



Original

Análisis de la relación entre la enfermedad pulmonar obstructiva crónica y los contaminantes atmosféricos atendiendo al origen y trayectoria de las masas de aire en el Norte de España



Ana Santurtún^{a,*}, Domingo F. Rasilla^b, Leyre Riancho^c y María T. Zarrabeitia^a

^a Unidad de Medicina Legal, Departamento de Fisiología y Farmacología, Universidad de Cantabria, Santander, España

^b Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad de Cantabria, Santander, España

^c Servicio de Reumatología, Hospital Sierrallana, Torrelavega, España

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido el 11 de enero de 2017

Aceptado el 23 de marzo de 2017

On-line el 8 de mayo de 2017

Palabras clave:

Enfermedad pulmonar obstructiva crónica

Contaminación del aire

PM10

Circulación atmosférica

R E S U M E N

Objetivos: La enfermedad pulmonar obstructiva crónica es una enfermedad de alta prevalencia y una de las principales causas de muerte a nivel mundial. El presente trabajo analiza la relación de esta enfermedad con las variables meteorológicas y los niveles de contaminantes atmosféricos en Santander, atendiendo al origen y trayectoria de las masas de aire.

Métodos: Se recogieron datos diarios de visitas a urgencias en el Hospital Marqués de Valdecilla de un periodo de 8 años, así como la concentración de los principales contaminantes atmosféricos y de las variables meteorológicas. Posteriormente se calcularon las retrotrayectorias con destino en Santander, a una altura de 1.500 m sobre el nivel del terreno. Finalmente, se elaboró un modelo de correlación para evaluar el efecto de los contaminantes sobre las urgencias por EPOC.

Resultados: Existe una asociación directa entre los niveles de PM10 y las urgencias por EPOC. Por cada 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de aumento del contaminante, las urgencias incrementan un 3,34% ($p = 0,00005$), y el efecto se intensifica en las personas mayores de 74 años. Cuando los niveles de PM10 son dependientes de masas de aire procedentes del Sur, así como ante situaciones de recirculación, el efecto es mayor. Con el resto de contaminantes la relación con las urgencias no es estadísticamente significativa.

Conclusiones: La exposición a PM10 provoca descompensaciones en los pacientes con EPOC. Atendiendo al patrón de circulación atmosférica se puede estimar si los niveles de PM10 van a ser elevados, y también se obtiene información sobre los componentes de las partículas.

© 2017 SEPAR. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

Relationship Between Chronic Obstructive Pulmonary Disease and Air Pollutants Depending on the Origin and Trajectory of Air Masses in the North of Spain

A B S T R A C T

Objectives: Chronic obstructive pulmonary disease (COPD) is a common respiratory condition and one of the leading causes of death. Our aim was to analyze the association between emergency room visits due to this disease and meteorological variables and atmospheric contaminant levels in Santander, depending on the origin and trajectory of air masses.

Methods: Data from emergency room visits at Hospital Marqués de Valdecilla were collected on a daily basis during an 8-year period. Data on concentrations of the main atmospheric pollutants and meteorological variables were also recorded. Retrotrajectories leading to Santander at a height of 1,500 meters above sea level were then calculated. Finally, a correlation model was produced to evaluate the effect of the contaminants on emergency visits due to COPD.

Results: There is a direct association between PM 10 levels and the number of visits to the emergency room due to COPD. For every 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ increase in pollutant levels, emergency visits increase by 3.34%

Keywords:

Chronic obstructive pulmonary disease

Air pollution

PM10 ;Atmospheric circulation

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: ana.santurtun@unican.es (A. Santurtún).

($p = 0.00005$), and this effect is enhanced in individuals over 74 years of age. This effect is heightened when PM10 levels depend on air masses from the South and when air recirculation occurs. There is no association between other pollutants and the number of visits to the emergency room.

Conclusions: Exposure to high levels of PM10 causes exacerbations in COPD patients. By studying the atmospheric circulation pattern, we can predict whether PM10 levels will be inappropriately high, and we can also obtain information about the particle components.

© 2017 SEPAR. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

Introducción

La enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) es una afección de alta prevalencia, la padece alrededor del 10% de los adultos de más de 40 años y es una de las principales causas de muerte a nivel mundial^{1,2}. La patogenia de la EPOC se ha relacionado con una respuesta inflamatoria crónica de las vías respiratorias y los pulmones frente a las partículas y gases nocivos^{3,4}, que está relacionada generalmente con el tabaquismo. Además, se han encontrado diversos factores que contribuyen al desarrollo de la enfermedad o al desencadenamiento de agudizaciones en quienes la padecen^{5,6}; durante la última década se ha avanzado en el conocimiento del efecto de la mala calidad del aire sobre la mortalidad y morbilidad asociada a esta enfermedad⁷⁻⁹.

