

Efectos en salud del ruido de tráfico: Más allá de las “molestias”

Health effects of noise traffic: Beyond ‘discomfort’

Efeitos do ruído de tráfego na saúde: para além das “moléstias”

Julio Díaz Jiménez, Cristina Linares Gil

Escuela Nacional de Sanidad. Instituto de Salud Carlos III.

Cita: Díaz Jiménez J, Linares Gil C. Rev. salud ambient. 2015; 15(2):121-131.

Recibido: 14 de enero de 2015. **Aceptado:** 20 de abril de 2015. **Publicado:** 15 de diciembre de 2015.

Autor para correspondencia: Julio Díaz Jiménez.

Correo e: j.diaz@isciii.es

Escuela Nacional de Sanidad. Instituto de Salud Carlos III. Avda. Monforte de Lemos 5. 28029 Madrid.

Financiación: Acción Estratégica en Salud del Instituto de Salud Carlos III: Proyecto ENPY 1001/13 y SEPY-1037/14.

Declaración de conflicto de intereses: Los autores declaran que no existen conflictos de intereses que hayan influido en la realización y la preparación de este trabajo.

Declaraciones de autoría: Todos los autores contribuyeron al diseño del estudio y la redacción del artículo. Asimismo, todos los autores aprobaron la versión final.

Resumen

Tradicionalmente ha sido el ruido en ambiente laboral el que se ha relacionado con trastornos tanto auditivos como no auditivos en las personas expuestas. Recientemente el ruido producido en proximidades de aeropuertos se ha relacionado con diferentes patologías, fundamentalmente cardiovasculares. En los últimos años se ha relacionado el ruido ambiental en las grandes ciudades, en gran medida debido al tráfico, con diversas patologías tanto de naturaleza cardiovascular como respiratorias e incluso diabetes. En este trabajo, además de hacer una somera descripción de los estudios que relacionan ruido ambiental con morbilidad y de los diferentes mecanismos biológicos implicados que pueden explicar estas asociaciones, se presentan los resultados de un conjunto de investigaciones que, mediante análisis de series temporales, relacionan el ruido de tráfico de la ciudad de Madrid con la mortalidad diaria por causas circulatorias, respiratorias y diabetes en el grupo de mayores de 65 años. Así como la mortalidad anual atribuible al ruido de tráfico en Madrid y su comparación con el atribuible a las PM_{2,5}.

Palabras clave: ruido de tráfico; mortalidad cardiovascular; mortalidad respiratoria; evaluación impacto en salud.

Abstract

Noise in the workplace has traditionally been linked to both auditory and non-auditory disorders in people exposed. Recently the noise around airports has been linked to different pathologies, primarily cardiovascular-related. In recent years, environmental noise in large cities, due, to a large extent, to traffic, has been linked to various cardiovascular and respiratory diseases, and even to diabetes. In this article, in addition to giving a brief description of studies linking ambient noise and morbidity and of the different biological mechanisms involved that may explain these associations, we present the results of a series of studies which link by means of time-series analysis link traffic noise in the city of Madrid and daily mortality for cardiovascular, respiratory and diabetes-related reasons in the group of 65+ year-olds, as well as the annual mortality attributable to traffic noise in Madrid and its comparison with that attributable to PM_{2.5}.

Keywords: traffic noise; cardiovascular mortality; respiratory mortality; health impact assessment.

Resumo

Os transtornos auditivos têm sido tradicionalmente associados ao ruído laboral das pessoas expostas. Recentemente, o ruído produzido nas proximidades de aeroportos foi relacionado com diferentes patologias, sobretudo as cardiovasculares. Nos últimos anos, o ruído ambiental das grandes cidades, principalmente devido ao tráfego, foi relacionado com diversas patologias, tanto de natureza cardiovascular, como respiratória e inclusivamente com diabetes. Neste trabalho, para além de se fazer uma breve descrição dos estudos que relacionam o ruído ambiental com a morbilidade e os diferentes mecanismos biológicos implicados, possíveis

de explicar nessas associações; apresentam-se os resultados de um conjunto de investigações que, mediante a Análise de Séries Temporais, relacionam o ruído de tráfego na cidade de Madrid com a mortalidade diária por causas circulatórias, respiratórias e diabetes na faixa etária de maiores de 65 anos. Assim como a mortalidade anual atribuída ao ruído de tráfego em Madrid e a sua comparação com a atribuição às PM_{2,5}.

Palavras-chave: ruído de tráfego; mortalidade cardiovascular; mortalidade respiratória; avaliação de impacto na saúde.

INTRODUCCIÓN

La contaminación acústica se ha convertido en los últimos años en un problema de gran trascendencia social por las implicaciones que tiene sobre la calidad de vida de los ciudadanos, fundamentalmente en las grandes urbes. Según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), 130 millones de personas, durante el día, están expuestas a niveles de ruido que superan los 65 dB(A) y gran parte de ellas sufren valores de contaminación acústica por encima de los límites establecidos tanto por la Organización Mundial de la Salud (OMS)¹, como por la Agencia Americana de Protección del Medio Ambiente². Un estudio de la OMS Europa, realizado en 2011 expone que el 40 % de la población de los países de la UE está expuesta a niveles de ruido de tráfico superiores a 55 dB(A); el 20 % a más de 65 dB(A) durante el día y el 30 % a niveles superiores a 55 dB(A) por la noche³, que se ha traducido en la pérdida de 61 000 años de vida potencialmente perdidos por discapacidad (disability-adjusted life year: DALY). Un metaanálisis recientemente publicado, indica que el ruido del tráfico estaría entre los cuatro factores medioambientales con mayor impacto en la salud, ocasionando entre 400 y 1500 DALY por millón de habitantes en Europa⁴. En concreto, se estima que un 3 % de los casos de enfermedad isquémica del corazón en las grandes ciudades son atribuibles al ruido del tráfico rodado⁵. Cada vez hay más estudios que apuntan a una asociación significativa entre el ruido urbano y desenlaces cardiovasculares graves como el infarto de miocardio y el ictus⁶⁻⁸. Los factores de riesgo que se relacionan directamente con el accidente cardiovascular son la hipertensión, la arteriosclerosis y el bajo índice de variabilidad de la frecuencia cardíaca.

