



**Andalucía:** Parque San Jerónimo, s/n, 41015 Sevilla  
Tel./Fax: 954903984 andalucia@ecologistasenaccion.org

**Aragón:** C/ La Torre nº 1, bajo, 50002 Zaragoza  
Tel: 629139609, 629139680 aragon@ecologistasenaccion.org

**Asturies:** Apartado nº 5015, 33209 Xixón  
Tel: 618330752 asturias@ecologistasenaccion.org

**Canarias:** C/ Eusebio Navarro 16, 35003 Las Palmas de Gran Canaria  
Tel: 928362233 - 922315475 canarias@ecologistasenaccion.org

**Cantabria:** Apartado nº 2, 39080 Santander  
Tel: 942240217 cantabria@ecologistasenaccion.org

**Castilla y León:** Apartado nº 533, 47080 Valladolid  
Tel: 983210970 castillayleon@ecologistasenaccion.org

**Castilla-La Mancha:** Apartado nº 20, 45080 Toledo  
Tel: 608823110 castillalamancha@ecologistasenaccion.org

**Catalunya:** Can Basté - Passeig. Fabra i Puig 274, 08031 Barcelona  
Tel: 648761199 catalunya@ecologistesenaccio.org

**Ceuta:** C/ Isabel Cabral nº 2, ático, 51001 Ceuta  
ceuta@ecologistasenaccion.org

**Comunidad de Madrid:** C/ Marqués de Leganés 12, 28004 Madrid  
Tel: 915312389 Fax: 915312611 comunidaddemadrid@ecologistasenaccion.org

**Euskal Herria:** C/ Pelota 5, 48005 Bilbao Tel: 944790119  
euskalherria@ekologistakmartxan.org C/San Agustín 24, 31001 Pamplona.  
Tel. 948229262. nafarroa@ekologistakmartxan.org

**Extremadura:** C/ de la Morería 2, 06800 Mérida  
Tel: 927577541, 622128691, 622193807 extremadura@ecologistasenaccion.org

**La Rioja:** Apartado nº 363, 26080 Logroño  
Tel: 941245114- 616387156 larioja@ecologistasenaccion.org

**Melilla:** C/ Colombia 17, 52002 Melilla  
Tel: 630198380 melilla@ecologistasenaccion.org

**Navarra:** C/ San Marcial 25, 31500 Tudela  
Tel: 626679191 navarra@ecologistasenaccion.org

**País Valencià:** C/ Tabarca 12 entresòl, 03012 Alacant  
Tel: 965255270 paisvalencia@ecologistesenaccio.org

**Región Murciana:** C/ José García Martínez 2, 30005 Murcia  
Tel: 968281532 - 629850658 murcia@ecologistasenaccion.org

**Asóciate a Ecologistas en Acción**  
[www.ecologistasenaccion.org](http://www.ecologistasenaccion.org)

# Contaminación acústica y ruido



Cuadernos de  
**ecologistas  
en acción**



# 21

# Contaminación acústica y ruido



**ecologistas  
en acción**





# Contenido

**Autores:** Jimena Martínez Llorente y Jens Peters  
(Comisión de Urbanismo y Transporte de Ecologistas en Acción de Madrid)

**Edita:** Ecologistas en Acción  
Marqués de Leganés 12, 28004 Madrid  
Tel. 915312739 Fax: 915312611  
[www.ecologistasenaccion.org](http://www.ecologistasenaccion.org)

**Edición:** febrero 2013

**ISBN:** 978-84-940652-1-7

**Depósito Legal:** M-1901-2013

Impreso en papel 100% reciclado, blanqueado sin cloro

Ecologistas en Acción agradece la reproducción y divulgación de los contenidos de este cuaderno siempre que se cite la fuente.



Este cuaderno está bajo una licencia Reconocimiento-No comercial-Compartir bajo la misma licencia 3.0 España de Creative Commons. Para ver una copia de esta licencia, visite <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/es/>

## **Introducción, 5**

### **El sonido, 6**

- El sentido auditivo: el oído, 6
- Medición del sonido, 7
- Calcular con sonido, 10
- Indicadores de ruido, 11

### **Normativa sobre el ruido, 13**

- La contaminación acústica, 13
- La Ley del Ruido de 2003, 13

### **Situación en el Estado español, 17**

- Contaminación acústica, 17
- Planes de Acción, 18

### **Comparativa con otros países y ciudades europeas, 20**

- Objetivos de calidad, 20
- Contaminación acústica en ciudades europeas, 20

### **Ruido y salud, 22**

- Molestias, 23
- Alteración del sueño, 24
- Efectos cardiovasculares, 25
- Alteraciones de las capacidades cognitivas, 26
- Asesoramiento del riesgo, 26

### **Conclusiones, 28**



## Introducción

El ruido ambiental es un problema importante en la salud y la calidad de vida de los ciudadanos y empieza a existir una mayor concienciación sobre la *contaminación acústica*. Se pueden encontrar cada vez más estudios que lo analizan y demuestran una clara relación entre altos niveles de ruido y el aumento de enfermedades en la población. Al mismo tiempo se ha ido avanzando en su legislación, impulsado principalmente por organizaciones internacionales como la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Unión Europea (UE). Sin embargo, aún existe una clara falta de atención por parte del sector político y las administraciones responsables de establecer medidas para su control y reducción.

De hecho, la OMS considera que el ruido es la primera molestia ambiental en los países desarrollados, siendo España uno de los países más ruidosos en todo el mundo.

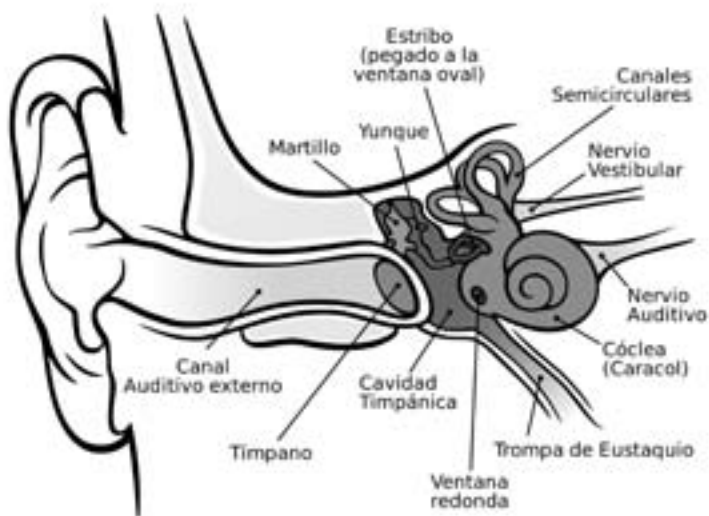


## El sonido

### El sentido auditivo: el oído

El oído es, después de la visión, el órgano sensorial más importante del ser humano. Se divide en tres partes: oído exterior, medio e interior (figura 1). El oído exterior consiste básicamente en la parte visible, la oreja más el canal auditivo. El oído medio está formado a su vez por el tímpano y los osteocillos óticos (huesecillos del oído). El oído interior contiene el labirinto (órgano de equilibrio) y la cóclea (caracol), un sistema de tubos enrollados llenos de un líquido linfático donde se encuentran las células ciliadas que, al estar estimuladas, generan los impulsos nerviosos que llegan al cerebro y generan la sensación de oír.

