition Denmark

Junio 2022

## Antecedentes

Estas mediciones forman parte del proyecto LIFE de la UE: LIFE4MEDECA con el objetivo de designar una Zona de Control de Emisiones del Mar Mediterráneo (Emission Control Area, ECA en inglés) para reducir las emisiones de contaminación atmosférica procedentes del transporte marítimo que son perjudiciales para la salud y el clima. El objetivo de las mediciones de detección de la calidad del aire en las ciudades portuarias es visualizar la contaminación de los buques para las poblaciones del Mediterráneo y, de este modo, crear conciencia sobre la contaminación del aire procedente del transporte marítimo y hacer participar al público en los debates sobre una ECA del Mar Mediterráneo.

Según la Agencia Europea de Medio Ambiente, la contaminación atmosférica causa unas 31.500 muertes al año en España, es decir, en 2020 y 2021 la contaminación atmosférica causó casi la misma mortalidad que el COVID-19. El SO<sub>x</sub>, el NO<sub>x</sub> y las partículas procedentes del transporte marítimo en el Mar Mediterráneo son una importante fuente de contaminación que contribuye significativamente a la morbilidad, la mortalidad y a la lluvia ácida, dañando así el patrimonio cultural, los cultivos y la naturaleza en el Mediterráneo. Además, el CO<sub>2</sub> y el carbono negro de los buques contribuyen de forma significativa al cambio climático. Una ECA para el SO<sub>x</sub> y el NO<sub>x</sub> en el Mar Mediterráneo minimizará la contaminación atmosférica regional procedente de los buques. Esto beneficiará a todas las sociedades mediterráneas y protegerá a las poblaciones del Mediterráneo de la contaminación de los buques en la misma medida que en el norte de Europa, donde ya se aplicó una ECA para el azufre en 2007, seguida de una ECA para el NO<sub>x</sub> en 2021.

Este examen de la calidad del aire en Barcelona se centró principalmente en los cruceros y los transbordadores (ferrys). Los cruceros son grandes hoteles flotantes con una gran demanda de energía, por lo que emiten tanto NO<sub>x</sub> y partículas por segundo en el atraque como miles de coches. Los transbordadores influyen de forma significativa en la calidad del aire local debido a las frecuentes llegadas y salidas y a las pernoctaciones que se producen en el centro de Barcelona. La mayoría de los buques atracados en la UE queman combustible que contiene 100 veces más azufre que el gasóleo de carretera. Por lo tanto, la acción del viento puede exponer a comunidades enteras de la ciudad a una fuerte contaminación del aire con los gases de escape.

Las partículas de escape recién emitidas por los barcos consisten principalmente en partículas ultrafinas (PM<sub>0.1</sub>) con un diámetro inferior a 0,1 micrómetros (100 nanómetros). Debido a su tamaño, estas partículas pueden entrar en las partes más finas de los pulmones y continuar hacia el torrente sanguíneo. Las partículas ultrafinas tienen un alto contenido de hollín e hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) clasificados como carcinógenos de nivel 1 por la Organización Mundial de la Salud. La contaminación por partículas aumenta el riesgo de cáncer, coágulos de sangre, hemorragias cerebrales, enfermedades cardiovasculares, bronquitis, asma, etc. Las partículas ultrafinas emitidas por los barcos en alta mar se agregan a las partículas finas tóxicas (PM<sub>2,5</sub>) antes de llegar a tierra y deben ser controladas junto con el SO<sub>2</sub> y el NO<sub>x</sub>. Sin embargo, en las ciudades portuarias el control de la calidad del aire debería incluir también las partículas ultrafinas recién emitidas por los buques en el puerto y que contaminan la ciudad.

La contaminación atmosférica de los barcos en los puertos puede eliminarse instalando tomas de corriente en los muelles y cambiando a los transbordadores eléctricos. Las grandes compañías de cruceros están adaptando los barcos para que cumplan los requisitos previstos de las tomas de corriente en los muelles de las ciudades preocupadas por la salud pública. Sin embargo, esto requiere invertir en sistemas de energía en tierra en los puertos que permitan la conexión de los cruceros. Esta inversión (a diferencia de los proyectos de infraestructura tradicionales) se amortizará con las tarifas de conexión y la venta de electricidad a los buques (lo que supone un aumento insignificante del precio para los pasajeros). La contaminación del transporte marítimo internacional en el Mar Mediterráneo, que utiliza combustibles aún más contaminantes que los buques atracados, puede reducirse estableciendo una ECA mediante la colaboración internacional y la participación pública. Por ello, la Comisión Europea puso en marcha el proyecto LIFE4MEDECA, que reúne a las naciones de la cuenca mediterránea -y recopila la experiencia de la ECA del norte de Europa- para establecer una ECA en el Mar Mediterráneo.