En cuanto a nuestro país cerca de 9 millones de personas soportan niveles medios de ruido superiores a 65 dB(A)². Los mapas de ruido de 19 ciudades españolas reflejan que el 27,7 % de la población soporta ruidos superiores a 65 dB(A)⁹. Casi un tercio de los hogares españoles (30,5 %) declaraban sufrir molestias por ruidos generados en el exterior de sus viviendas².

DE UN PROBLEMA DE SALUD LABORAL A UNO DE SALUD PÚBLICA

En principio, los efectos de la contaminación acústica sobre la salud se manifestaban en personas que, en su ambiente laboral, se veían sometidas a altos niveles de ruido y se limitaban a problemas auditivos como el desplazamiento del umbral de audición, acúfenos y pérdida de audición. De hecho, la legislación reconoce la sordera como enfermedad profesional producida por el ruido. Además de estos problemas auditivos relacionados con el ambiente laboral había otros menos objetivos como las "molestias": perturbaciones del sueño, estrés, dolor de cabeza, etc. y más tarde, también en el ámbito laboral, se comenzaron a detectar trastornos cardiovasculares y otras patologías relacionadas con respuestas hormonales. Lejos de ser patologías banales, los problemas relacionados con el ruido en ambiente laboral incluyen variaciones en la presión arterial; se ha relacionado con la hipertensión e incluso se han establecido asociaciones entre los niveles de ruido en ambiente laboral y un aumento del riesgo de sufrir patologías cardiovasculares más graves como ictus, infartos y, por tanto, con un aumento de riesgo de la mortalidad por estas causas. En un ambiente laboral el tipo de exposición a este contaminante atmosférico de tipo físico, generalmente estaba relacionada con altas intensidades sonoras y se regulaba con la exposición del trabajador a cortos periodos de tiempo. Por tanto, el problema se circunscribía a un reducido grupo de personas. Posteriores estudios mostraron que no sólo la exposición a altas intensidades de ruido durante cortos periodos de tiempo producía efectos en salud, sino que largas exposiciones a intensidades sonoras más bajas tenían efectos similares. De este modo, se empezaron a relacionar patologías similares a las anteriormente descritas para el ambiente laboral, en personas que si bien, no estaban expuestas a grandes niveles sonoros, si lo estaban durante un periodo de tiempo mayor. Se iniciaron los estudios en entornos abiertos especialmente ruidosos como son las proximidades de los aeropuertos, donde se detectaron patologías en los residentes en estas zonas similares a las descritas para el ambiente laboral. Más tarde, estas investigaciones se extendieron

a la totalidad de los habitantes de la ciudad. El problema pasó así de ser un problema laboral a ser un problema ambiental y, por tanto, de ser un grupo reducido el de personas expuestas a ser un problema de salud pública que implica a millones de personas¹⁰.

EFFECTOS DEL RUIDO SOBRE LA SALUD. EFECTOS AUDITIVOS Y NO AUDITIVOS DEL RUIDO

a. TRASTORNOS AUDITIVOS DEL RUIDO

Antes de comenzar a definir lo que se denomina trastorno de audición es preciso señalar el significado de algunos conceptos. En primer lugar, se define audición normal como la capacidad de detectar sonidos en la gama de 20 a 20 000 Hz. Esta audición normal varía según las personas, así, en esta audición normal influye la edad. Está comprobada la pérdida de audición con la edad, lo que se denomina presbiacusia. Suele darse generalmente en la frecuencia alta y afecta a ambos oídos. Otro factor que varía de unas personas a otras está relacionado con factores ambientales, así la socioacusia tiene en cuenta que en los países industrializados las mujeres tienen mejor oído que los hombres. El nivel de audición se refiere al nivel del umbral audiométrico de un individuo y se establece según la normativa vigente. Una vez determinado el nivel de audición se puede calcular el desplazamiento del umbral de audición inducido por el ruido y es la cantidad de pérdida de audición atribuible al ruido, es decir, descontando otros efectos como la presbiacusia o la socioacusia. Se denomina trastorno de audición al nivel de audición en el cuál los individuos comienzan a tener problemas en la vida normal y varía según los países. Por ejemplo, en los Estados Unidos de América (US) se habla de trastorno de audición cuando el nivel de audición está por encima de los 26 dB para frecuencias entre 500-2000 Hz, mientras que en el Reino Unido (UK) este umbral se fija en 30 dB para frecuencias entre 1000 y 2000 Hz¹¹.

Además de los efectos relacionados con el trastorno de la audición existe lo que se denomina efecto máscara que consiste en que un sonido impide la percepción parcial de otros, especialmente la comunicación hablada. Este efecto puede traer consigo el aislamiento de las personas sometidas a él, la disminución en la eficacia del trabajo e incluso puede provocar accidentes. Los acúfenos se refieren a los ruidos que aparecen en el interior del oído por alteración del nervio auditivo. Se los ha relacionado fundamentalmente con el ruido de tráfico y puede provocar ansiedad y cambios de carácter. Por último, señalar la fatiga auditiva que tiene en cuenta el déficit temporal de la sensibilidad auditiva y suele estar provocado por ruidos continuos a partir de los 87 dB(A).

