

A close-up photograph of a human ear, showing the ear canal and the surrounding skin. The ear is positioned on the left side of the frame. A white circular overlay is placed over the lower part of the ear, containing the text "Ruido y Salud" in a green, sans-serif font. The background is a blurred close-up of the ear and surrounding skin.

# Ruido y Salud



osman

Observatorio de Salud y  
Medio Ambiente de Andalucía

# Índice

---

## 1. Introducción

## 2. Conceptos básicos

- 2.1. El ruido
- 2.2. El oído
- 2.3. Las molestias debidas al ruido

## 3. Fuentes de ruido

- 3.1. Tráfico y transportes
- 3.2. Ruido industrial
- 3.3. Construcción y servicios
- 3.4. Actividades domésticas y de ocio

## 4. El riesgo: evidencia científica de daños a la salud

- 4.1. Efectos auditivos
- 4.2. Perturbación del sueño
- 4.3. Efectos cardiovasculares
- 4.4. Estrés y sistema inmune
- 4.5. Interferencia con la comunicación oral
- 4.6. Efectos sobre el rendimiento
- 4.7. Efectos sobre fetos y recién nacidos
- 4.8. Accidentes - catástrofes
- 4.9. Efectos sobre la salud mental

## 5. Gestión del riesgo: prevención, promoción y protección de la salud

- 5.1. Legislación
- 5.2. Programas de la Organización Mundial de la Salud
- 5.3. Comisión Europea
- 5.4. Agencia Europea de Medio Ambiente
- 5.5. Otros proyectos europeos
- 5.6. Environmental Protection Agency, EPA

## 6. Recomendaciones

## 7. Algunos datos de Andalucía

## 8. Anexos

## 9. Bibliografía



# Ruido y Salud

# 1

# Introducción

---

**E**l ruido es uno de los problemas ambientales más relevantes. Su indudable dimensión social contribuye en gran medida a ello, ya que las fuentes que lo producen forman parte de la vida cotidiana: actividades y locales de ocio, grandes vías de comunicación, los medios de transporte, las actividades industriales, etc.

Es una gran preocupación de la población actual, con peso en la legislación laboral y cada vez más en la relacionada con la población general. En los últimos años son numerosas las sentencias que reconocen el ruido como un factor de riesgo sanitario (1) y la legislación laboral reconoce la hipoacusia o sordera, como accidente de trabajo causado por el ruido (2).

Los datos disponibles sobre exposición a ruido no laboral son generalmente pobres en comparación con aquellos que miden otros problemas ambientales y a menudo son difíciles de comparar debido a las diferentes medidas y métodos de evaluación usados. Sin embargo, se estima que cerca del 20% de la población de la Unión Europea (cerca de 80 millones de personas) sufren niveles de ruido que los científicos y expertos en salud consideran inaceptables, y que provocan molestias, perturbación del sueño y posibles efectos adversos sobre la salud. Otros 170 millones viven en lo que se conoce como zonas grises, donde los niveles de ruido causan serias molestias durante el día (3).

En la región europea de la OMS, el ruido ambiental está empezando a ser una cuestión importante en la salud ambiental para los gobernantes así como para la población, prueba de ello son:

1. El plan de acción para Europa “Children’s environment and health”, declara en su objetivo regional prioritario que los niños deberían ser protegidos de la exposición a ruido nocivo tanto en la casa como en la escuela (4).

2. La directiva de la unión europea 2002/49/EC 2002 sobre evaluación y gestión del ruido ambiental requiere que los estados miembro establezcan planes de acción para controlar y reducir los efectos nocivos de la exposición al ruido.

En Andalucía, el ruido constituye el problema ambiental prioritario en el ámbito local y aparece entre los tres principales problemas en otros tamaños de población (5).

Respecto a los efectos del ruido ambiental sobre la salud hay una fuerte evidencia para las molestias, la perturbación del sueño, y el rendimiento cognitivo tanto en adultos como en niños (6).