FIGURA 1: EL OIDO HUMANO



Fuente: Wikipedia

El oído es un órgano altamente complejo y muy sensible. A diferencia de la visión, que se *apaga* por las noches, el oído es un sentido de alarma, que siempre está activo para detectar situaciones de peligro. Por lo tanto, el oído no se puede cerrar como se cierran los ojos cuando se duerme y siempre percibe todo lo que le llega.

El sonido es un cambio de presión del aire, que se mueve como una ola circular a partir de la fuente, parecido a las ondas que se forman cuando tiramos una piedra en el agua. Estos cambios de presión entran en el canal auditivo, se transmiten del aire al tímpano del oído, que a su vez mueve los huesecillos del oído medio. Los huesecillos funcionan como un amplificador mecánico y pasan los movimientos al caracol, donde hacen moverse el líquido linfático que contiene. Este, al moverse estimula las células ciliadas que a su vez reaccionan generando impulsos nerviosos que se envían al cerebro.

El ruido se define como la sensación auditiva inarticulada generalmente desagradable, molesta para el oído. Técnicamente, se habla de ruido cuando su intensidad es alta, llegando incluso a perjudicar la salud humana.

### Medición del sonido

#### El decibelio (dB)

Cuando se habla de ruido en términos técnicos, se habla de presión sonora. La presión sonora se suele medir en decibelios (dB). El decibelio es un valor relativo y logarítmico, que expresa la relación del valor medido respecto a un valor de referencia. Logarítmico significa que no medimos en una escala lineal, sino exponencial. El valor de referencia es el límite de perceptibilidad del oído humano, una presión sonora de 20 uPa. Por lo cual, 0 dB significa una presión sonora que está al borde de la perceptibilidad.

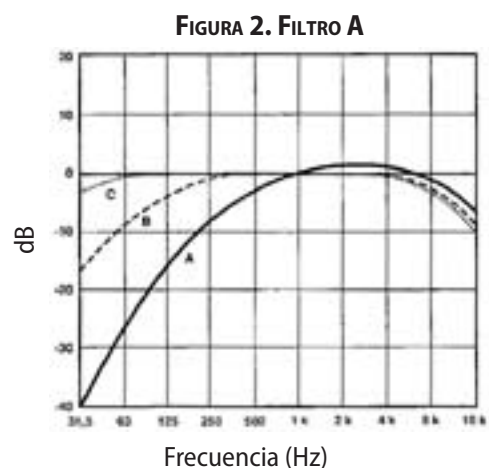
Dado la propiedad logarítmica de la escala de dB, tenemos que calcular en potencias. Un incremento de 6 dB equivale a una duplicación de la presión sonora. 60 dB significa doblar 10 veces y por lo tanto una presión 1.024 veces superior a la de 0 dB, y 66 dB ya son 2.048 veces más.

No obstante, la percepción subjetiva del oído humano es diferente, y percibimos como el doble de volumen un aumento de la presión sonora de aproximadamente 10 dB (= un poco más que el triple). Por ejemplo, un aumento de la presión sonora de 60 dB significaría un volumen percibido 64 veces superior es decir, la presión sonora incrementa 1024 veces, pero lo percibimos como un aumento de 64x. Es importante conocer esta diferencia porque la presión sonora real es a la que está

expuesta el oído y que provoca posibles daños directos, mientras el volumen subjetivo es el que molesta y que causa malestar y estrés.

### El valor $dB_A$

La percepción del volumen depende no solo de la presión sonora, sino también del tipo de sonido. Un sonido agudo, por ejemplo, se percibe más alto que uno sordo, aunque tuvieran la misma presión sonora. Para tener en cuenta esta característica del oído se suele aplicar un factor de ponderación a las diferentes frecuencias a través de un filtro cuando se hacen mediciones de sonido. El más común es el llamado filtro "A", que representa de una manera simplificada la distinta sensibilidad del oído para diferentes frecuencias. Valores medidos con este filtro llevan la unidad  $dB(A)$  o  $dB_A$ , en contra del  $dB$  o  $dB_{SPL}$  ( $SPL = Sound Pressure Level$ , nivel de presión sonora). En la figura 2 se observa que frecuencias bajas (sonidos graves) cuentan 5-20  $dB$  menos (o 1,5-4 veces menos) por ser percibidos menos altos por el oído humano. En consecuencia, por la aplicación del filtro los valores medidos en  $dB_A$  y  $dB_{SPL}$  pueden variar fundamentalmente. Por ejemplo, si imaginamos el ruido de un autobús y el de una moto que llegan a nuestra casa con la misma presión sonora y medimos la presión sonora en  $dB_{SPL}$  causarían el mismo impacto, mientras que aplicando el filtro A, el sonido del autobús sería evaluado como más bajo por ser de frecuencia menor y menos molesto.



Para hacerse una idea de las dimensiones, se presentan en la Tabla 1 valores típicos de presión sonora ( $dB_{SPL}$ ):

**TABLA 1: EJEMPLOS DE VALORES SONOROS Y SUS EFECTOS EN EL ORGANISMO<sup>1</sup>.**

Presión sonora	Ambientes o actividades	Sensación / Efectos en el oído
140-160 dB	explosión, petardo a 1 m	<i>daños permanentes inmediatos del oído, rotura tímpano</i>
130 dB	Avión en despegue a 10 m, disparo de arma de fuego	<i>Umbral del dolor</i>
120 dB	Motor de avión en marcha, martillo neumático pión (1 m)	<i>daños permanentes del oído a exposición de corta duración</i>
110 dB	Concierto de rock, motocicleta a escape libre a 1 m	<i>sensación insoportable y necesidad de salir del ambiente</i>
100 dB	sierra circular a 1m, discoteca, sirena de ambulancia a 10m	<i>sensación molesta</i> <i>daños permanentes al oído a exposición a largo tiempo</i>
90 dB	calle principal a 10 m, taller mecánico	<i>ruido de fondo incomodo para conversar</i>
80 dB	Bar animado calle ruidosa a 10 m	<i>ruido de fondo agradable para la vida social</i>
70 dB	coche normal a 10 m, aspirador a 1m, conversación en voz alta	<i>nivel de fondo necesario para descansar</i>
60 dB	Conversación animada, televisión a volumen normal a 1 m	<i>silencio</i>
50 dB	Oficina, Conversación normal, a 1 m de distancia	
40 dB	Biblioteca, conversación susurrada	
30 dB	frigorífico silencioso, dormitorio	
20 dB	habitación muy silenciosa, rumor suave de las hojas de un árbol	
10 dB	Respiración tranquila	
0 dB	Umbral de audición	

<sup>1</sup> OMS, 1999: *Guidelines for community noise* <http://whqlibdoc.who.int/hq/1999/a68672.pdf>

## Calcular con sonido

### Sonido y distancia

Cuanto más lejos estamos de una fuente de ruido, menos se escucha. En teoría, en campo abierto, la presión sonora se reduce a la mitad (-6 dB) cuando se dobla la distancia. En la práctica, y sobre todo en la ciudad, este valor suele ser más bajo debido a múltiples reflexiones en edificios u otros objetos que impiden que se *disipe* el sonido en todas direcciones.