La vía aérea es el principal punto de acceso de los contaminantes atmosféricos al organismo, y por ello los efectos de la mala calidad del aire sobre el sistema respiratorio son especialmente notables. Los contaminantes provocan inflamación del sistema respiratorio, saturan las vías responsables de la descongestión y alteran la reparación de tejidos y los sistemas de defensa inmunológica¹⁰.

Entre los contaminantes atmosféricos las partículas en suspensión de pequeño diámetro (PM10) representan uno de los compuestos más estudiados a nivel sanitario. En relación con la EPOC no solo estudios epidemiológicos han encontrado asociación con la exposición a altas concentraciones de este compuesto^{11,12}, sino que a nivel experimental también se han explicado ciertos mecanismos fisiopatogénicos que podrían justificar dicha relación: cambios en la capacidad de difusión pulmonar del CO, alteraciones en la saturación de oxígeno y aumento en los marcadores inflamatorios, junto a la estimulación de la autofagia¹³.

Habiendo sido descrita la relación entre los altos niveles de material particulado y diferentes enfermedades, el impacto de su composición sobre la salud es aún poco conocido. La composición del material particulado varía según el área de estudio (por ejemplo, las partículas carbonosas abundan en zonas de tráfico e industria, como Madrid o Puertollano, mientras que los niveles de aerosol marino son especialmente elevados en la costa atlántica)¹⁴, o la dinámica atmosférica¹⁵, por lo que es esperable que los efectos de las partículas en suspensión no sean temporal y espacialmente homogéneos. El análisis de la dinámica atmosférica aporta información sobre el origen de las masas de aire, y por lo tanto, sobre la fuente original de los aerosoles y sobre su evolución en el tiempo, lo que permite determinar la presencia de fuentes adicionales de contaminación atmosférica y establecer hipótesis sobre la composición del material particulado.

El presente trabajo tiene 2 objetivos: por un lado, analizar la relación de las urgencias atendidas por EPOC en el Hospital Universitario Marqués de Valdecilla con las variables meteorológicas y los niveles de los principales contaminantes atmosféricos (dióxido de nitrógeno [NO₂], monóxido de carbono [CO], dióxido de azufre [SO₂], ozono [O₃] y material particulado de diámetro inferior a 10 micras [PM10]) en la ciudad de Santander, una ciudad costera con escasa actividad industrial; y en segundo lugar, evaluar si la asociación entre dichas urgencias y el PM10 varía según el origen y trayectoria de las masas de aire.

Métodos

Se ha realizado un estudio de correlación retrospectivo que analiza a escala diaria entre 2003 y 2010 la relación entre las visitas a urgencias por EPOC en el Hospital Universitario Marqués de Valdecilla, centro de referencia en la ciudad de Santander, y distintas variables ambientales.

Datos de visitas a urgencias

Los datos de visitas a urgencias por EPOC fueron recogidos de manera anónima en el Servicio de Admisión y Documentación Clínica del Hospital Universitario Marqués de Valdecilla (HUMV).

Las visitas a urgencias en el HUMV no tienen una codificación que clasifique el motivo de consulta, sino que lo que se recoge es la impresión diagnóstica del médico que atendió la urgencia, empleando las palabras o abreviaturas que a su criterio mejor definen la enfermedad o sintomatología que refiere el paciente. En el caso de la EPOC la terminología empleada es muy variada («bronquitis crónica», «enfisema pulmonar», «broncopatía crónica», «agudización bronquial», «bronconeumopatía crónica», entre otras); es decir, no existe un diagnóstico final con un código asignado (como es el caso del código de la CIE en los ingresos hospitalarios). Esto implica que para recoger las urgencias por EPOC, en una primera fase sobre la base de datos de urgencias totales del hospital hubo que filtrar síntomas, así como términos que se pueden emplear para describir la enfermedad para, posteriormente, tratar cada dato de forma individual.

Se incluyeron tanto las urgencias que finalizaron con la hospitalización del paciente, como las que no requirieron de ingreso.

Contaminantes atmosféricos y variables meteorológicas

Se recogieron datos diarios de la ciudad de Santander de los principales contaminantes atmosféricos (CO, NO₂, O₃, SO₂ y PM10). En la ciudad existen 3 tipos de estaciones de medida: de fondo urbano, tráfico e industria, siendo las de fondo urbano las que por su localización son más informativas de las características del aire al que está expuesta la mayor parte de la población (por lo que son las más adecuadas para estudios de corte epidemiológico). En el estudio se trabajó con las series de la estación fija de Tetuán, por ser de fondo urbano, por encontrarse estratégicamente localizada en el centro de la ciudad y próxima al HUMV, y por contar con las series más completas de contaminantes para el período de análisis en Santander. La fuente de los datos fue el Centro de Investigación y Medio Ambiente de Cantabria (CIMA). Los datos fueron sometidos a un proceso de control y validación mediante la eliminación de datos manifiestamente incorrectos.