## **Objetivo**

Uno de los objetivos del proyecto LIFE4MEDECA es realizar mediciones de control de la contaminación atmosférica procedente de los buques en los puertos mediterráneos para concienciar sobre la contaminación atmosférica procedente del transporte marítimo e implicar al público en la puesta en marcha de una ECA completa en el Mar Mediterráneo para reducir la contaminación por SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y partículas y mejorar así de forma significativa la salud pública y el medio ambiente en el Mediterráneo.

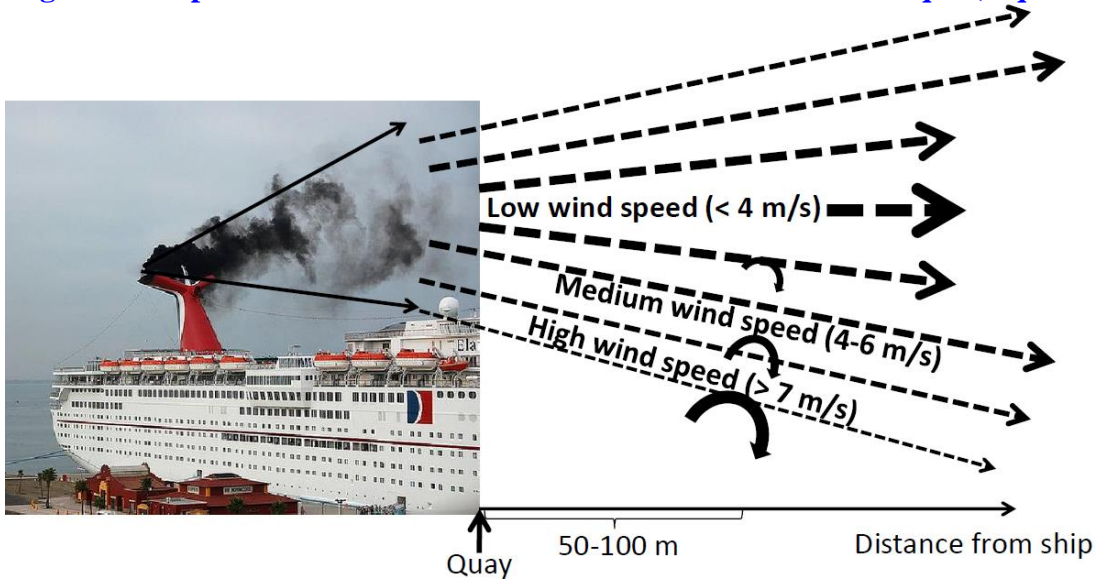
## **Medidas**

Las partículas ultrafinas de los gases de escape de los cruceros y los transbordadores se midieron en la semana 14 y 15 de 2022 en el puerto de Barcelona. El tratamiento de los datos y la presentación de informes se realizaron por primera vez en mayo-junio. Las partículas ultrafinas se midieron con P-Trak's (TSI: Modelo 8525 Contador de Partículas Ultrafinas) calibrados en cruz antes de las mediciones y calibrados de control después de las mismas. La calibración mostró que el equipo funcionó bien durante las mediciones. La frecuencia de medición fue de una vez por segundo. La velocidad/dirección del viento local, la humedad y la temperatura se tomaron de las previsiones meteorológicas locales.

## **La pluma de contaminación**

La contaminación atmosférica de los grandes buques se emite desde las chimeneas a muchos metros de altura. Los gases de escape están muy calientes y se desplazan hacia arriba hasta que se enfrían a la temperatura del aire circundante. En tiempo de calma, la contaminación se extiende en todas las direcciones por dispersión. En condiciones de viento, la pluma de contaminación se mueve en la dirección del viento y se expande perpendicularmente a ella. La expansión se produce rápidamente a altas velocidades del viento (> 7 m/s, debido a la alta turbulencia) y la periferia diluida de la pluma de contaminación alcanza el nivel del suelo a unos cientos de metros del barco. La expansión se produce lentamente a bajas velocidades del viento (velocidad del viento < 4 m/s) y la pluma de contaminación concentrada alcanza el nivel del suelo a varios kilómetros del barco. Por lo tanto, los buques pueden contaminar zonas céntricas de las ciudades a bastante distancia de su ubicación (Figura 1).