### Sumar sonido

Si tenemos varias fuentes incoherentes del mismo volumen, la adición sigue los conceptos logarítmicos, aunque en este caso doblar la cantidad de fuentes solo aumenta la presión sonora unos 3 dB en vez de 6 dB. Este fenómeno es debido a la incoherencia espectral de las fuentes; 6 dB se alcanzarían en el caso teórico de dos fuentes coherentes (idénticas y con la misma señal) que se superpusieron perfectamente, pero no para fuentes reales y con señales independientes. Para doblar la presión sonora tendríamos por tanto que cuadruplicar la cantidad de fuentes.

#### Aumento de presión sonora sumando fuentes iguales:

TABLA 2: SUMAR PRESIONES DE SONIDO DE FUENTES IGUALES

Cantidad de fuentes con el mismo volumen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	16	20
Aumento de presión sonora (dB)	0	3	4,8	6	7	7,8	8,5	9	9,5	10	10,8	12	13

Se observa que, para reducir la presión sonora unos 6 dB (la mitad), habría que dividir entre cuatro la cantidad de fuentes, y, para reducir el ruido percibido a la mitad (10 dB), se necesitarían diez veces menos.

#### Aumento de presión sonora sumando fuentes de volúmenes distintos:

Debido otra vez a la característica logarítmica de la escala dB, para sumar fuentes incoherentes de volumen distinto hay que partir de la diferencia en volumen de las dos fuentes, de la siguiente manera:

TABLA 3: SUMAR PRESIONES DE SONIDO DE FUENTES DE SONIDO DE VOLUMEN DISTINTO

Diferencia de volumen de las fuentes (dB)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Aumento de volumen respecto a la fuente de mayor volumen sola	3	2,5	2,1	1,8	1,5	1,2	1	0,8	0,6	0,5	0,4

Se nota que, cuando hay una diferencia grande entre las dos fuentes, la menor contribuye muy poco a la suma de las dos y a partir de 10 dB de diferencia casi es despreciable.

### Inmisión y emisión

Cuando se habla de sonidos o ruidos es importante diferenciar entre emisión e inmisión. **Emisión** es la presión sonora que emite una fuente, normalmente medida a distancia de 1m, mientras que la **Inmisión** es la que se recibe. Coches, motos, y maquinaria deben estar marcados con información sobre su nivel de emisión de ruido. Para estimar las inmisiones que causan, hay que tener en cuenta la cantidad de fuentes presentes y su distancia del lugar de interés (dónde causarían la posible molestia).

También hay que tener en cuenta cómo y dónde se mide, y qué es lo que se quiere medir. Si nos interesa el ruido de una calle y sus efectos en el sueño de las personas, los valores disponibles serán las presiones sonoras medidas por una estación de medida situada en algún punto a lo largo de la calle. En cambio, el ruido que molesta y que impacta en la salud de las personas es el ruido que penetra en el salón o dormitorio, y que tendrá un valor individual y distinto para cada hogar, dependiendo de la distancia, altura del piso, tipo de ventanas, etc. Dado que es imposible medir las inmisiones en cada hogar de una ciudad, se han definido indicadores de ruido con correspondientes valores límite, que se miden (o calculan) para el exterior y tienen en cuenta valores medios de aislamiento acústico de las casas.

## Indicadores de ruido

Como el ruido puede variar mucho con el tiempo, se requiere una manera de agregar los datos para poderlos usar y comparar. Dependiendo de la fuente, el ruido puede ser muy puntual (por ejemplo ruido de un aeropuerto o de un campo de tiro) o distribuido más homogéneamente en el tiempo (una autopista). Por tanto, existen diferentes indicadores de ruido con diferentes constantes de tiempo:

- $L_{max}$ : Presión sonora máxima (pico máximo) que ocurre en un intervalo de



## Normativa sobre el ruido

tiempo, como por ejemplo el paso de un vehículo. El tiempo de agregación es normalmente 125 ms

- ▶ **SEL:** Sound Exposure Level (Nivel de exposición al sonido), nivel de presión sonora media en un intervalo de 1 sec

Los siguientes indicadores pueden ser de un día, de todos los días de un mes o incluso la media de todos los días de un año, como se indican en la Directiva europea y la Ley estatal.

- ▶  $L_d$  (d=day): Presión sonora media de las 12 horas diurnas, 7:00- 19:00.
- ▶  $L_e$  (e=evening): Presión sonora media de las 4 horas vespertinas, 19:00- 23:00
- ▶  $L_n$  (n=night): Presión sonora media de las 8 horas nocturnas, 23:00-7:00
- ▶  $L_{24h}$ : Presión sonora media de un día entero (24 h)
- ▶  $L_{dn}$ : Presión sonora media de un día entero (24 h), con los valores del periodo nocturno penalizados (incrementados) por 10 dB para considerar los límites legales más bajos para el periodo de noche.
- ▶  $L_{den}$ : Presión sonora media de un día entero (24 h), con los valores del periodo nocturno aumentados por 10 dB y de los vespertinos 5 dB antes de calcular la media. De esta manera, se tienen en cuenta los límites legales más estrictos para el período nocturno y vespertino dentro del indicador, y se aplican luego los límites legales para los periodos diurnos.

La UE recomienda el uso de los indicadores  $L_n$  y  $L_{den}$  para la evaluación de los impactos y la elaboración de los mapas de ruido.

### ■ La contaminación acústica

La contaminación acústica se define como la presencia en el ambiente de ruidos o vibraciones, cualquiera que sea el emisor acústico que los origine, que impliquen molestia, riesgo o daño para las personas, para el desarrollo de sus actividades o para los bienes de cualquier naturaleza, o que causen efectos significativos sobre el medio ambiente.

Los primeros que desarrollaron ordenanzas contra el ruido fueron los Ayuntamientos. Posteriormente, algunas Comunidades Autónomas promulgaron leyes para que sirvieran de marco general. Finalmente, el Gobierno se vio obligado a unificar una legislación caótica siguiendo además directivas de la Unión Europea (**Directiva sobre Ruido Ambiental 2002/49/CE**). Esta norma requiere a los países localizar las zonas de alta contaminación acústica y reducir sus niveles, sin especificar valores límite.

### ■ La Ley del Ruido de 2003

En el año 2003 se aprobó la Ley del Ruido<sup>2</sup> que tiene como objetivo prevenir, vigilar y reducir los niveles de contaminación acústica, para evitar molestias y daños a la salud y al medioambiente, y garantizar así los derechos constitucionales en relación con la emisión de ruidos molestos.