**Con este informe se recoge la evidencia científica reciente del ruido como factor de riesgo para diferentes patologías y las estrategias diseñadas para la protección de la Salud.**

# 2

## Conceptos básicos

---

### 2.1. El ruido

#### Definición y conceptos relacionados

La Directiva europea 2002/49/CE - Evaluación y gestión del ruido ambiental, transpuesta a la legislación española por la **Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido**, define el ruido ambiental como el **sonido exterior no deseado o nocivo** generado por las actividades humanas, incluido el ruido emitido por los medios de transporte, por el tráfico rodado, ferroviario y aéreo y por emplazamientos de actividades industriales como los descritos en el anexo I de la Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación.

El ruido es por tanto un caso particular de sonido, una emisión de energía originada por un fenómeno vibratorio que es detectado por el oído y provoca una sensación de molestia.

- Es un caso particular del sonido.
- Se entiende por ruido aquél sonido NO deseado.

El ruido está integrado por dos componentes de igual importancia, una integrante puramente **física** (el sonido, magnitud física perfectamente definida) y otra integrante de carácter subjetivo que es la sensación de **molestia**.

El nivel de sonido se mide en decibelios (dB) Un pequeño incremento en decibelios representa un gran incremento de energía sonora. Técnicamente, un incremento de tan sólo

3dB representa multiplicar por dos la energía sonora y un incremento de 10 dB representa multiplicarla por 10. El oído, sin embargo, percibe un incremento de 10 dB como el doble de ruido o sonoridad (7).

La **sonoridad** es una característica subjetiva, definida como la sensación producida por ciertas variaciones de presión en el oído.

El comportamiento del oído humano está más cerca de una función logarítmica que de una lineal. Un oído humano es capaz de percibir y soportar sonidos correspondientes a niveles de presión sonora entre 0 y 120 dB. Este último nivel de ruido marca aproximadamente el denominado “umbral del dolor”. A niveles de ruido superiores pueden producirse daños físicos como rotura del tímpano (7).

Para más información ver Anexo I, “Física del sonido”.

## 2.2. El oído

El oído es el órgano sensorial responsable de la audición y del mantenimiento del equilibrio mediante la detección de la posición corporal y del movimiento de la cabeza. Se compone de tres partes bien diferenciadas, oído externo, medio e interno. El externo se localiza fuera del cráneo y los otros dos dentro del hueso temporal.

El oído interno es la parte esencial del órgano de la audición porque se produce la transformación de la onda sonora (energía mecánica) en impulsos nerviosos (energía eléctrica) y en él se realiza el análisis de los sonidos.

Para más información ver Anexo II, “Partes del oído”.

## 2.3. Las molestias debidas al ruido

Como ya se ha explicado anteriormente, el ruido además de su componente física incluye una componente subjetiva que es la molestia que provoca. En determinadas situaciones estas molestias son más que evidentes ya que pueden provocar daños físicos evaluables.

La subjetividad inherente a la molestia provocada por el ruido introduce una gran complejidad en su evaluación aunque no por ello entra en conflicto con el análisis científico si se tienen en cuenta los factores que influyen en ella y se cuantifican usando determinados índices de medida. Estos factores son (7):

**Energía sonora:** Cuanta más energía posea un sonido, más molestia provoca. Se mide con el “**Nivel de presión sonora**”.

**Tiempo de exposición:** A iguales niveles de ruido, la molestia aumenta con el tiempo que dura la exposición (a mayor duración, mayor molestia).

**Características del sonido:** Las características de la componente física del ruido (el sonido) determinan la molestia que provoca (espectro de frecuencias, ritmo, etc.).

**Sensibilidad individual:** Determina diferentes personas sientan grados diferentes de molestia frente al mismo ruido. Influida por factores físicos, culturales, sociales, etc.

**Actividad del receptor:** A diferentes horas del día y según la actividad que se realice y el nivel de concentración que requiera, un mismo ruido puede provocar diferentes grados de molestia.