Asimismo se incluyeron en el estudio datos diarios de distintas variables meteorológicas: velocidad máxima del viento, humedad promedio diaria, temperatura máxima, mínima y media, presión máxima y mínima, volumen de precipitación y radiación solar global. Para ello se trabajó con la estación de medida de Santander-Parayas por contener las series históricas más completas dentro

de la ciudad. La fuente de los datos meteorológicos fue la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET).

Retrotrayectorias

La identificación del origen y trayectoria seguida por el material particulado antes de alcanzar la zona de estudio se ha realizado mediante la obtención de retrotrayectorias atmosféricas. Una retrotrayectoria representa el recorrido previo realizado por una masa de aire antes de incidir sobre un área determinada, y su uso permite un mejor conocimiento sobre las configuraciones sinópticas que afectan a un determinado ámbito, además de ser una herramienta muy útil en la interpretación de la evolución de los niveles de calidad del aire, ya que posibilita discernir entre aportes externos y locales. En este trabajo se calcularon las retrotrayectorias para cada día del periodo de análisis, con una duración de 96 horas, una altura de 1.500 m sobre el terreno y con destino en la ciudad de Santander, a las 12 UTC. Las magnitudes físicas y geográficas que caracterizan cada retrotrayectoria se obtienen aplicando un modelo de dispersión (HYSPLIT, <http://ready.arl.noaa.gov/HYSPLIT.php>) a los campos de un modelo meteorológico (el FNL gestionado por el Air Resources Laboratory).

En una segunda fase las trayectorias fueron agrupadas en un pequeño número de categorías, usando como variables de agrupamiento la longitud y latitud de cada trayectoria a intervalos consecutivos de una hora^{16,17}. El algoritmo utilizado fue K-means, usando como métrica de agrupamiento la distancia euclidiana¹⁸. Se definieron un total de 6 trayectorias, de acuerdo con los resultados obtenidos en otros trabajos, y la necesidad de manejar un número reducido de muestras para los análisis posteriores.

Análisis estadístico

Para la evaluación de la asociación entre las variables ambientales y las urgencias atendidas por EPOC se creó un modelo de regresión de Poisson en el que la variable dependiente fueron las urgencias, como covariables se tuvieron en cuenta la estacionariedad y la tendencia, y como variables predictoras se analizó el efecto de los contaminantes atmosféricos (de manera conjunta y de cada compuesto de manera independiente) y de las variables meteorológicas anteriormente descritas.

Asimismo, en el caso del PM₁₀, al ser el único compuesto con el que se encontró una asociación estadísticamente significativa, se evaluó el efecto acumulado, para lo que se añadió una nueva variable en la que se sumaba a la concentración de PM₁₀ que había en un día concreto, la que se acumulaba en los 2 días previos.

Posteriormente, para analizar la asociación del PM₁₀ según la retrotrayectoria, se creó una nueva variable «virtual» para cada situación atmosférica que contenía la concentración del contaminante en los días con ese tipo de tiempo, y 0 para el resto de días.

Finalmente, en los contaminantes con los que se encontró asociación se analizó si existían diferencias en el número de visitas hospitalarias por EPOC según el compuesto atmosférico se encontrara por encima o por debajo del umbral marcado por la OMS y establecido en la normativa vigente, mediante el empleo de la prueba «t» de Student.

Resultados

Urgencias por enfermedad pulmonar obstructiva crónica en Cantabria y relación con variables ambientales

Durante los 8 años de estudio se atendieron en el servicio de urgencias del HUMV 8.861 episodios de EPOC, y los picos de ingreso tuvieron un patrón cíclico (fig. 1). El 98% del total de las visitas por

esta enfermedad fueron de personas mayores de 44 años, y un 50% de mayores de 74 años.

El análisis de la asociación entre las variables ambientales y las urgencias atendidas por EPOC en el HUMV mostró una asociación entre los niveles de PM₁₀ a los que se encuentra expuesta la población y las visitas hospitalarias por este proceso patológico, sin que existiera relación significativa con el resto de variables meteorológicas ni con los demás contaminantes incluidos en el análisis.

Los resultados del modelo muestran que por cada 10 µg/m³ de aumento en la concentración de PM₁₀ las urgencias incrementan un 3,34% (p=0,00005), mientras que en las personas mayores de 74 años incrementan un 3,75% (p=0,001).

Por su parte, el análisis del efecto de la concentración acumulada en los 2 días previos a la visita a urgencias dio también una relación estadísticamente significativa (p=0,001) pero con un efecto inferior, por cada 10 µg/m³ de aumento en la concentración de PM₁₀ acumulado las urgencias incrementan un 1%.

Al evaluar las urgencias según el nivel de PM₁₀ sobrepase o cumpla el umbral recomendado por la OMS para proteger la salud —en 50 µg/m³ se encuentra el límite diario¹⁹— los resultados del t-test muestran que aquellos días en los que el contaminante tuvo concentraciones superiores a 50 µg/m³ se dio un número significativamente mayor de descompensaciones en pacientes con EPOC que cuando los niveles estaban por debajo de este valor (p=0,0005). Durante el periodo de análisis los días en que se sobrepasó el límite establecido por la OMS se atendieron en promedio un 18,5% más de pacientes en Santander (fig. 2).