Esta ley se centra en el ruido ambiental, definido como el sonido exterior no deseado o nocivo generado por las actividades humanas, emitido por medios de transporte, tráfico rodado, ferroviario y aéreo y por actividades industriales. Por tanto, excluye la contaminación acústica originada por actividades domésticas o relaciones de vecindad, siempre y cuando no exceda los límites tolerables de conformidad con los usos locales.

Su finalidad es determinar la exposición al ruido ambiental mediante la definición

<sup>2</sup> Ley 37/2003, de 17 de noviembre.



de las distintas **áreas acústicas**, la elaboración de **mapas estratégicos de ruido** y adoptar **planes de acción** donde los mapas de ruido detecten superaciones de los objetivos de calidad o zonas a proteger contra el aumento del ruido en determinadas aglomeraciones o infraestructuras de transportes en unos plazos determinados.

Esta ley se desarrolla mediante los Reales Decretos:

- ▶ **RD 1513/2005 Evaluación y gestión del ruido ambiental**, definiendo los mapas estratégicos de ruido, planes de acción y la información a la población.
- ▶ **RD 1367/2007 Zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas**, que va más allá de la Directiva comunitaria, estableciendo objetivos de calidad tanto en exterior como en interior (condicionando el Código Técnico de la Edificación en las nuevas viviendas), y valores límites a las infraestructuras y actividades.

La Ley clasifica el territorio en **áreas acústicas en función del predominio del uso del suelo** (tabla 4). Para cada área acústica, el Gobierno fija unos objetivos de calidad teniendo en cuenta los valores de los índices de inmisión y emisión, el grado de exposición de la población y, especialmente, de los grupos sensibles, el impacto en la fauna y sus hábitat, la presencia de patrimonio histórico y la viabilidad técnica y económica.

Para la evaluación de los niveles sonoros ambientales se utilizan el nivel sonoro continuo equivalente del periodo día, tarde y noche ( $L_d$ ,  $L_e$  y  $L_n$ ), expresados en dB ponderados conforme a la curva normalizada A.

Los objetivos de calidad para áreas urbanizadas ya existentes están reflejados en la Tabla 4, mientras que para nuevos desarrollos disminuyen en 5 dB.

Estos objetivos se considerarán alcanzados cuando los valores obtenidos cumplan, para el período de un año, que:

- a) Ningún valor supere los fijados en esas tablas.
- b) El 97 por 100 de todos los valores diarios no superan en 3 dB los valores fijados en esas tablas.

Existen dos **supuestos especiales**, donde **no** se establecerán objetivos de calidad acústica:

- ▶ las reservas de sonidos de origen natural; y
- ▶ las zonas de servidumbre acústica, en las cuales la infraestructura existente impide el cumplimiento de los límites según el actual uso del suelo por lo que su uso quedará restringido.

Se declararán **Zonas de Protección Acústica Especial** aquellos lugares que incumplen los objetivos de calidad acústica. Se elaborarán planes zonales para la mejora

acústica progresiva del medio ambiente hasta alcanzar los objetivos deseados. Si fuera imposible cumplir estos objetivos, se declarará **Zona de Situación Acústica Especial** y se establecerán medidas correctoras para garantizar por lo menos un ambiente interior con calidad acústica (p. ej. ventanas aislantes antiruido).

**TABLA 4. OBJETIVOS DE CALIDAD ACÚSTICA POR RUIDO**  
**APLICABLE A ÁREAS URBANIZADAS EXISTENTES.**

Tipo de área acústica		Índices de ruido		
		$L_d$	$L_e$	$L_n$
e	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso sanitario, docente y cultural que requiera una especial protección contra la contaminación acústica	60	60	50
a	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso residencial.	65	65	55
d	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso terciario distinto del contemplado en c).	70	70	65
c	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso recreativo y de espectáculos.	73	73	63
b	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso industrial	75	75	65
f	Sectores del territorio afectados a sistemas generales de infraestructuras de transporte, u otros equipamientos públicos que los reclamen. (1)	Sin determinar	Sin determinar	Sin determinar

Nota: Los objetivos de calidad están referenciados a una altura de 4m.

Además trata de la prevención y corrección de la contaminación acústica y de la inspección de su cumplimiento, con la definición de las infracciones y su régimen sancionador correspondiente.

Con esta normativa se pretende realizar una adecuada planificación acústica para todo aquello nuevo que se vaya a construir, de forma que exista correspondencia entre el tipo de área acústica y el uso al que se destine la edificación. En caso de que estos niveles sean superiores a los objetivos aplicables la licencia estará condicionada al incremento del aislamiento acústico necesario de modo que se respeten los niveles objetivos de calidad acústica con el uso pretendido. Sin embargo esta ley no es retrospectiva, por lo que solo obliga a nuevas construcciones o a existentes sometidas a cambios substanciales.

La Directiva obligaba a las aglomeraciones de más de 250.000 habitantes y a los grandes ejes de comunicaciones y aeropuertos a disponer de mapas de ruido antes del 30 de junio de 2007. Las poblaciones con más de 100.000 habitantes e infraestructuras de menores dimensiones estaban obligadas a elaborar mapas de ruido

antes del 30 de junio de 2012. Por su parte los planes de acción correspondientes deberían estar aprobados antes del 18 de julio de 2008 y de 2013, respectivamente.

Cuando la aglomeración está en un término municipal, es el Ayuntamiento el responsable de realizar el mapa de ruido. Cuando el mapa comprende más de un término municipal, la elaboración le corresponde a la Comunidad Autónoma. En caso de las infraestructuras dependerán si son de competencia estatal, autonómica o incluso local.

Las Comunidades Autónomas tienen la competencia de poner en marcha la aplicación de esta normativa básica. Para ello, pueden aplicar la ley estatal o desarrollarla a través de decretos autonómicos garantizando una mayor protección. En el caso de la Comunidad de Madrid, existía el Decreto 78/1999 de 27 de mayo de 1999, en materia de ruidos, que fue derogado recientemente (marzo 2012) aludiendo motivos de adaptación a la normativa estatal y comunitaria. Esta normativa era más restrictiva al contemplar menos tipos de zonificación acústica pero se había quedado obsoleta al no ser revisada tras la aprobación de la Ley de ruido estatal de 2003. La comunidad autónoma de Andalucía, por ejemplo, define unos límites más estrictos que la normativa española, acercándose a los propuestos por la OMS (55 dB<sub>A</sub>/45 dB<sub>A</sub>).

El Ayuntamiento de Madrid, por su parte, aprobó primeramente la Ordenanza de Protección de la atmósfera contra la contaminación por formas de energía (mayo 2004) y posteriormente una actualización de la misma que incluye los dos Reales Decretos que desarrollan la ley estatal, la Ordenanza de Protección contra la Contaminación Acústica y Térmica (marzo 2011).



## Situación en el Estado español

La información sobre la contaminación acústica y los planes de acción tiene que estar disponible públicamente<sup>3</sup>.