b. TRASTORNOS NO AUDITIVOS DEL RUIDO

A los trastornos auditivos anteriormente citados hay que añadir otros trastornos que tienen su origen en haber estado sometidos a dosis altas de ruido. Así, por ejemplo, un estudio realizado en Francia sobre 2000 personas sometidas a niveles de ruido superiores a 85 dB(A) mostró una serie de patologías que no se daban en otro grupo similar de personas no expuestas a esos niveles tan altos de ruido. Se detectó que las expuestas presentaban un 12 % más de problemas cardiovasculares, un 37 % más de problemas neurológicos y un 10 % más de problemas digestivos. Otro estudio similar realizado con personas en las proximidades del aeropuerto de Los Ángeles mostró un aumento del 18% sobre la media de enfermedades vasculares con resultado de muerte. La relación entre ruido e hipertensión arterial ha quedado clara en diversos estudios y de hecho, en la Conferencia de Estocolmo sobre el ruido, en 1988, el ruido aparece como un factor de riesgo de hipertensión arterial. Ha quedado demostrado que ruidos intensos entre 95 y 105 dB(A) son capaces de provocar una vasoconstricción de las arterias con el consiguiente aumento de la presión arterial. Esta relación entre el ruido y la actividad cardiovascular tiene su efecto sobre el sueño, ya ha quedado demostrado que ruidos con nivel sonoro equivalente (Level equivalent sound: Leq), Leq noche de 35 dB(A) o picos superiores a 50 dB(A) impiden conciliar el sueño paradójal y provocan fatiga nerviosa¹².

Según el informe Ruido y salud¹³, estudios realizados sobre ruido ambiental muestran una asociación entre la exposición al ruido y la enfermedad cardiovascular. Según expertos de la OMS, hay evidencia suficiente de la asociación entre ruido de tráfico y las enfermedades isquémicas cardiacas (aquellas en que hay daño celular por falta de riego sanguíneo y aporte de oxígeno a los tejidos, como la angina de pecho y el infarto agudo de miocardio), y evidencia limitada/suficiente de asociación entre el ruido comunitario y la hipertensión, que en sí misma ya es un importantísimo factor de riesgo cardiovascular. Las investigaciones parecen mostrar que el incremento de riesgo para una enfermedad cardiovascular inducida por el ruido es, en general, de magnitud moderada, pero, sin embargo, es de gran importancia desde el punto de vista de la salud pública, por el gran número de personas de riesgo (los expuestos al ruido son muchos) y porque el ruido al que estamos expuestos continúa aumentando y, en ocasiones, es muy difícil luchar contra él. Sus efectos sobre la salud individual y colectiva no son desdeñables. En este sentido, el estudio "Burden of Disease from Environmental Noise" (Carga de Enfermedad por Ruido Ambiental)¹⁴ ha estimado que en Europa se pierden cada año 61 000 años de vida saludable por discapacidad

solo a causa de la cardiopatía isquémica atribuible a ruido ambiental. Un aspecto interesante es que estos efectos cardiovasculares del ruido son independientes de las molestias y perturbaciones en el sueño que el ruido también ocasiona. Quiere decir que el ruido que no interfiere con el sueño, también puede provocar respuestas autónomas como las descritas. Por tanto, no se da un acostumbramiento completo al ruido nocturno y la persona que duerme sigue presentando reactividad cardiovascular frente al ruido. En el estudio anteriormente citado, la asociación entre nivel de ruido y resultados cardiovasculares era más fuerte con respecto a la exposición al ruido durante la noche que al diurno.

En la publicación Ruido y salud¹³ se realiza una revisión y síntesis de los principales y más importantes e interesantes estudios que se han realizado sobre los efectos cardiovasculares del ruido. Estos son algunos de los resultados: el estudio NAROMI (*Noise burden and the risk of myocardial infarction* / carga de ruido y riesgo de infarto de miocardio) encontró que la exposición crónica al ruido estaba asociada con un incremento entre suave y moderado del riesgo de infarto de miocardio, tanto en hombres como en mujeres¹⁵. Sin embargo, no encontró que ese efecto fuera dependiente de la presión sonora a la que se encontraban expuestos (un aspecto interesante es que contempla la posibilidad, cada vez más considerada, de que la contaminación del aire y la exposición crónica al ruido estén relacionadas e incluso interactúen en el aumento del riesgo de enfermedades cardíacas y pulmonares. El estudio HYENA (*Hypertension an exposure to noise near airports* / hipertensión y exposición al ruido de aeropuertos), fue el primer estudio multicéntrico (realizado en varios lugares a la vez) en valorar los efectos de la exposición al ruido de aviones y tráfico rodado sobre la presión sanguínea y la patología cardíaca¹⁶. En él, los investigadores encontraron relaciones significativas exposición-respuesta entre la exposición al ruido nocturno de aviones, la media diaria de ruido de tráfico rodado y el riesgo de hipertensión. El estudio LARES (*Large analysis an reviews of european housing and health status* / análisis y revisión de la vivienda en Europa y el estado de salud) confirmó que la molestia crónica por ruido de tráfico se asocia con un aumento del riesgo para el sistema cardiovascular en adultos (de 18 a 59 años). Curiosamente, también se mostraron efectos en el sistema locomotor sensible al estrés, como los síntomas artríticos, y en el sistema neuropsíquico. Los riesgos para los niños que mostraron una percepción de molestia elevada por ruido fueron mayores que para los adultos¹⁷. Más estudios sobre exposición a ruido de tráfico y efectos cardiovasculares muestran un incremento del riesgo relativo (una medida de la asociación utilizada en epidemiología) de la enfermedad isquémica del corazón

siempre que el ruido de tráfico del día excediera los 65 dB(A). Otros concluyen que las personas expuestas a ruido de tráfico mayor o igual a 50 dB(A) tienen un riesgo incrementado para el infarto de miocardio comparado con los sujetos expuestos a menos de 50 dB(A) y este efecto era así incluso excluyendo a los expuestos a ruidos de otras fuentes o con pérdida auditiva. También se ha visto que el ruido provoca efectos cardiovasculares durante el sueño. Por sí mismo, el sueño interrumpido puede ser un factor de riesgo para el infarto de miocardio. Además de estos estudios epidemiológicos observacionales, también se han realizado estudios experimentales en que se demuestra que la exposición a ruido ambiental por encima de 55 dB(A) a una muestra de jóvenes, provoca aumentos directos de la presión sanguínea, siendo mayores en las mujeres que en los hombres.