Caracterización de la carga de aerosoles en función de la trayectoria

La trayectoria promedio de cada categoría aparece en la figura 3, habiendo recibido una denominación particular en función del área recorrida antes de llegar a Santander. Las trayectorias procedentes del océano Atlántico (NW y SW) son las más frecuentes (68%), como corresponde a un ámbito climático inmerso gran parte del año en el cinturón de vientos del Oeste (*Westerlies*). Su origen hace suponer una baja carga de aerosoles, con predominio del aerosol marino y una escasa carga antrópica. Por el contrario, las trayectorias EU (europea) y AFR (africana) recorren superficies continentales. La trayectoria N recorre áreas marítimas del Atlántico, si bien sus últimos tramos atraviesan las Islas Británicas y Francia. Por último, existe un pequeño número de trayectorias con una baja movilidad (RECIRC, recirculación), características del verano, resultado del intenso calentamiento de la meseta.

En relación con la carga media de PM₁₀ que soporta cada trayectoria, cabe señalar, en primer lugar, el contraste entre las trayectorias fundamentalmente oceánicas (SW, NW, N) y las continentales (RECIRC, AFR, EU), siendo las primeras mucho más «limpias» que las segundas (fig. 4). Además, es posible detectar ciertas singularidades dentro de cada grupo. Por ejemplo, en el caso de las circulaciones «oceánicas», la trayectoria N posee una distribución más sesgada hacia los percentiles elevados, probablemente como consecuencia de la aportación de aerosoles antrópicos durante su recorrido sobre las Islas Británicas o Europa Occidental. La trayectoria con mayor carga de PM₁₀ es la africana, pero puntualmente, las máximas concentraciones de PM₁₀ se han registrado bajo trayectorias europeas. Los niveles de las situaciones de recirculación también son elevados, porque el estancamiento impide la renovación de las masas de aire que se cargan progresivamente de material particulado procedente de la resuspensión de los aportes de los núcleos urbanos del interior de la península y de los aerosoles secundarios que se van formando^{20,21}.

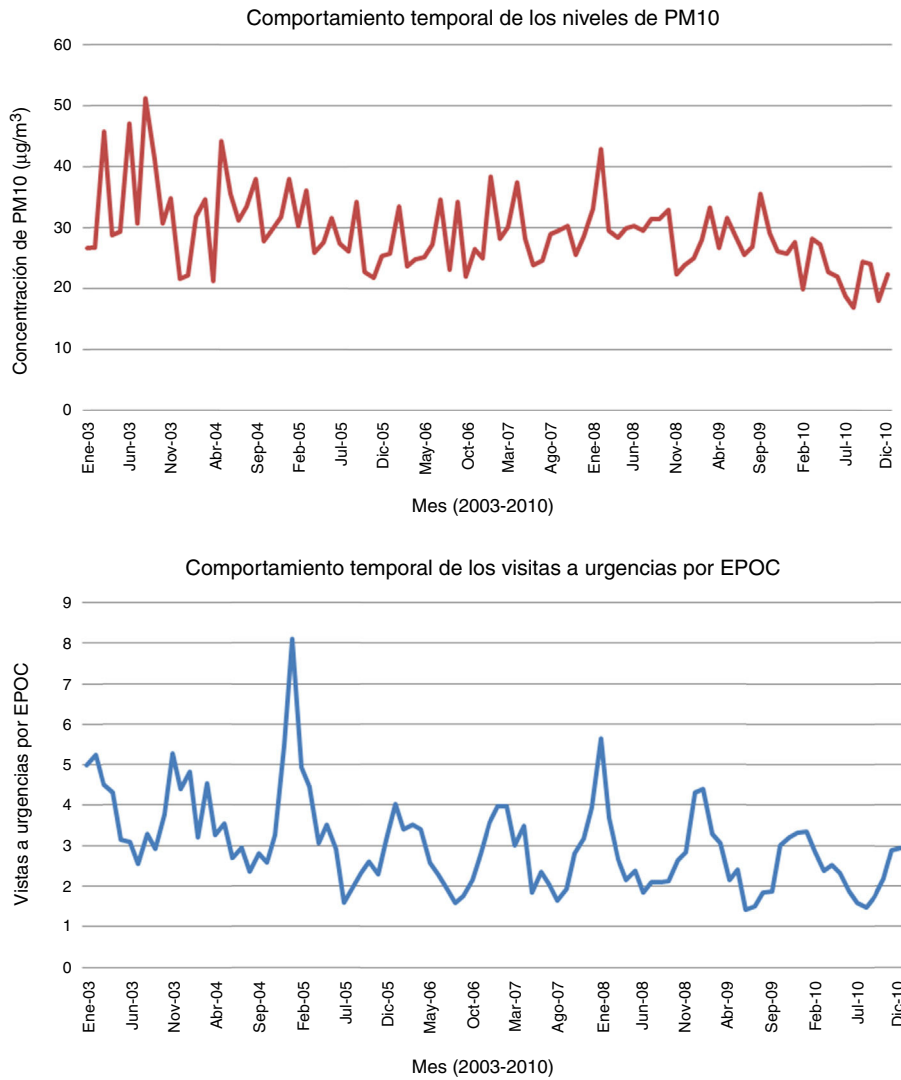


Figura 1. Serie mensual del material particulado inferior a 10 micras en la ciudad de Santander (figura superior) y de las visitas a urgencias por EPOC en el HUMV (figura inferior) durante los 8 años comprendidos entre 2003 y 2010.