### ■ Contaminación acústica

Los mapas de ruido sirven para reflejar los porcentajes de población expuesta a ciertos niveles de ruido. Según la normativa, estos mapas tienen que revisarse cada 5 años. Se basan principalmente en información estadística (densidad de tráfico en las calles/carreteras, tráfico ferroviario y aéreo, actividad nocturna), pero en algunos casos también en mediciones reales.

El Ayuntamiento de Madrid, por ejemplo, ha desarrollado un complejo y costoso sistema para la actualización dinámica de los mapas acústicos, que cuenta con una red fija de 28 estaciones acústicas (más 4 en prueba) junto a 16 estaciones pertenecientes a la red móvil. Otras ciudades europeas (p. ej. Londres<sup>4</sup>) y españolas (p. ej. Barcelona<sup>5</sup>) usan solo modelos estadísticos menos precisos pero de un coste mucho menor.

Analizando los mapas existentes de diferentes ciudades españolas de 2006-2007 se observa que hay una fracción muy significativa de la población afectada por valores superiores a los objetivos de calidad establecidos en la normativa y a los aconsejados por la OMS, sobre todo por la noche, comparados con otras ciudades europeas con valores muy inferiores (Roma: 5,5%, Berlín: 8%), ver Tabla 5.

Según la OMS, personas expuestas a estos niveles de ruido sufren molestias y elevados niveles de estrés, alteraciones de sueño, reducción de la capacidad cognitiva y un riesgo elevado de infarto e hipertensión.

3 Cedex: *Sistema de información sobre contaminación acústica* <http://sicaweb.cedex.es/>

4 Mapa de ruido de Londres: <http://www.londonnoisemap.com/>

5 Mapa de ruido de Barcelona: <http://tinyurl.com/a49ob8h>

**TABLA 5. PORCENTAJES DE POBLACIÓN AFECTADA A NIVELES DE RUIDO SUPERIORES A LOS ESTABLECIDOS COMO OBJETIVOS DE CALIDAD EN LA LEY ESTATAL.**

Ciudad	% Población Afectada		
	$L_d > 65 \text{ dB(A)}$	$L_n > 55 \text{ dB(A)}$	$L_{den} > 65 \text{ dB(A)}$
Madrid	6%	20%	-
Bilbao	20%	37%	59%
Málaga	-	81%	65%

Notas: Madrid<sup>6</sup>, Bilbao<sup>7</sup>, Málaga<sup>8</sup>

## Planes de Acción

Los Planes de Acción establecen los objetivos de reducción del ruido, describen las medidas para alcanzar dichos objetivos, indican las zonas prioritarias de actuación, designan a los responsables y establecen las medidas a corto, medio y largo plazo.

Las principales líneas de trabajo para reducir los efectos de la contaminación acústica<sup>9</sup> son:

- ▶ **Sensibilización y Educación Contra el Ruido**, tanto del ciudadano como de las administraciones públicas competentes, a través de encuestas, campañas de comunicación y sensibilización, instalación de monitores de información, campañas educativas en colegios...
- ▶ **Movilidad Sostenible**: reducción del número de vehículos, promoción de vehículos más silenciosos, fomento del transporte público y reducción de la velocidad. La reducción de la velocidad de 50 a 30 km/h reduce las emisiones unos 6 dB aproximadamente (figura 3), lo mismo que reducir la cantidad de vehículos por un factor de 4.

6 Mapa estratégico de ruido de Madrid, 2006 <http://www.mambiente.munimadrid.es/open-cms/open-cms/calibre/contAcustica/portadilla.html>

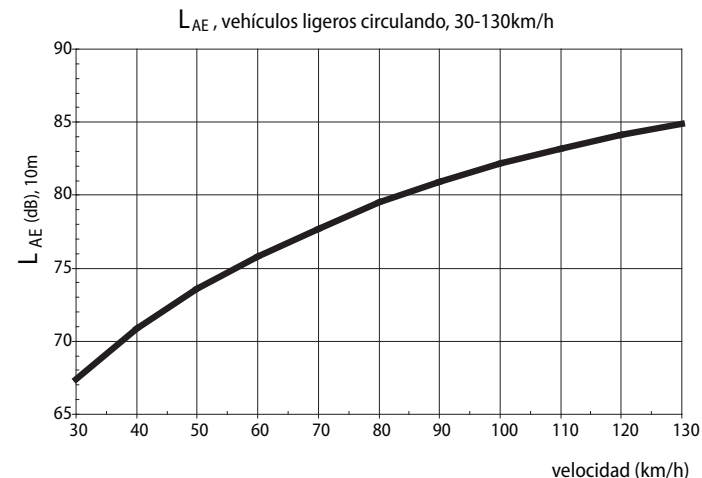
7 Mapa estratégico de ruido de Bilbao, 2007

8 Mapa estratégico de ruido de Málaga, 2007 <http://www.mapaderuidomalaga.org/#>. Los datos de Málaga solo se refieren a ruido cuya fuente es el tráfico urbano.

9 - Ayuntamiento de Madrid: *Plan de Acción en Materia de Contaminación Acústica. Tomo III Catálogo de soluciones*. [http://www.mambiente.munimadrid.es/open-cms/open-cms/calibre/contAcustica/plan\\_accion.html](http://www.mambiente.munimadrid.es/open-cms/open-cms/calibre/contAcustica/plan_accion.html)

- Ayuntamiento de Barcelona: *Plan para la reducción de la contaminación acústica de la ciudad de Barcelona*. [http://w110.bcn.cat/MediAmbient/Continguts/VectorAmbientals/Energia\\_i\\_qualitat\\_ambiental/Documents/Fitxers/pla-soroll-web.pdf](http://w110.bcn.cat/MediAmbient/Continguts/VectorAmbientals/Energia_i_qualitat_ambiental/Documents/Fitxers/pla-soroll-web.pdf)

**FIGURA 3: EMISIÓN DE RUIDO DE VEHÍCULOS SEGÚN VELOCIDAD**



- ▶ **Actuaciones Sobre el Paisaje Urbano**: apantallamiento acústico, ampliación de aceras, cambio en el eje de trayectoria de los viales, asfalto poroso. El asfalto poroso por ejemplo puede reducir las emisiones unos 5 dB (hasta 15 dB en caso de lluvia), pero es, como las pantallas acústicas, una medida muy cara.
- ▶ **Ordenación del Territorio** (medidas para ser aplicadas en nuevas zonas urbanizables o en reconversión): distribución de habitaciones compatible con el ruido, ordenación estratégica de usos del suelo, delimitación de zonas residenciales sensibles, medidas especiales para la protección de espacios naturales.
- ▶ **Implantación y fomento de mecanismos de control** de la calidad acústica de la ciudad.

La principal causa de la contaminación acústica en las ciudades es el tráfico rodado. Sin embargo, las diferentes normativas y leyes siguen sin centrarse en la línea de la **movilidad sostenible**: fomento del uso de la bicicleta, aparcamientos disuasorios, disminución de la velocidad en zonas residenciales o cercanas a hospitales o centros educativos... y anteponen otras como el control del ocio nocturno, que son puntuales y localizadas en zonas muy concretas.