**Figura 1: Dispersión de la contaminación atmosférica desde un buque (esquema del principio).**

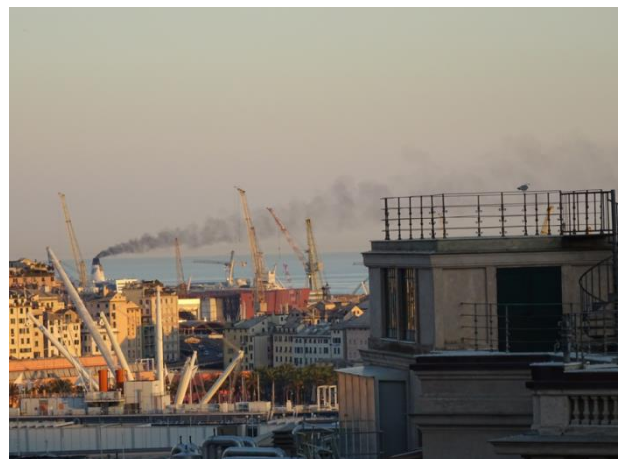


Como es muy difícil localizar la pluma de contaminación varios kilómetros dentro de las ciudades donde muchas otras fuentes de contaminación, como el tráfico, también contribuyen a la contaminación atmosférica, las mejores condiciones de medición son las velocidades de viento altas hacia una posición de medición conveniente (normalmente en tierra o en un puente/muelle). Esto permite realizar mediciones cerca de los barcos, donde la periferia diluida de la pluma puede localizarse y no se ve afectada por otras fuentes de contaminación. Si es posible, las mediciones deben realizarse tanto a barlovento del buque (el fondo marino no se ve afectado por las imágenes ultrafinas de los buques locales) como a sotavento del buque (el aire está contaminado por las partículas ultrafinas de las emisiones de los buques locales). Las mediciones sin barcos pueden sustituir a las mediciones a barlovento. Las mediciones durante el viento en alta mar suelen requerir un barco.

La contaminación se extenderá en todas las direcciones por dispersión cuando no haya viento y contaminará principalmente la zona del puerto. (Fotografía de Génova, 2016)



Las bajas velocidades del viento darán lugar a una densa pluma de contaminación que puede alcanzar el nivel del suelo a varios kilómetros del barco. (Fotografía de Génova, 2016)



## Resultados

La humedad y la temperatura estuvieron en todo momento dentro del rango de validez del equipo de medición. Los resultados de las mediciones se resumen en la tabla 1.

**Tabla 1: Contaminación por partículas en el puerto de Barcelona (primavera de 2022)**

		Fecha	Contaminación por partículas (partículas por cm <sup>3</sup> )		Viento (dirección : velocidad)
			Media	Max.	
Mar	No hay contaminación local de los barcos	9 abril	1.200	1.550	SE : 7 m/s
Contaminación de los barcos	A 500-600 m de los barcos de crucero al ralentí	8 abril	---	240.000	SW : 5-6 m/s
	A 500-600 m de los barcos de crucero al ralentí	10 abril	45.650	161.500	S : 3-4 m/s
	A 500-600 m de los barcos de crucero navegando	10 abril	72.800	273.000	S : 3-4 m/s
	A 150 m de un ferry navegando	11 abril	84.600	386.000	E : 4-5 m/s
	A 175m de un ferry navegando	14 abril	135.000	403.000	NE : 4-5 m/s
	A 75 m de un ferry al ralentí	14 abril	64.400	401.000	NE : 4-5 m/s
	A 200 m de un ferry al ralentí	14 abril	36.850	78.400	NE : 3-4 m/s
Tráfico rodado	En la calle (Ciutat Vella)	14 abril	11.100	18.000	NE : 3-4 m/s

En la Tabla 1 se observa que el aire no afectado por la contaminación local de los barcos en Barcelona (mar) contiene en promedio unas 1.200 partículas por cm<sup>3</sup>. En comparación, se midió que el aire contaminado a cientos de metros a sotavento de los transbordadores y cruceros contenía entre 36.850 y 135.000 partículas por cm<sup>3</sup> de media y tenía valores máximos de pico en torno a las 400.000 partículas por cm<sup>3</sup>. Esto ilustra claramente la intensa contaminación atmosférica de los barcos en Barcelona. Los barcos son capaces de contaminar zonas enteras de la ciudad a favor del viento. En comparación, la concentración media de partículas a lo largo de las calles de Barcelona era de unas 11.100 partículas por cm<sup>3</sup> - y todos los nuevos vehículos de carretera tienen filtros de partículas muy eficientes; pero todavía no hay requisitos de filtros ni de tomas de corriente en los muelles para los barcos que navegan y funcionan al ralentí en Barcelona.