Además, existen multitud de estudios que relacionan el ruido con alteraciones psíquicas tales como inseguridad, inquietud, falta de concentración, astenia, agresividad, irritabilidad, alteraciones del carácter, alteraciones de la personalidad y trastornos mentales. Mediante estudios epidemiológicos, se conoce que el ruido está relacionado con los internamientos en psiquiátricos, con aumento de suicidios, etc. Otros trabajos de similares características muestran la influencia del ruido sobre el comportamiento solidario, de modo que ha quedado demostrado que el nivel de ayuda entre vecinos disminuye según aumenta el nivel de ruido ambiental.

MECANISMOS BIOLÓGICOS IMPLICADOS EN LOS EFECTOS NO AUDITIVOS DE RUIDO

Según la OMS, el ruido causa distintas reacciones a lo largo del eje hipotalámico-hipofisiosuprarrenal, tales como un aumento de la hormona adrenocorticotrópica y de los corticosteroides (en experiencias de laboratorio se han provocado formas agudas de estas reacciones con niveles de ruidos moderados). En la tabla 1 se muestra una revisión de estudios sobre personas expuestas a ruidos producidos por distintas fuentes¹⁸. Por ejemplo, en el estudio realizado por Babish para un total de 2512 personas expuestas a ruido de tráfico mostraron niveles significativamente superiores de glucosa y colesterol. Mientras que en otro realizado también sobre personas expuestas a ruido de tráfico, las personas expuestas mostraron niveles significativamente superiores de triglicéridos. En el estudio de Brown las personas expuestas a ruido nocturno de calle mostraron valores más altos de cortisol y noradrenalina.

Tabla 1. Resultados de algunos estudios de laboratorio sobre diferentes niveles de algunos parámetros biológicos entre personas expuestas y no expuestas al ruido. Elaboración propia a partir de datos de Maschke¹⁸

Autor	Tipo de ruido	Número de personas	Glucosa	Colesterol	Triglicéridos	Fibrinógenos	Adrenalina	Cortisol
Babisch	Diurno/ Calle	2512	+	+	=	(+)		
Babisch	Diurno/ Calle	2030	+	(+)	+	=		
Maschke	Nocturno/ Aviones	28	=	=	=		+	+
Braun	Nocturno/ Calle	25					=	+
Harder	Nocturno/ Aviones	16	=	=	=	(+)	(+)	(+)

= Diferencia no relevante; + Significativamente mayor; (+) Relevante sin diferencia significativa

La activación del sistema reticular por el ruido produce el vertido de sustancias en la sangre, como mecanismo de respuesta a una situación de estrés, principalmente, adrenalina, norepinefrina y cortisol para personas sometidas a ruido de tráfico, que podría explicar la relación entre ruido y diversas patologías cardiovasculares que, como se verá más tarde, pueden tener incidencia sobre la mortalidad diaria por estas causas específicas. El grado de aceptación del ruido ambiental viene determinado por aspectos psicosociales y demográficos como el tiempo de residencia, la sensibilidad, la actitud y la personalidad^{19,20}. Esta respuesta es canalizada por el sistema límbico al hipotálamo, en un proceso endocrino que culmina en la corteza adrenal con la liberación de cortisol. La exposición al ruido nocturno produce interrupciones del sueño y despertar electroencefalográfico, lo que ocasiona una insuficiencia del sueño profundo y reparador SWS, así como una afectación del sueño REM^{21,22}. La disminución del tiempo de sueño reparador provoca un aumento de los niveles de cortisol al día siguiente^{23,24}. En todos los estudios se constata una generalizada inadaptación al ruido nocturno a largo plazo por parte de los individuos, lo que puede llevar a una cronificación en la sobreproducción de cortisol²⁵⁻²⁷. La hipercortisolemia está asociada con el desarrollo o agravamiento de la aterosclerosis. En efecto, el cortisol activa el metabolismo del tejido adiposo con el fin de incrementar el aporte energético en el organismo en respuesta al estrés. La lipólisis de los triglicéridos aumenta la cantidad de ácidos grasos en las arterias, favoreciendo la acumulación irreversible de placas que aumentan el riesgo de accidente cardiovascular por isquemia o trombosis²⁸. Además, las perturbaciones en el sueño en cuanto a su duración y calidad, relacionadas con ruido nocturno, se han asociado con la regulación

de la glucosa que presentaría valores matinales más incrementados de glucosa y menores de insulina en personas sometidas a niveles elevados de ruido nocturno, lo que podría estar relacionado con el aumento de patologías como la diabetes²⁹.

Por otro lado, niveles altos de cortisol se relacionan con un debilitamiento del sistema inmunológico lo que haría prosperar algunas patologías de carácter infeccioso relacionadas con el aparato respiratorio²⁴.

La siguiente cuestión que cabe plantearse a continuación es si estas elevaciones de diferentes parámetros biológicos tienen una implicación sobre diferentes indicadores de salud como los ingresos hospitalarios por urgencias o la mortalidad diaria por diferentes causas específicas. A continuación se muestran los resultados de algunos trabajos de análisis de series temporales realizados para la ciudad de Madrid en diferentes periodos de tiempo.