# Comparativa con otros países y ciudades europeas

## Objetivos de calidad

Como hemos visto en el apartado anterior, en el Estado español los valores límites se han fijado en 65 dB durante el día y 55 dB durante la noche para zonas residenciales. La OMS, sin embargo, recomienda aplicar límites más estrictos: por el día 50 (malestar moderado)/55 (malestar fuerte), pero sobre todo por la noche el límite es de 45 dB, ya que se causan molestias y alteraciones del sueño incluso con niveles inferiores (ver tabla 6). De hecho, en las últimas recomendaciones para niveles de ruido nocturno<sup>10</sup> se recomienda no superar los 40 dB, siendo el límite de 55 dB objetivo intermedio aplicable a corto plazo.

Así, otros países europeos como Italia<sup>11</sup> o Alemania tienen objetivos de calidad más estrictos (tabla 6) que los del Estado español.

**TABLA 6. OBJETIVOS DE CALIDAD DE LA OMS Y DE OTROS PAÍSES EUROPEOS MÁS RESTRICTIVOS**

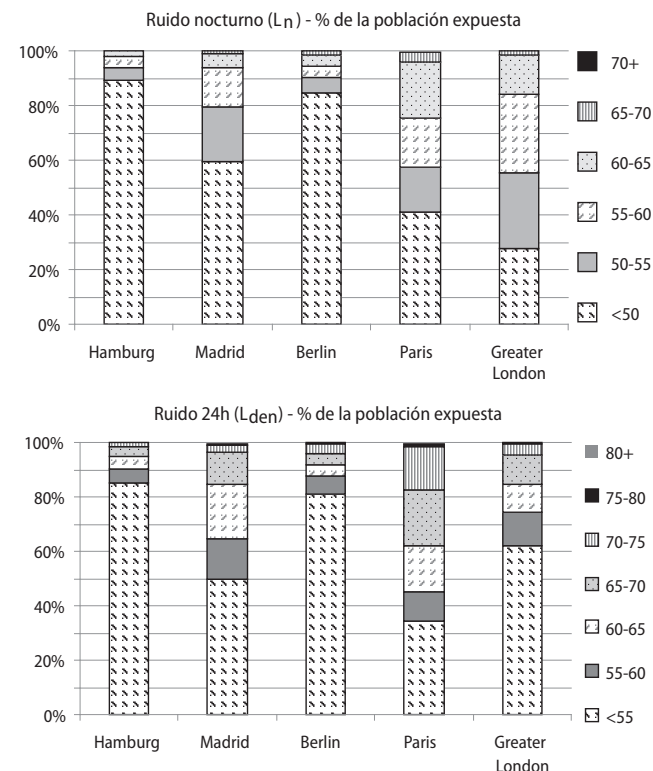
País / Institución	L <sub>d</sub>	L <sub>n</sub>
OMS	50/55	40/45
Italia	55 dB	45
Alemania	59	49

## Contaminación acústica en ciudades europeas

La Figura 4 presenta una comparación de la exposición de la población de algunas ciudades europeas a ciertos niveles de ruido. Como se puede observar, París es, con

diferencia, la ciudad más ruidosa, con un alto porcentaje de población expuesta a niveles muy por encima de los valores límites recomendables, pero Madrid está en segunda posición, con más del 20% de la población expuesta a niveles por encima del valor límite de 55 dB<sub>A</sub> por la noche, y 15% por encima de las 65 dB<sub>A</sub> durante el día.

**FIGURA 4: NIVEL DE RUIDO ACTUAL, COMPARACIÓN DE CIUDADES**



El control y la reducción de la contaminación acústica también se aplica en otras ciudades europeas de manera más evidente, como el caso de Londres<sup>12</sup>, Milán y Estocolmo, donde existen, por ejemplo, políticas de reducción del tráfico.

<sup>10</sup> OMS, 2010: *Summary of night noise guidelines for Europe*. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20472950>

<sup>11</sup> Italian Environmental Performance: *Noise Pollution Activities Report, 2001* <http://www.crbnet.it/File/Pubblicazioni/pdf/979.pdf>

<sup>12</sup> City of London. *Noise Strategy 2012-2016 Summary Version* [http://www.cityoflondon.gov.uk/business/environmental-health/environmental-protection/Documents/Summary\\_CoL\\_Noise\\_Strategy\\_2012-2016.pdf](http://www.cityoflondon.gov.uk/business/environmental-health/environmental-protection/Documents/Summary_CoL_Noise_Strategy_2012-2016.pdf)



## Ruido y salud

Como se ha explicado anteriormente, el oído es por naturaleza un sentido de alarma, para detectar peligro y alertar también durante la fase de sueño. Por lo tanto, es muy sensible a ruidos y la exposición a sonidos crea un estado de alerta, de estrés, incluso si la persona se acostumbra subjetivamente y no lo nota. Como uno se acostumbra al mal olor de un contaminante hasta ya no notar, el organismo es capaz de acostumbrarse e ignorar la molestia por el ruido, pero eso solo es la percepción consciente por la persona. El efecto tóxico del contaminante como el estrés que el ruido impone al organismo sigue igual y los efectos negativos no se reducen por costumbre. El tráfico rodado es la fuente de 80% del ruido en entornos urbanos<sup>13</sup>, pero causa solo el 8% de las quejas. La principal fuente de quejas por la población es el ruido por ocio nocturno, que no es continuo sino puntual y así llama mucho más la atención.

### Los principales tipos de daños que el ruido provoca en la salud son:

- ▶ Efectos psíquicos: molestias subjetivas, reducción del confort y bienestar. Efectos muy subjetivos y no cuantificables, pero sí con impacto en la vida de las personas afectadas.
- ▶ Efectos físico-vegetativos: daño causado en el resto del organismo debido al estrés y las molestias que crea una exposición a niveles de ruido continuo a lo largo del tiempo. Difíciles de cuantificar.
- ▶ Daños del oído: daños físicos en el propio oído por exposiciones a niveles sonoros elevados durante tiempos largos o a niveles muy elevados por poco tiempo. Son relativamente fáciles de cuantificar (ver tabla 1).