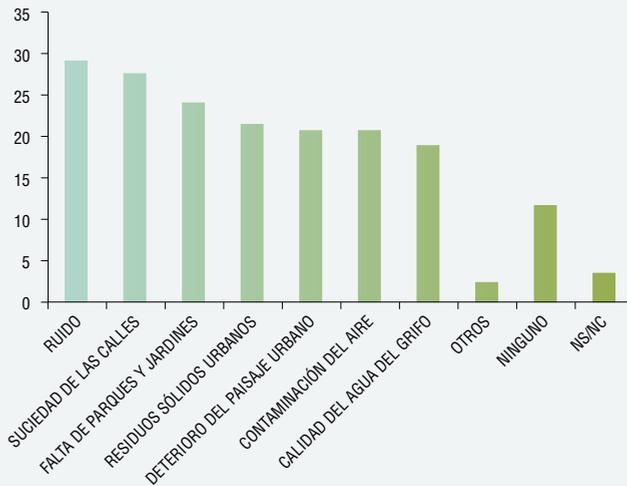
**Expectativas y calidad de vida:** Componente muy difícil de evaluar. Por ejemplo, en la segunda vivienda, que suele ser considerada como un espacio para el ocio y el descanso, las exigencias de calidad ambiental son más altas y los ruidos provocan más quejas. Lo mismo ocurre en espacios protegidos.

Estos factores y su difícil evaluación provocan que no exista actualmente unanimidad de criterios en cuanto a la validez de los indicadores de ruido utilizados, cuestión que está en continuo debate y revisión.

Según un estudio realizado en España en el año 2006 (8) la población está dispuesta a incrementar el coste de su vivienda, pagar más impuestos o aumentar el recorrido de su vivienda al trabajo con el fin de conseguir ambientes más silenciosos. Igualmente considera necesaria la actuación e inversión de entidades públicas y corporaciones locales para reducir la contaminación acústica.

Para la población andaluza el ruido constituye el principal problema ambiental en el ámbito local, como recoge el Ecobarómetro de Andalucía del año 2009 (9), datos que mantienen la tendencia observada ya por el Ecobarómetro 2007 (10) y el Ecobarómetro 2008 (11):

**GRÁFICO 1. Percepción de los problemas ambientales más importantes en el ámbito local andaluz**

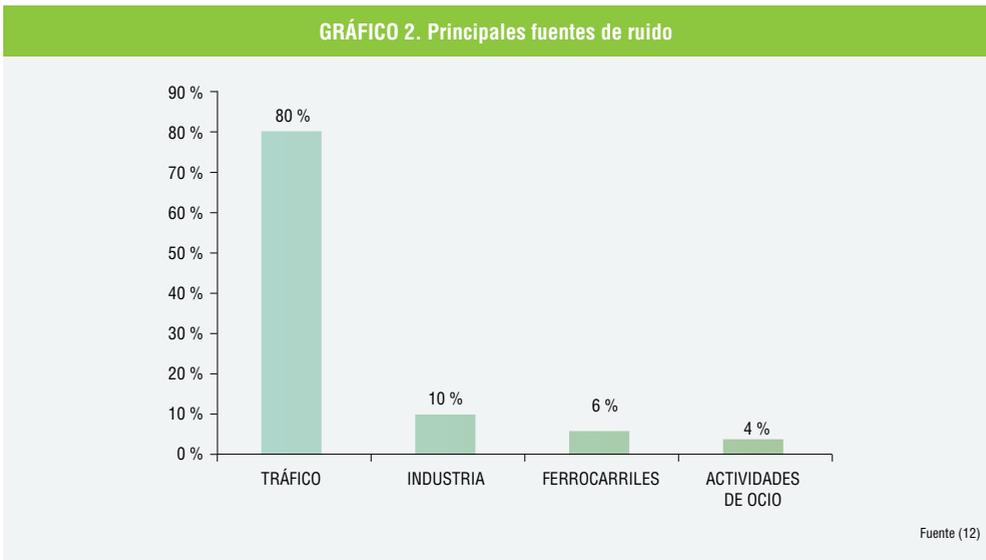


Fuente (9)

# 3

## Fuentes de ruido

Según estimaciones internacionales, el ruido en ambientes urbanos es generado por las siguientes fuentes:



Pueden encontrarse datos detallados sobre fuentes de ruido en Andalucía en el apartado “Situación en Andalucía”.