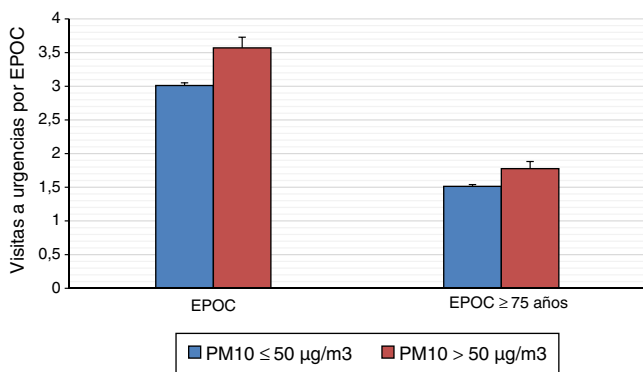


Figura 2. Promedio de urgencias hospitalarias por EPOC (en la población general y en los adultos de más edad) atendiendo a la concentración de PM10 según el umbral marcado por la OMS, con intervalo de confianza del 95%.

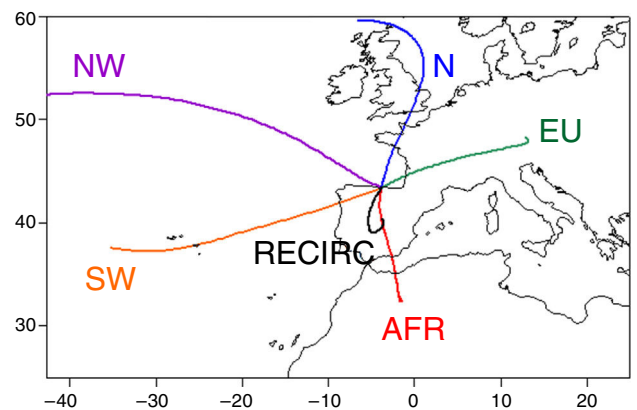


Figura 3. Tipología de las retrotraectorias y origen. AFR: Norte de África y zona mediterránea de la península; EU: Cantábrico francés; N: Islas Británicas; NW Nortatlántico; RECIRC: recirculación a nivel peninsular; SW: Sudatlántico portugués.

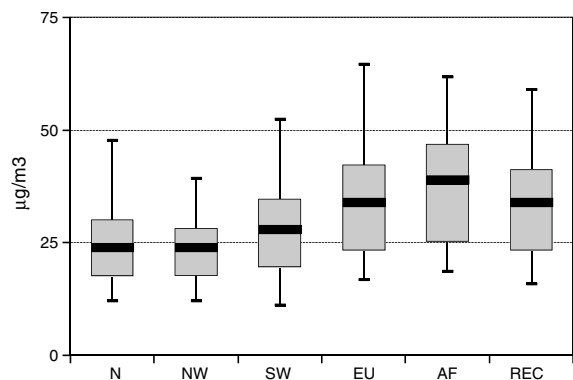


Figura 4. Concentración promedio de PM10 según la retrotrayectoria.

Relación entre los episodios de enfermedad pulmonar obstructiva crónica y el nivel de PM10 según el origen y trayectoria de las masas de aire

Cuando la situación sinóptica es de tipo N y EU, no se encuentra relación entre los niveles de PM₁₀ y las urgencias por EPOC, ni de forma global, ni en los adultos de mayor edad.

Sin embargo, en la situación sinóptica tipo AFR el efecto del PM₁₀ sobre las descompensaciones de los pacientes por EPOC incrementa notablemente, por cada 10 µg/m³ de aumento en la concentración de PM₁₀ las visitas hospitalarias incrementan un 4,58% ($p=0,00006$).

Por su parte, en los adultos de 75 años en adelante, cuando el patrón es tipo AFR, por cada 10 µg/m³ de aumento en la concentración de PM₁₀ las visitas hospitalarias ascienden un 6,11% ($p=0,0002$), y ante una situación de recirculación suben un 6,13% ($p=0,00006$).

Cuando las masas de aire proceden de NW y de SW, también existe asociación, aunque el efecto no es tan marcado (tabla 1).