RESULTADOS DE ALGUNOS ESTUDIOS REALIZADOS PARA LA CIUDAD DE MADRID EN POBLACIÓN ADULTA

a. RELACIÓN ENTRE LOS NIVELES DE RUIDO DE TRÁFICO EN MADRID Y LOS INGRESOS HOSPITALARIOS POR URGENCIAS EN EL HOSPITAL GREGORIO MARAÑÓN DE MADRID³⁰

El estudio se realizó en Madrid en el periodo 1995-1997 y se tuvo en cuenta el efecto de variables de contaminación atmosférica química así como variables meteorológicas, como temperatura y humedad, sobre los ingresos hospitalarios por urgencias en población general, excluido traumatismos y partos, en el Hospital

Gregorio Marañón de Madrid. La metodología utilizada fue el análisis de series temporales mediante dos metodologías que arrojaron resultados muy similares: los modelos ARIMA y la Regresión de Poisson.

En este periodo de tiempo los niveles de ruido diurno (Leq 8-22 h) superaron los 65 dB(A) el 97 % de los días y los 55 dB(A) para la noche el 100 % de las veces.

Los resultados indican que, independientemente de la contaminación química, incrementos de 1 dB(A) en los niveles de ruido diurno se relacionan con un incremento del riesgo del 5,1 % para los ingresos por todas las causas excepto accidentes y partos. Es decir, en dos poblaciones similares pero una sometida a un nivel de ruido diurno superior en 1 dB(A) a la otra, el riesgo de ingresos por urgencias es superior en un 5,1 % en el lugar más ruidoso. Para el caso de las causas circulatorias es del 4,2 % y para la respiratorias del 3,7 %. Los mecanismos

biológicos descritos en el apartado anterior permiten dar plausibilidad biológica a estos resultados.

b. RELACIÓN ENTRE EL RUIDO DE TRÁFICO Y LA MORTALIDAD DIARIA POR CAUSAS CIRCULATORIAS EN MADRID²¹

En este estudio se analizó la relación entre la mortalidad diaria ocurrida en Madrid por causas cardiovasculares, tanto para mayores de 65 años como para menores de 65 años, y los niveles de ruido en el periodo 2003-2005. La metodología utilizada en este caso fue el análisis de series temporales mediante Case-Crossover. En este periodo se superó el umbral de 65 dB(A) el 54 % de los días y el 100 % de las noches los 55 dB(A).

Los resultados del impacto de los diferentes niveles sonoros sobre la mortalidad por causas cardiovasculares son los que se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Asociaciones entre los niveles de ruido diurno, nocturno y diario con la mortalidad por causas circulatorias en mayores de 65 años en Madrid para el retraso 1. Los incrementos del Riesgo (IRR) se refieren a aumentos de 1 dB(A) en los niveles de ruido y de 10 µg/m³ en el de los contaminantes primarios (Tobías et ál. 2014a)

	Niveles de Ruido		PM2,5		NO ₂	
	IRR (%)	(95 % IC)	IRR (%)	(95 % IC)	IRR (%)	(95 % IC)
Ruido diurno (8-22h)	4,5	(0,3 8,9)				
+PM2,5	4,9	(0,5 9,4)	1,9	(-0,3 4,1)	2,2	(0,0 4,5)
+NO ₂	4,3	(0,2 8,7)				
Ruido nocturno (8-22h)	3,4	(0,1 6,9)				
+PM2,5	3,7	(0,2 7,3)	2,2	(-0,1 4,4)	2,4	(0,2 4,7)
+NO ₂	3,7	(0,2 7,3)				
Ruido diario (0-24h)	6,6	(2,2 11,1)				
+PM2,5	6,8	(2,3 11,5)	2,1	(-0,1 4,3)	2,3	(0,1 4,5)
+NO ₂	6,6	(2,2 11,2)				

Los resultados indican que el aumento de 1 dB(A) en los niveles del ruido de tráfico se relaciona con un efecto sobre la mortalidad por causas cardiovasculares que llega hasta incrementos del Riesgo Relativo (IRR) de la mortalidad de hasta un 6,6 % en el grupo de mayores de 65 años, siendo mayor el efecto para el ruido diario. Este efecto, como puede observarse, es mayor que el debido a los contaminantes químicos tradicionales ligados al tráfico como PM2,5 o NO₂. No se ha observado incremento del riesgo con significación estadística para el grupo de menores de 65 años. Los efectos se

manifiestan con un día de retraso, es decir, incrementos en el momento presente de los niveles de ruido influyen sobre la mortalidad por causas cardiovasculares que se producirán un día después.

Los mecanismos biológicos anteriormente descritos relacionados con aumentos de las hormonas adrenalina o norepinefrina, o respuestas como incremento del número de plaquetas o aumento de la tensión arterial antes descrito podrán justificar biológicamente estos resultados.

Por otra parte se ha llevado a cabo el análisis del ruido diario (Leq 24 h) sobre la mortalidad por diferentes causas específicas dentro de las cardiovasculares en la ciudad de Madrid. El periodo analizado ha sido en esta ocasión 2001-2009. Los resultados indican que para incrementos de 0,5 dB(A) en nivel de ruido diario la mortalidad por todas las causas cardiovasculares es del 3 % (muy similar al obtenido para el periodo 2003-2005), pero que asciende a un 3,5 % para "otras enfermedades isquémicas"; un 5 % para el caso de accidente cerebrovascular y llega hasta un 7 % para el caso del infarto de miocardio.

c. RELACIÓN ENTRE EL RUIDO DE TRÁFICO Y LA MORTALIDAD POR CAUSAS RESPIRATORIAS EN MADRID³²

Al igual que se realizó para causas cardiovasculares, y puesto que ya se había encontrado asociación entre el ruido de tráfico y los ingresos hospitalarios por causas respiratorias, se procedió a analizar la asociación entre la mortalidad diaria por causas respiratorias en Madrid y los niveles de ruido. El periodo analizado fue, al igual que con las causas cardiovasculares, el 2003-2005 y la metodología utilizada el análisis de series temporales mediante Case-Crossover. Los resultados son los que se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Asociaciones entre los niveles de ruido diurno y la mortalidad por causas respiratorias según grupos de edad en Madrid, ajustado por contaminantes químicos primarios. Los Incrementos del riesgo (IRR %) se refieren para aumentos de 1dB(A)³²