Existe mucha investigación sobre los efectos del ruido en la salud. Los daños posibles son múltiples y no siempre cuantificables. No obstante, hay consenso sobre

13 - Fundación La Caixa, 2003: *La contaminación acústica en nuestras ciudades*  
- Observatorio DKV de salud y medio ambiente en España, 2012: *Ruido y Salud*

varios puntos reconocidos por la Comisión Europea<sup>14</sup>, la Agencia Europea de Medio Ambiente (EEA)<sup>15</sup> y la OMS<sup>16</sup>, donde existe evidencia suficiente de correlación entre nivel de ruido y los siguientes impactos en la salud:

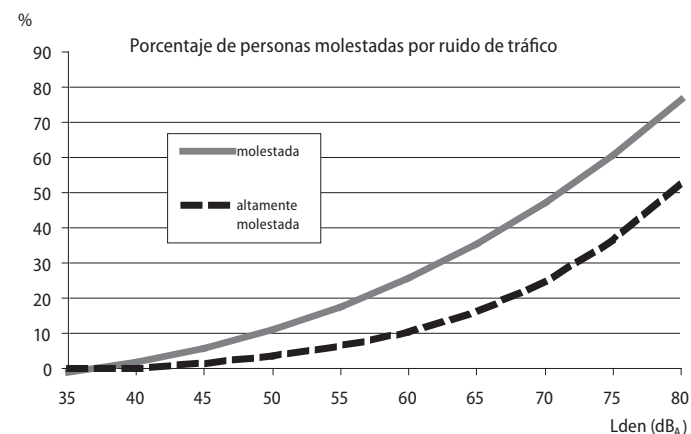
- ▶ Estrés
- ▶ Molestias
- ▶ Alteraciones del sueño
- ▶ Efectos cardiovasculares
- ▶ Alteraciones de la capacidad cognitiva

Excepto para el primer impacto, el estrés causado por ruido, existen suficientes datos para permitir una cuantificación del resto, como se enumera a continuación.

### Molestias

Las molestias por ruido de tráfico empiezan a partir de niveles de ruido relativamente bajos ( $37 \text{ dB}_A \text{ L}_{\text{den}}$ )<sup>17</sup>. El porcentaje de personas molestas por el ruido de tráfico en función del ruido  $\text{L}_{\text{den}}$  se puede expresar con la curva de la figura 5.

FIGURA 5. CURVA DE EFECTOS DE MOLESTIA SEGÚN NIVEL DE RUIDO



14 European Commission Working Group on Health and Socio-economic aspects, 2004: *Position Paper on Dose- Effect Relationships for Night-Time Noise*.

15 Environmental European Agency, 2010: *Good practice guide on noise exposure and potential health effects, EEA Technical Report, No. 11*

16 OMS, 2011: *Burden of disease from environmental noise*

17 European Commission Working Group on Health and Socio-economic aspects, 2004: *Position Paper on Dose- Effect Relationships for Night-Time Noise*.

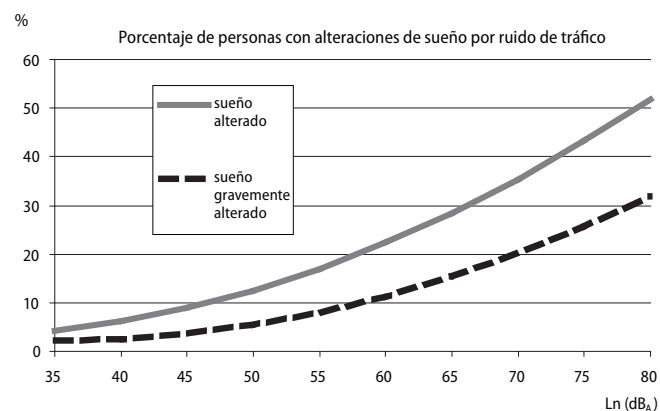
Estos son valores medios para ruido de tráfico rodado que pueden variar con las condiciones (calidad de aislamiento de las casas, tipo de tráfico –continuo o intermitente debido a un semáforo– etc.). En comparación, el ruido procedente de aviones suele ser más molesto y da valores mayores a presiones sonoras inferiores, mientras que el ruido por ferrocarriles suele ser menos molesto. Podemos observar que con niveles de ruido de 55-60 dB<sub>A</sub> L<sub>den</sub>, valor legalmente permitido, siente molestias un 20% de la población expuesta y casi un 10% señala molestias altas.

## Alteración del sueño

A partir de niveles de presión sonora muy bajos (33 dB<sub>A</sub> medido dentro del dormitorio) el cuerpo responde a sonidos y se despierta con mayor frecuencia, aunque sean muy breves y las personas no se suelen acordar de ellos. Bajo condiciones normales (ausencia de ruido), las personas se despiertan 1-2 veces durante la noche. La OMS constata que el sueño es una función biológica importante cuya alteración está relacionada con varias enfermedades<sup>18</sup>.

Para poder cuantificar estas alteraciones de sueño, la Comisión Europea<sup>19</sup> ha elaborado una expresión de la correlación entre L<sub>n</sub> y alteración del sueño, basada en cuestionarios. Así, el porcentaje de personas con sueño alterado por ruido de tráfico sigue la función de la figura 6.

FIGURA 6. CURVA DE EFECTOS DE ALTERACIÓN DE SUEÑO SEGÚN NIVEL DE RUIDO



18 OMS, 2010: *Summary of night noise guidelines for Europe*. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20472950>

19 European Commission Working Group on Health and Socio-economic aspects, 2004: *Position Paper on Dose- Effect Relationships for Night-Time Noise*.

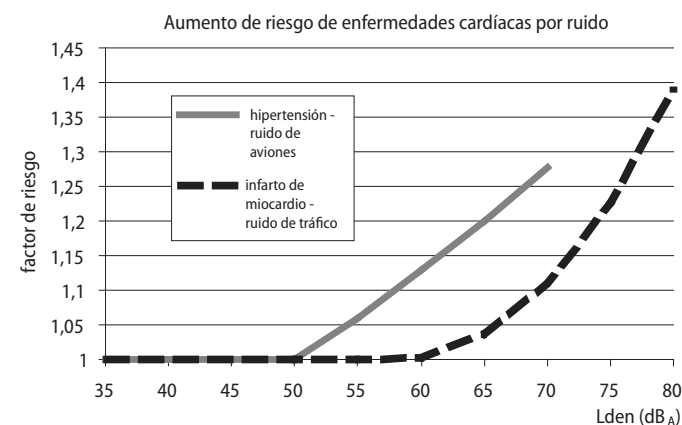
Otra vez se ve que ya a niveles de 55 dB<sub>A</sub> L<sub>n</sub> (legalmente permitido), más del 15% de las personas sufren alteraciones de sueño, y casi un 10% alteraciones graves.

## Efectos cardiovasculares

La OMS recomienda considerar dos efectos cardiovasculares del ruido en la salud, ya que existe evidencia científica suficiente para la evaluación cuantitativa de riesgos: hipertensión e infartos de miocardio<sup>20</sup>.

- **La hipertensión** se ha relacionado en varios estudios con ruido producido por aviones. Aunque los valores varían, la EEA recomienda como aproximación calcular un incremento del riesgo de hipertensión del 13% por cada 10 dB<sub>A</sub> dentro del rango de 50-70 dB<sub>A</sub> (L<sub>den</sub>). Hay que tener en cuenta que esta correlación está basada en estudios de ruido de aviones, mientras que los efectos de ruido de tráfico suelen ser menos graves, así que se puede suponer que el riesgo de hipertensión causado por ruido de tráfico será algo inferior. Hasta hoy no existen datos de estudios explícitamente del ruido de tráfico.
- **Infartos de miocardio**, cuyo riesgo aumentaría a partir de los 60 dB<sub>A</sub> (ver figura 7).