Discusión y conclusiones

Los resultados más relevantes del presente estudio son: 1) existe una asociación directa entre los niveles de PM₁₀ y las urgencias por EPOC, siendo mayor el efecto del contaminante en los pacientes mayores de 74 años; y 2) los días en los que predominan las masas de aire de origen oceánico (SW, NW, N), los niveles de aerosoles son más bajos que ante trayectorias de origen continental (RECIRC, AFR, EU); 3) cuando los niveles de PM₁₀ son dependientes de masas de aire procedentes del Norte de AFR que atraviesan todo el país, así como ante situaciones de baja movilidad, de recirculación (RECIRC), el efecto sobre la salud de los pacientes con EPOC se intensifica.

Algunos autores afirman que entre todas las afecciones respiratorias la EPOC tiene la mayor correlación con la contaminación

atmosférica, y su incidencia y el agravamiento de los pacientes que la padecen se ha incrementado con la industrialización²².

Schikowski y su equipo mostraron una disminución del volumen espiratorio forzado en un segundo y del desarrollo de EPOC asociados a los niveles de PM₁₀ dependientes del tráfico urbano. Además, resaltaron que la exposición mantenida en el tiempo a un entorno con altos niveles de partículas (7 µg/m³ por encima de los habituales) se asociaba con un aumento de un 33% en el riesgo de padecer EPOC²³. Cabe reseñar que no solo el aumento de la concentración del contaminante está asociado con efectos negativos sobre la salud, sino que la disminución en la concentración de PM₁₀ a la que la población se ve expuesta puede revertir algunos de los efectos y mejorar la función pulmonar²⁴.

Como se puede apreciar, el primer hallazgo descrito en el presente estudio para la ciudad de Santander concuerda con el encontrado en otros países²⁵. Sin embargo, aquí presentamos un análisis novedoso que, a nuestro criterio, a la vista del resultado obtenido es necesario considerar cuando se hable de medidas de prevención: no basta con tener en cuenta la concentración de PM₁₀ que se está midiendo en un ambiente dado, sino que es concluyente cuál sea el origen y la trayectoria seguida por los aerosoles que determinan esa concentración.

La composición de las partículas varía de manera continua y de forma notable entre distintas áreas geográficas. Normalmente, las partículas de origen antrópico suelen tener compuestos químicos perjudiciales para la salud, y su diámetro suele ser inferior al de los aerosoles naturales, lo que hace que pasen con facilidad las barreras defensivas, alcanzando los bronquiolos terminales y los alveolos. Además, su menor tamaño permite que permanezcan durante más tiempo en el aire y su transporte por el viento sea más fácil. Esto podría estar en consonancia con el hecho de que el PM₁₀ no es un problema tan relevante en Centroeuropa, a diferencia del NO₂, mientras que en la Europa mediterránea los valores de PM₁₀ son mucho más elevados, al combinar aporte humano (proveniente del tráfico) con natural (polvo del Sahara).

Cabe reseñar que las 2 trayectorias ante las que no se ve efecto del PM₁₀ sobre las urgencias atendidas de pacientes con EPOC son las que pasan por Europa (N y EU). En teoría, en estas trayectorias el aporte antrópico es mucho mayor que el de AFR (África del Norte), cuya composición se tiende a considerar mayoritariamente natural (polvo sahariano). Sin embargo, si atendemos a la posible procedencia de los contaminantes a mesoescala (sistema del tiempo atmosférico más pequeños que la escala sinóptica meteorológica, cuyas dimensiones horizontales oscilan de cerca de 9 km a varios centenares de kilómetros), la principal fuente industrial en las proximidades de la ciudad se localiza al sureste de Santander, en la zona de Camargo, por ello, es esperable que a los aportes naturales de AFR y RECIRC se unan los antrópicos del arco sur de la bahía, y esto podría justificar que ante estas trayectorias la relación entre el PM₁₀ y las urgencias atendidas de pacientes con EPOC se intensifique. En un estudio llevado a cabo por Arruti et al. se

Tabla 1
Aumento del riesgo de asistir a urgencias por EPOC según el nivel de PM10 y el patrón de circulación atmosférico con un intervalo de confianza del 95%

	Población total			Población de 75 años en adelante		
	Aumento del porcentaje de riesgo	Intervalo de confianza	Valor de p	Aumento del porcentaje de riesgo	Intervalo de confianza	Valor de p
Material particulado (PM10)						
<i>Patrón de circulación</i>						
Global	3,34	1,71-4,99	0,000052	3,75	1,41-6,14	0,001538
N	-	-	-	-	-	-
NW	2,45	0,62-4,32	0,008378	4,29	1,63-7,02	0,001420
SW	2,96	1,31-4,64	0,000393	5,19	2,81-7,63	0,000015
EU	-	-	-	-	-	-
AFR	4,58	2,32-6,90	0,000061	6,11	2,84-9,49	0,000203
RECIRC	3,49	1,34-5,69	0,001345	6,13	3,08-9,27	0,000064

evaluaba los metales derivados de industrias de la región presentes en el PM10 que hay en el ambiente, detectando que el manganeso y el plomo (emitidos desde fábricas localizadas al Sur de Santander) eran los principales trazadores industriales²⁶, 2 compuestos con efectos perjudiciales sobre el sistema respiratorio²⁷.