La Organización Mundial de la Salud ha debatido un valor límite de un máximo de 10.000 partículas por cm<sup>3</sup>.

Sin embargo, aún no se ha decidido un valor límite para las partículas ultrafinas de los gases de escape. La recomendación es inhalar la menor cantidad posible de partículas ultrafinas de los gases de escape, ya que no parece haber un límite seguro para este tipo de contaminación atmosférica (como el tabaquismo: lo único seguro es no fumar).

**Películas y fotografías de medidas en Barcelona de uso gratuito:**

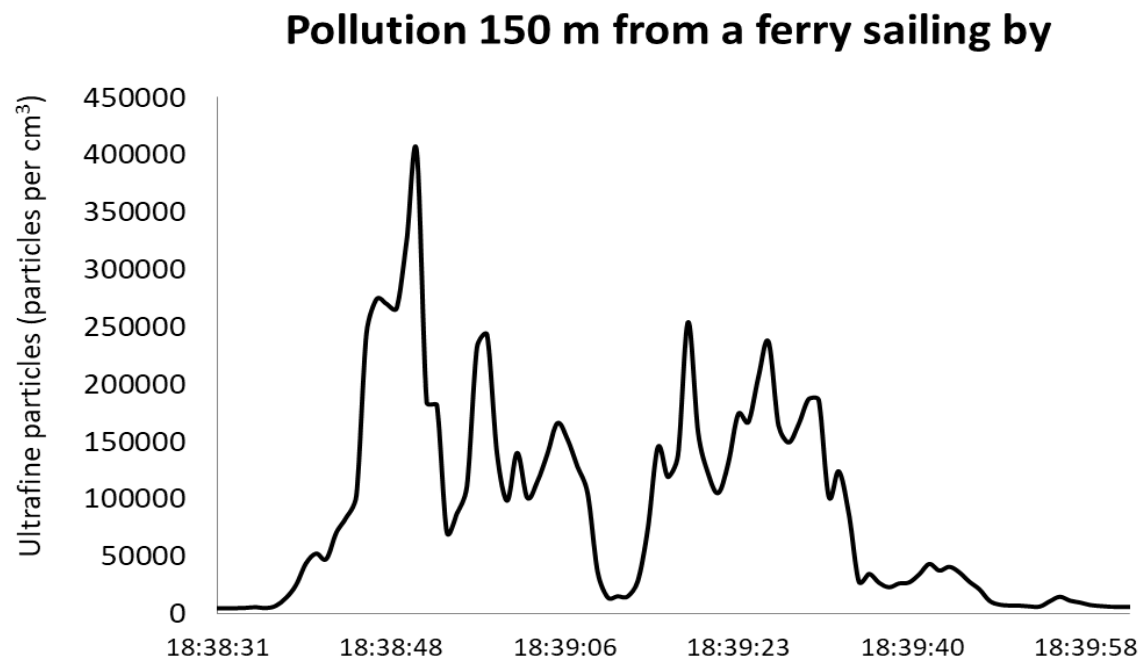
[https://www.dropbox.com/sh/vqvuro72r52111i/AAC4Wc5RI\\_cRlvHVrWvthm7Sa?dl=0](https://www.dropbox.com/sh/vqvuro72r52111i/AAC4Wc5RI_cRlvHVrWvthm7Sa?dl=0)

Por favor, indique: Proyecto LIFE4MedECA de la UE cuando utilice las películas y las imágenes.

Los buques de crucero y los ferris en Barcelona provocan así la misma grave contaminación atmosférica que se ha documentado en muchas otras ciudades portuarias y exponen a la población local a una contaminación atmosférica cancerígena y tóxica.

La figura 2 muestra la contaminación atmosférica (segundo a segundo) en el puerto de Barcelona cuando pasa un ferry.