	Grupo < 65 años		Grupo > 65 años	
	IRR (%)	(95 % IC)	IRR (%)	(95 % IC)
Ruido diurno (8-22h)	-5,1	(-17,5 7,2)	3,7	(0,3 7,8)*
+PM2,5	-5,6	(-18,4 7,1)	4,2	(0,1 8,2)*
+NO ₂	-4,9	(-17,3 7,4)	3,9	(0,1 8,0)*
+PM2,5 +NO ₂	-5,2	(-18,0 7,6)	4,1	(0,1 8,4)*

*p < 0,05

Como puede observarse en la tabla 3 el incremento del riesgo de morir por una causa respiratoria en Madrid como consecuencia del incremento del ruido diurno es de cerca del 4 % en los mayores de 65 años para incrementos de un 1 dB(A) en los niveles de ruido diurno (Leq 8-22h). Este efecto es independiente del debido a la contaminación química tradicionalmente considerada. Este efecto no se observa en el grupo de menores de 65 años. El aumento en los niveles de cortisol como consecuencia de la exposición al ruido de tráfico puede asociarse con un debilitamiento del sistema inmunológico y con el progreso o empeoramiento de ciertas infecciones respiratorias.

Si, al igual que se hizo para las causas circulatorias, se realiza el análisis para mortalidad por causas respiratorias específicas en el periodo 2001-2009 para mayores de 65 años, se observa que incrementos en 0,5 dB(A) en los niveles de ruido diario (Leq 24h) se relacionan con

aumentos de la mortalidad diaria por todas las causas respiratorias de un 3,5 % y que asciende hasta un 8 % para el caso de la neumonía con un día de retraso. Para el caso de la enfermedad pulmonar obstructivo crónica (EPOC) el efecto es del 6 % y en este caso el efecto sobre la mortalidad se retrasa hasta 4 días. No se observa relación con el asma, lo que es coherente con el mecanismo biológico antes descrito al no tratarse de un proceso infeccioso.

d. RELACIÓN ENTRE EL RUIDO DE TRÁFICO Y LA MORTALIDAD POR DIABETES³³

En este caso el estudio se realiza para la ciudad de Madrid pero en el periodo 2001-2009 y se relaciona el ruido de tráfico con la mortalidad diaria por diabetes en población general. Los resultados se muestran en la tabla 4 y figura 1.

Tabla 4. Asociaciones entre los niveles de ruido diurno, nocturno la mortalidad por diabetes en el grupo de mayores de 65 años en Madrid en los diferentes retrasos (Lag). Los Incrementos del riesgo (IRR %) se refieren para aumentos de 0,5 dB(A)³³

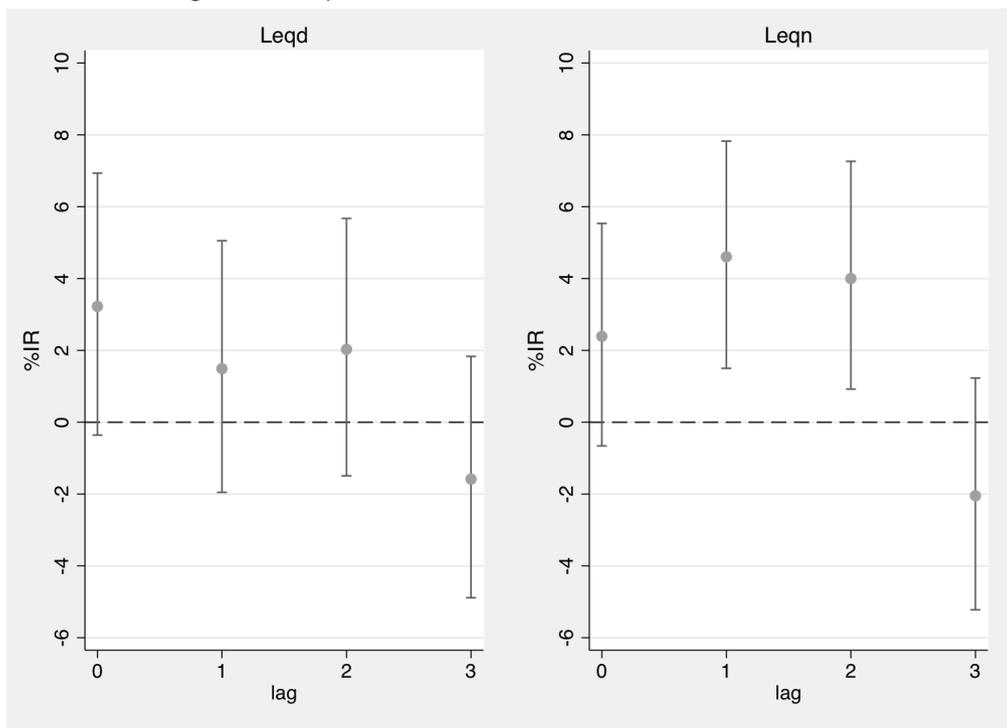
	IRR (%)	(95 % IC)
Ruido diurno (8-22h)		
Lag 0	3,2	(-0,3 6,9)
Lag 1	1,8	(-1,9 5,2)
Lag 2	2,0	(-1,8 5,8)
Lag 3	-1,8	(-4,8 1,9)
Ruido nocturno(22-8h)		
Lag 0	2,2	(-0,6 5,6)
Lag 1	4,6	(1,5 7,8)*
Lag 2	4,0	(0,8 7,6)*
Lag 3	-2,0	(-5,2 1,2)

*P < 0,05

Como se puede observar en la tabla 4 el riesgo de morir por diabetes en relación al ruido no es estadísticamente significativo para el caso del ruido diario. Sin embargo, esta asociación si es estadísticamente significativa para el ruido nocturno, llegando hasta incrementos próximos al 4 % para aumentos de 0,5 dB(A) en los niveles de ruido nocturno con un retraso de un día.