Cabe recoger que nuestro trabajo presenta algunas limitaciones que habría que abordar en futuros estudios; por un lado, la falta de estandarización en el hospital para clasificar las urgencias hospitalarias hace que en el procesado manual clasificando la impresión diagnóstica del médico puedan cometerse errores (es posible que algún paciente no se incluya o que metamos en el grupo de EPOC a alguien que acudió al hospital por otra enfermedad), además, aunque analizamos datos diarios de 8 años, no contamos con información concreta de cada paciente, y teniendo en cuenta que nos encontramos ante una enfermedad multifactorial, la inclusión de más variables que han sido identificadas como de riesgo ayudaría a reforzar los resultados. Por otro lado, dado que en otros estudios se encuentra una asociación entre la EPOC y varios contaminantes como el NO₂ o el SO₂, y que en los presentes resultados exclusivamente se aprecia una relación estadísticamente significativa con el PM10, creemos que es importante destacar que esto puede deberse a los bajos niveles que alcanzan estos contaminantes en la región analizada; Cantabria es una provincia con escasa actividad industrial y reducidas áreas de tráfico intenso, y los contaminantes atmosféricos se encontraron por debajo del umbral recomendado por la OMS para proteger la salud prácticamente durante todos los días del periodo analizado. Como última limitación quisiéramos indicar que consideramos que habría sido interesante incluir en el análisis las partículas de menor diámetro (PM_{2,5}), sin embargo, esta variable no fue medida en Cantabria hasta 2009, y a partir de ese año las medidas no fueron continuas, por lo que no ha sido posible considerar su efecto.

Para concluir reseñar que en un trabajo publicado recientemente se afirmaba que ante pacientes con EPOC que vivan en zonas urbanas es esencial integrar el nivel de PM10 que hay en el aire para su control y seguimiento²⁸; actualmente, es posible acceder a predicciones sobre la concentración de contaminantes en muchas ciudades, gracias a sistemas de modelización de la calidad del aire que abordan la simulación de las condiciones meteorológicas y de la dispersión de los contaminantes con un alto grado de detalle (por ejemplo, el sistema CALIOPE²⁹), lo que a su vez permite desarrollar sistemas de alerta para adecuar los recursos sanitarios a la demanda prevista. Los resultados de este trabajo plantean igualmente la conveniencia de incorporar información sobre la composición del material particulado, constituyendo las retrotrayectorias una herramienta útil, aunque su difusión en el campo de los pronósticos operativos es aún escasa.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses

Agradecimientos

Agradecer al Dr. Rojo, médico de Admisión y Documentación Clínica en el Hospital Universitario Marqués de Valdecilla, su colaboración en la recogida de datos de las urgencias hospitalarias, y a Aurora Ortega, Jefa de Sección de Relaciones con Usuarios de la Delegación Territorial en Cantabria de AEMET, facilitarnos los datos referentes a variables meteorológicas y brindarnos todas las aclaraciones sobre su recogida y características.

Bibliografía

- Halbert RJ, Natoli JL, Gano A, Badamgarav E, Buist AS, Mannino DM. Global burden of COPD: Systematic review meta-analysis. *Eur Respir J*. 2006;28:523–32.