FIGURA 7. CURVA DE EFECTOS DE ENFERMEDADES CARDIACAS SEGÚN NIVEL DE RUIDO

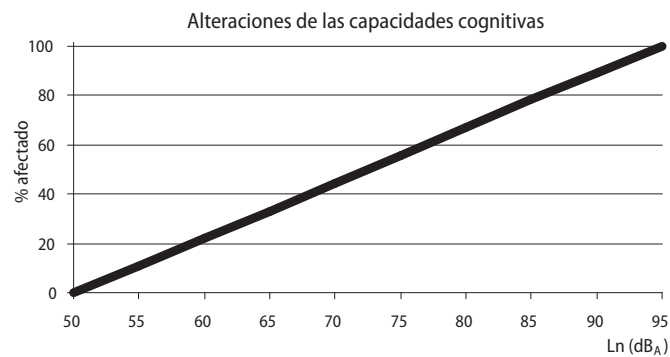


20 OMS, 2011: *Burden of disease from environmental noise*

## Alteraciones de las capacidades cognitivas

Existen también correlaciones entre el nivel de ruido y las capacidades cognitivas. En niños se ha comprobado una reducción de las capacidades cognitivas a partir de niveles de 50 dB<sub>A</sub> Ln (para ruido de aviones). A niveles altos de 95 dB Ln se vieron afectados el 100% de los niños. Así por falta de datos más detallados se recomienda una aproximación lineal entre 50 y 95 dB<sub>A</sub><sup>21</sup> (figura 8). Esta aproximación se considera conservadora, pero al estar basada en experimentos con ruido de aviones (que suelen ser más molestos), se puede aplicar con cierto cuidado también a ruido de tráfico.

**FIGURA 8. CURVA DE EFECTOS ALTERACIONES DE CAPACIDAD COGNITIVA SEGÚN NIVEL DE RUIDO**



## Asesoramiento del riesgo

Según la normativa Europea 2002/49/EC, todos los países miembros están obligados a publicar datos de inventario sobre la situación de ruido en su territorio. Estos datos son accesibles para el público en forma de mapas de ruido. En los mapas o en sus documentos adjuntos, se encuentra una estadística sobre la cantidad de personas que están expuestas a niveles de ruido durante las noches ( $L_n$ ) y durante 24 h a lo largo del año ( $L_{den}$ ). Con estos datos es posible hacer una estimación sencilla de los daños causados por el ruido en la población.

### Cuantificación

Con las funciones del párrafo anterior y la información sobre el número de perso-

21 Environmental European Agency, 2010: *Good practice guide on noise exposure and potential health effects*, EEA Technical Report, No. 11

nas expuestas a un cierto nivel de ruido de los mapas de ruido se puede estimar fácilmente la cantidad o el porcentaje de gente afectada por los distintos síntomas, multiplicando el porcentaje de las personas expuestas a un cierto nivel de ruido (reflejado en el mapa de ruido) por el porcentaje de personas que estadísticamente sufren el correspondiente síntoma (ver gráficas anteriores).

Para la ciudad de Madrid, p. ej., el porcentaje de personas sufriendo molestias o alteraciones de sueño debido a la exposición a estos niveles de ruido (datos del mapa de ruido de 2006) indica que un 20,1 % de los madrileños sufrieron molestias por el ruido y 8,4% molestias graves, y que un 13,8% sufrieron alteraciones de sueño y un 6,3% alteraciones graves de sueño debido al ruido de tráfico.

### Factor Atributivo (FA)

Con las curvas del párrafo anterior y los porcentajes de personas expuestas a los distintos niveles de ruido se puede deducir el así llamado factor atributivo (FA). Según la OMS, este describe la reducción en enfermedades que habría si toda la población estuviese completamente sin exposición a niveles malsanos de ruido. Se calcula multiplicando los factores de riesgo por el porcentaje de población expuesta para cada rango de nivel de ruido de la siguiente manera:

$$FA = \{\sum(P_i * Rr_i) - 1\} / \sum(P_i * Rr_i).$$

$P_i$  = Porcentaje de población expuesta a rango  $i$  de nivel de ruido

$Rr_i$  = Riesgo relativo medio obtenido de las curvas presentadas en el capítulo 5.3.

Un ejemplo con el esquema de exposición de  $L_d$  de Madrid (2006):

Nivel de ruido $L_d$	Población expuesta	Riesgo relativo de infarto	Producto	Riesgo relativo hipertensión	Producto
<55	57,20%	1	0,5720	1	0,5720
55-60	20,22%	1	0,2022	1,095	0,2214
60-65	16,86%	1,031	0,1738	1,165	0,1964
65-70	5,25%	1,099	0,0576	1,238	0,0649
70-75	0,46%	1,211	0,0055	1,28	0,0059
>75	0,01%	1,372	0,0001	1,3	0,0001
			<b>1,0114</b>		<b>1,0608</b>

$$FA_{\text{infarto(Madrid,2006)}} = (1,0114 - 1) / 1,0114 = 0,0113 (=1,13\%)$$

$$FA_{\text{hipertensión(Madrid,2006)}} = (1,0608 - 1) / 1,0608 = 0,0573 (=5,73\%)$$

P. ej. para el esquema de exposición en Madrid de  $L_d$ , obtenido del mapa de ruido de 2006, resulta que el 1,13% de los infartos que se produjeron en Madrid en 2006 pueden haberse debido al ruido de tráfico, o el 5,73% de los casos de hipertensión.



## Conclusiones

El ruido tiene un impacto importante en la salud de las personas, especialmente en las ciudades. Según la Agencia Europea de Medio Ambiente<sup>22</sup>, el riesgo para la salud a medio plazo causado por el ruido es muy superior a los del tabaquismo pasivo y la contaminación de aire por ozono y partículas, temas que reciben mucha mayor atención por las administraciones públicas y los medios de comunicación. Como la contaminación del aire, procede en gran medida del tráfico rodado (80% de la exposición al ruido en entornos urbanos). Por tanto, medidas para su control reducirían de manera importante estos factores de riesgo, a la vez que aumentarían la calidad de vida y la salud de los ciudadanos.

La recomendación de la OMS como objetivo final de valores límite durante el periodo nocturno es de 40 dB<sub>A</sub>, con unos objetivos intermedios (hasta su establecimiento final) de 55 dB<sub>A</sub>. Estos valores se seleccionaron debido a los efectos en la salud que empiezan a producirse a partir de 30 dB<sub>A</sub>, incrementan significativamente a partir de 40 dB<sub>A</sub> y pueden empezar a producir efectos en el sistema cardiovascular a partir de 55 dB<sub>A</sub>.

En el Estado español todavía estamos muy lejos de estos objetivos, y lo que es peor, la actual política urbanística y de transporte no muestra mucha voluntad de cambiarlo.

---

22 Environmental European Agency, 2010: *Good practice guide on noise exposure and potential health effects*, EEA Technical Report, No. 11.