Estos resultados de la asociación con la mortalidad por ruido nocturno y no diurno, son coherentes con el mecanismo biológico antes expuesto, según el cual las perturbaciones en el sueño en cuanto a su duración y calidad, relacionadas con ruido nocturno, se han asociado con la regulación de la glucosa que presentaría valores matinales incrementados de glucosa y menores de insulina en personas sometidas a niveles elevados de ruido nocturno.

Figura 1. Incremento del Riesgo de morir por diabetes en relación con el ruido en Madrid (Tobías et ál. 2014c)



e. EVALUACIÓN DEL IMPACTO DEL RUIDO SOBRE LA MORTALIDAD EN MADRID³⁴

En los apartados anteriores se ha analizado cómo el ruido de tráfico en la ciudad de Madrid influye en el riesgo de morir por causas circulatorias, respiratorias y por diabetes, mediante la estimación del incremento del riesgo de morir para un incremento determinado de los niveles de ruido. Con objeto de dar una medida más intuitiva y clara de la relación entre el ruido y la mortalidad en Madrid se ha calculado otro indicador útil desde el punto de vista de la salud pública que es estimar cuántas muertes anuales por causas naturales son atribuibles al ruido en Madrid, cuántas por causas circulatorias y cuántas se deben a respiratorias. Para comparar el efecto con la contaminación atmosférica química se ha calculado, así mismo, la mortalidad anual que sería atribuible a las PM_{2,5}.

El periodo seleccionado ha sido el 2003-2005, el grupo de edad el de mayores de 65 años y los IRR que han servido de base para los cálculos han sido los que se han expuesto anteriormente.

Los resultados de la tabla 5 indican el número de muertes anuales en mayores de 65 años atribuibles a un incremento de 0,5 dB(A) en los niveles de ruido diario. Los resultados indican que 312 muertos/anuales en mayores de 65 años se podrían evitar si se redujesen los niveles de ruido diario medio en Madrid 0,5 dB(A). De estos 145 se atribuirían a causas cardiovasculares y 97 a respiratorias. Este impacto es independiente y similar al de la contaminación química que se ha considerado de forma tradicional relacionado con el tráfico. Bajar el valor medio anual en 0,5 dB(A) se conseguiría simplemente con que el 12 % del número de vehículos que circulan fuesen eléctricos³⁵.

Tabla 5. Estimación del impacto del ruido sobre la mortalidad en Madrid según diferentes causas en el grupo de mayores de 65 años. Los impactos se refieren a variaciones de 0,5 dB(A) para el caso del ruido y de 10 µg/m³ para el de PM_{2,5}³⁴

Indicador de Mortalidad	Leq día (8-22h) IRR (95 % IC)	PM _{2,5} IRR (95 % IC)
Causas naturales (ICD9:1-799)	1,017 (1,005 1,030)	1,017 (1,004 1,030)
Número de muertes atribuibles	312 (92 543)	312 (74 543)
Causas cardiovasculares (ICD9:390-459)	1,024 (1,003 1,046)	1,019 (0,997 1,030)
Número de muertes atribuibles	145 (18 273)	116 (19 244)
Causas respiratorias (ICD9:460-519)	1,031 (1,001 1,062)	1,033 (1,003 1,064)
Número de muertes atribuibles	97 (3 189)	103 (10 195)

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Anteriormente se han descrito las evidencias científicas que el conocimiento actual establece sobre las relaciones entre el ruido de tráfico (no ya en ambiente laboral o en proximidades de aeropuertos) y diversas patologías más allá de las molestias con las que tradicionalmente se relacionaban con el ruido ambiental. La contaminación acústica, viene a mostrar una nueva dimensión de la contaminación producida por el tráfico añadiendo a los efectos en salud de la contaminación química tradicional la de este contaminante físico. La falta de una red de medida de ruido en tiempo real en la práctica totalidad de las ciudades españolas hace que sean muy escasos los estudios que se realizan sobre este contaminante y sus efectos en salud en nuestro país. No obstante sí existen múltiples estudios a nivel mundial, fundamentalmente de cohortes, que sustentan los resultados aquí expuestos, muchos de ellos prácticamente inéditos.

También es importante destacar el papel más activo que han de jugar las administraciones públicas. De hecho, la propia Unión Europea pide a los estados miembros un esfuerzo de sensibilización en esta materia, señalando que: *"el ruido sigue siendo un problema medioambiental que afecta prácticamente a todos los ciudadanos y que según las encuestas de opinión pública es de capital importancia"*³.

La dimensión del impacto de la contaminación acústica sobre la salud del conjunto de los ciudadanos, similar al menos al de la contaminación química, hace necesaria la adopción de medidas dirigidas a reducir los niveles de exposición a este contaminante.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación ha sido financiada por la Acción Estratégica en Salud del Instituto de Salud Carlos III: Proyecto ENPY 1001/13 y SEPY-1037/14.