- Lung.org [webpage on the Internet] Trends in COPD (Chronic Bronchitis and Emphysema): Morbidity and mortality. Chicago: American Lung Association. Disponible en: <http://www.lung.org/assets/documents/research/copd-trend-report.pdf>.
- Vestbo J, Hurd SS, Agustí AG, Jones PW, Vogelmeier C, Anzueto A, et al. Global strategy for the diagnosis, management, and prevention of chronic obstructive pulmonary disease: GOLD executive summary. *Am J Respir Crit Care Med*. 2013;187:347–65.
- Liu Y, Yan S, Poh K, Liu S, Iyoriobhe E, Sterling DA. Impact of air quality guidelines on COPD sufferers. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*. 2016;11:839–72.
- Ko FW, Chan KP, Hui DS, Goddard JR, Shaw JG, Reid DW, et al. Acute exacerbation of COPD. *Respirology*. 2016;21:1152–65.
- Wark PA, Toozee M, Powell H, Parsons K. Viral and bacterial infection in acute asthma and chronic obstructive pulmonary disease increases the risk of readmission. *Respirology*. 2013;18:996–1002.
- Badyda AJ, Grellier J, Dąbrowiecki P. Ambient PM_{2.5} exposure and mortality due to lung cancer and cardiopulmonary diseases in Polish cities. *Adv Exp Med Biol*. 2016.
- Casas L, Simons K, Nawrot TS, Brasseur O, Declerck P, Buyl R, et al. Respiratory medication sales and urban air pollution in Brussels (2005 to 2011). *Environ Int*. 2016;94:576–82.
- Dijkema MB, van Strien RT, van der Zee SC, Mallant SF, Fischer P, Hoek G, et al. Spatial variation in nitrogen dioxide concentrations and cardiopulmonary hospital admissions. *Environ Res*. 2016;151:721–7.
- Thurston GD, Kipen H, Annesi-Maesano I, Balmes J, Brook RD, Cromar K, et al. A joint ERS/ATS policy statement: what constitutes an adverse health effect of air pollution? An analytical framework. *Eur Respir J*. 2017;49:1600419.
- Kumar N, Liang D, Comellas A, Chu AD, Abrams T. Satellite-based PM concentrations and their application to COPD in Cleveland, OH. *J Expo Sci Environ Epidemiol*. 2013;23:637–46.
- Schikowski T, Mills I, Anderson HR, Cohen A, Hansell A, Kauffmann F, et al. Ambient air pollution—a cause for COPD? *Eur Respir J*. 2014;43:250–63.
- Lee KY, Chiang LL, Ho SC, Liu WT, Chen TT, Feng PH, et al. Associations of autophagy with lung diffusion capacity and oxygen saturation in severe COPD: Effects of particulate air pollution. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*. 2016;11:1569–78.
- Querol X, Alastuey A, Moreno T, Viana MM, Castillo S, Pey J, et al. Material particulado en España: niveles, composición y contribución de fuentes. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente: Consejo Superior de Investigaciones Científicas; 2006.
- Pey J, Querol X, Alastuey A, Forastiere F, Stafoggia M. African dust outbreaks over the Mediterranean Basin during 2001–2011: PM10 concentrations, phenomenology and trends, and its relation with synoptic and mesoscale meteorology. *Atmos Chem Phys*. 2013;13:1395–410.
- Dorling SR, Davies TD. Extending cluster analysis—Synoptic meteorology links to characterise chemical climates at six northwest European monitoring stations. *Atmos Environ*. 1995;29:145–67.
- Dorling SR, Davies TD, Pierce CE. Cluster analysis: A technique for estimating the synoptic meteorological controls on air and precipitation chemistry—method and applications. *Atmos Environ*. 1992;26:2575–81.
- Borge R, Lumberas J, Vardoulakis S, Kassomenos P, Rodriguez E. Analysis of long-range transport influences on urban PM10 using two stage atmospheric trajectory clusters. *Atmos Environ*. 2007;41:4434–50.
- WHO. Ambient (outdoor) air quality and health. Versión actualizada en septiembre de 2016. [consultado 20 Oct 2016]. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/en/>
- Rodríguez S, Querol X, Alastuey A, Mantilla E. Origin of high summer PM10 and TSP concentrations at rural sites in Eastern Spain. *Atmospheric Environment*. 2002;36:3101–12.
- Querol X, Alastuey A, Rodríguez S, Viana MM, Artíñano B, Salvador P, et al. Levels of particulate matter in rural, urban and industrial sites in Spain. *Sci Total Environ*. 2004;334–335:359–76.
- Bhatia A, Prakash V, Kant S, Verma AK. A search for covert precipitating clinical parameters in frequent exacerbators of chronic obstructive pulmonary disease. *Lung India*. 2016;33:600–4.
- Schikowski T, Sugiri D, Ranft U, Gehring U, Heinrich J, Wichmann HE, et al. Long-term air pollution exposure and living close to busy roads are associated with COPD in women. *Respir Res*. 2005;6:152.
- Schindler C, Keidel D, Gerbase MW, Zemp E, Bettschart R, Brändli O, et al. Improvements in PM10 exposure and reduced rates of respiratory symptoms in a cohort of Swiss adults (SAPALDIA). *Am J Respir Crit Care Med*. 2009;179:579–87.
- Song Q, Christiani DC, Wang X, Ren J. The global contribution of outdoor air pollution to the incidence, prevalence, mortality and hospital admission for chronic obstructive pulmonary disease: A systematic review and meta-analysis. *Int J Environ Res Public Health*. 2014;11:11822–32.
- Arruti A, Fernández-Olmo I, Irabien A. Evaluation of the contribution of local sources to trace metals levels in urban PM_{2.5} and PM10 in the Cantabria region (Northern Spain). *J Environ Monit*. 2010;12:1451–8.
- Zeng X, Xu X, Zheng X, Reponen T, Chen A, Huo X. Heavy metals in PM_{2.5} and in blood, and children's respiratory symptoms and asthma from an e-waste recycling area. *Environ Pollut*. 2016;210:346–53.
- Badyda A, Gayer A, Czechowski PO, Majewski G, Dąbrowiecki P. Pulmonary function and incidence of selected respiratory diseases depending on the exposure to ambient PM10. *Int J Mol Sci*. 2016;17.
- Sistema de pronóstico de la calidad del aire. CALIOPE [consultado 23 Feb 2017]. Disponible en: <http://www.bsc.es/caliope/es>