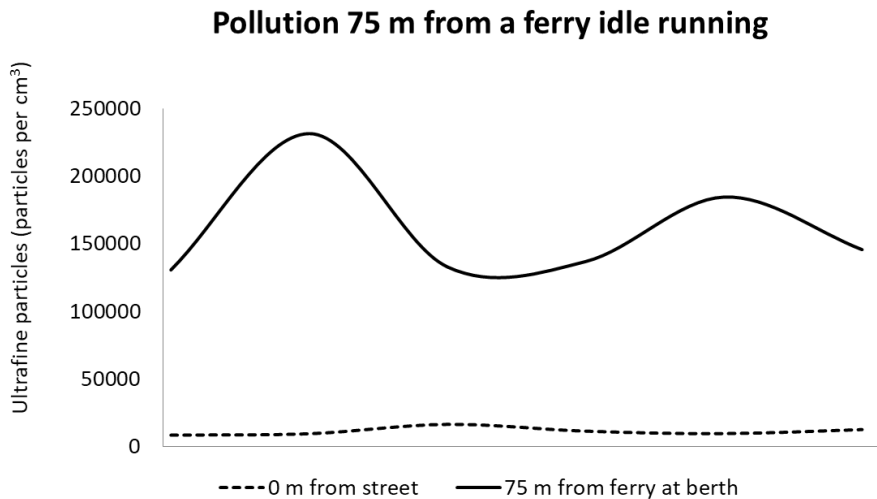
**Figura 2: Mediciones a 150 m a sotavento de un transbordador que pasa por allí (segundas mediciones).**



La figura ilustra la influencia del viento en la propagación de la pluma de contaminación desde el ferry. Los niveles más altos se miden con las velocidades de viento más elevadas (ráfagas de viento), que hacen que una parte más concentrada de la pluma de contaminación procedente del ferry descienda hasta la altura de medición (como se explica en la figura 1).

La figura 3 muestra la contaminación atmosférica (promedios por minuto sin valores máximos) en el puerto de Barcelona cuando un ferry está parado en el muelle en comparación con el tráfico rodado (promedios por minuto también) en Barcelona.

**Figura 3: Mediciones a 75 m en la dirección del viento de un transbordador al ralentí en comparación con una calle (promedios por minuto).**



Los transbordadores al ralentí en Barcelona provocarán una importante contaminación local en las zonas más amplias de la ciudad en los días de viento costero.

## Conclusión

Las emisiones de los grandes buques en Barcelona provocan la misma intensa contaminación atmosférica que se observa en otras ciudades portuarias. Las plumas de contaminación pueden contaminar zonas enteras de la ciudad a varios kilómetros de distancia a sotavento de los grandes buques. Esta contaminación aumenta el riesgo de morbilidad y mortalidad en Barcelona. La solución es construir sistemas de alimentación en tierra para los transbordadores, cruceros y cargueros, como se hace en el norte de Europa, para evitar los gases de escape de los barcos. Además, hay que promover los transbordadores totalmente eléctricos (con baterías). En el mar, la contaminación de los barcos se reducirá significativamente introduciendo un Área de Control de Emisiones (ECA) en el Mar Mediterráneo, como las ECAs que han tenido éxito en el norte de Europa y en Estados Unidos.

## Recomendaciones

Se recomienda que Barcelona:

- Construya inmediatamente sistemas de energía en tierra para transbordadores, cruceros y buques de carga.
- Empiece a invertir en transbordadores totalmente eléctricos como en el norte de Europa.
- Apoye el establecimiento de un Área de Control de Emisiones en el Mar Mediterráneo como se acordó en la COP22.
- Prohiba el uso de fuel-oil pesado y los sistemas de depuración en los mares territoriales.
- Detenga todas las inversiones en GNL ya que es un combustible muy perjudicial para el clima.



Además de mejorar la salud pública en Barcelona, estas acciones mejorarían la salud pública en toda la región mediterránea, reducirían el calentamiento global y reducirían el riesgo de graves daños ambientales en el Mar Mediterráneo por el vertido de agua de los depuradores y del fuel pesado.

## **Más información**

Transporte marítimo más limpio:

[https://rgo.dk/wp-content/uploads/GTD\\_Cleaner\\_shipping\\_2021\\_Final-2.pdf](https://rgo.dk/wp-content/uploads/GTD_Cleaner_shipping_2021_Final-2.pdf)