BIBLIOGRAFÍA

- Berglund B, Lindvall T, Schwela DH (eds). Guidelines for community noise. Ginebra: World Health Organization;1999. [citado el 30 de marzo de 2015] Disponible en: <http://whqlibdoc.who.int/hq/1999/a68672.pdf>.
- OSE Informe de la Sostenibilidad en España. Observatorio de la Sostenibilidad en España. Madrid: MIMA, 2006.
- Hellmut T, Classens T, Khinr R and Kephelopoulous S (eds). World Health Regional Office for Europe and European Commission. Burden of disease from environmental noise. Quantification of healthy life years lost in Europe. Copenhagen: WHO Regional Publications; 2011.
- Hänninen O, Knol AB, Jantunen M, et ál, EBoDE Working Group. Environmental Burden of Disease in Europe: Assessing Nine Risk Factors in Six Countries. *Environ. Health Perspect.* 2014; 113:894–9.
- Babisch W. Road traffic noise and cardiovascular risk. *Noise Health* 2008; 10(38):27-33.
- Babisch W. Transportation noise and cardiovascular risk. Review and synthesis of epidemiological studies. Dose-effect curve and risk estimation. [actualizado en 2006; citado el 30 de marzo de 2015] Disponible en: http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-medien/mysql_medien.php?anfrage= KennnummerandSuchwort = 2997. Dessau: Umweltbundesamt.
- Selander J, Nilsson ME, Bluhm G, et ál. Long-term exposure to road traffic noise and myocardial infarction. *Epidemiology* 2009; 20(2):272–9.
- Sørensen M, Hvidberg M, Andersen ZJ, et ál. Road traffic noise and stroke: a prospective cohort study. *Eur. Heart J.* 2011; 32:737–44.
- MAGRAMA 2010. Contaminación atmosférica.[actualizado en 2010; citado el 30 de marzo de 2015] Disponible en: <http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/contaminacion-acustica/>.
- Tobías A, Linares C, Díaz J. El ruido de tráfico, un importante problema de salud pública en las grandes ciudades: de la pérdida de audición a causa de riesgo de muerte. *Actuarios* 2013; 33:29-30.
- Agencia Europea para la seguridad y salud en el trabajo. Magazine: El ruido en el trabajo. Luxemburgo: Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo, 2005. [actualizado en 2005; citado el 30 de marzo de 2015] Disponible en: <https://osha.europa.eu/es/publications/magazine/8>.
- Ohrstrom EBM. Effects of noise disturbed-sleep: a laboratory study on habituation and subjective noise sensitivity. *J. Sound Vibration.* 1998; 122:277–90.
- Observatorio de Salud y Medio Ambiente de Andalucía (OSMAN). Ruido y Salud. Sevilla 2012.
- World Health Organization. Burden of disease from environmental noise. Quantification of healthy life years lost in Europe. Ginebra: World Health Organization, 2011.
- Willich SN, Wegscheider K, Stallmann M, Keil T. Noise burden and the risk of myocardial infarction. *Eur. Heart J.* 2012; 27:276-82.
- Jarup L, Babisch W, Houthuijs D et ál. Hypertension and Exposure to Noise Near Airports: the HYENA Study. *Environ. Health Perspect.* 2008; 116:329-33.
- World Health Organization. The Large Analysis and Review of European housing and health Status (LARES) project. Ginebra: World Health Regional Office for Europe, 2007.
- Maschke C, Rupp T, Hecht K. The influence of stressors on biochemical reactions: a review of present scientific findings with noise. *Int. J. Hyg. Environ. Health* 2000; 203:45-53.

19. Paunovic K, Jakovljevic B, Belojevic G. Predictors of noise annoyance in noisy and quiet urban streets. *Sci. Total Environ.* 2009; 407:3707–11.
20. Guski, R. Personal and social variables as co-determinants of noise annoyance. *Noise Health* 1999; 1:45–56.
21. Eberhardt JL. The Influence of Road Traffic Noise on Sleep. *Journal of Sound and Vibration* 1988; 127(3):449-55.
22. Belojevic G, Jakovljevic B, Aleksic O. Subjective reactions to traffic noise with regard to some personality traits. *Environ. Int.* 1997; 23:221–6.
23. Spiegel K, Leproult R, Van Cauter E. Impact of sleep debt on physiological rhythms. *Rev. Neurol. (Paris)* 2003; 159(11 Suppl):6S11–20.
24. Ising H, Lange-Asschenfeldt H, Moriske HJ et ál. Low frequency noise and stress: bronchitis and cortisol in children exposed chronically to traffic noise and exhaust fumes. *Noise Health* 2004; 6(23):21-8.
25. Maschke C, Harder J, Ising H et ál. Stress hormone changes in persons under simulated night noise exposure. *Noise Health* 2002; 5(17):35-45.
26. Maschke C. Excretion of Cortisol under Nocturnal Noise and Differences due to Analytic Techniques. *Noise Health* 2003; 5(17):47-52.
27. Ising H, Ising M. Chronic cortisol increases in the first half of the night caused by road traffic noise. *Noise Health* 2002; 4(16):13-21.
28. Spreng M. Possible health effects of noise induced cortisol increase. *Noise Health* 2000; 2(7):59-64.
29. Sørensen M, Andersen ZJ, Nordsborg RB et ál. Long-term exposure to road traffic noise and incident diabetes: a cohort study. *Environ. Health Perspect.* 2013; 121: 217-22.
30. Tobías A, Díaz J, Saez M et ál. Use of Poisson regression and Box-Jenkins models to evaluate the short-term effects of environmental noise levels on daily emergency admissions in Madrid, Spain. *Eur. J. Epidemiol.* 2001; 17:765–71.
31. Tobías A, Recio A, Díaz J et ál. Noise levels and cardiovascular mortality: a case-crossover analysis. *Eur. J. Preven. Cardiology* 2015; 22:496-502.
32. Tobías A, Recio A, Díaz J et ál. Does traffic noise influence respiratory mortality?. *Eur. Resp. J.* 2014; 44:797-9.
33. Tobías A, Díaz J, Recio A et ál. Traffic Noise and Risk of Mortality from Diabetes. *Acta Diabetolog.* 2014; 52:187-8.
34. Tobías A, Recio A, Díaz J et ál. Health impact assessment of traffic noise in Madrid (Spain). *Environ. Res.* 2015; 137:136-40.
35. Warburg N, Forell A, Guillon L et ál. Development according to the principles of LCA of energy balances, gas emissions greenhouse and other environmental impacts [in French]. Paris: ADEME Agence del'Environment et de la Maitrise de l'Energie, 2014.