## 3.1. Tráfico y transportes

Constituyen la principal fuente de contaminación acústica ambiental, incluyendo el ruido de carreteras, ferrocarriles y tráfico aéreo.

### A. Vehículos a motor

Como regla general, los vehículos más grandes y pesados emiten más ruido que los vehículos más pequeños y ligeros. El ruido de los vehículos se genera principalmente en el motor y por la fricción entre el vehículo, el suelo y el aire. En general, el ruido de contacto con el suelo, excede al del motor a velocidades superiores a los 60 km/h (13, 14).

La tasa de tráfico, la velocidad de los vehículos, la proporción de vehículos pesados y la naturaleza de la superficie de la carretera determinan el nivel de presión sonora originado por el tráfico y son usados para predecirlo mediante el uso de modelos. Los factores que implican un cambio en la velocidad y la potencia (semáforos, cambios de rasante, intersecciones, condiciones meteorológicas) así como los niveles de fondo, influyen también en la generación de ruido (13, 14).

### B. Ferrocarriles

El ruido que generan depende primariamente de su velocidad pero varía según el tipo de motor, los vagones, los raíles y sus fijaciones, así como de la rugosidad de ruedas y raíles. Las curvas de radio pequeño en el trazado, tal y como suele ocurrir en trenes urbanos, pueden conducir a muy altos niveles de sonido de alta frecuencia producidos por el chirrido de las ruedas. El ruido puede ser generado en las estaciones a causa de motores encendidos, silbatos y altavoces y fuera de ellas por el cambio de vías.

La introducción de trenes de alta velocidad ha creado problemas especiales de ruido con repentinos aunque no impulsivos, incrementos de ruido. A velocidades mayores de 250km/h, la proporción de energía sonora de alta frecuencia se incrementa y el sonido puede ser percibido como similar al de un vuelo comercial que sobrevolara el área. Surgen otros problemas en áreas cercanas a túneles, valles o zonas donde las condiciones del suelo ayuden a generar vi-

braciones. La propagación a larga distancia del ruido de los trenes de alta velocidad constituirá un problema en el futuro si el uso de estos sistemas de ferrocarriles “amables con el medio ambiente” en otros aspectos, se extiende (13, 14).

### C. Tráfico aéreo

Los vuelos y operaciones aéreas generan ruido en la vecindad de aeropuertos tanto civiles como militares. Los despegues producen ruido intenso, vibraciones y traqueteos. Los aterrizajes producen ruido en largos pasillos de vuelo a baja altitud. El ruido se produce por los mecanismos de aterrizaje y la regulación automática de potencia y también cuando se aplica propulsión inversa, todo por medidas de seguridad. En general, los aviones más grandes y pesados producen más ruido que los más ligeros.

El nivel de presión sonora de los aviones puede predecirse por el número de aviones, tipos, rutas de vuelo, proporciones de despegues y aterrizajes y condiciones atmosféricas. Pueden surgir problemas severos de ruido en aeropuertos con muchos helicópteros o aviones pequeños usados para vuelos privados, entrenamiento de pilotos o actividades de ocio y también problemas en el interior debido a vibraciones.

El estampido sónico consiste en una onda de choque en el aire, generada por un avión cuando vuela ligeramente por encima de la velocidad local del sonido. Un avión en vuelo supersónico deja una onda sonora que puede ser escuchada por encima de 50 km a ambos lados de su estela en tierra, dependiendo de la altitud del vuelo y del tamaño del avión. A alta intensidad puede causar daños materiales y causa alarma en la población.

El ruido de los campos de vuelo militares puede presentar problemas particulares con respecto a los aeropuertos civiles. Por ejemplo, cuando se usan para vuelos nocturnos, entrenamiento de pilotos en aterrizajes y despegues o vuelos de baja altitud (13, 14).

## 3.2. Ruido industrial

La industria crea serios problemas de ruido tanto en el exterior como el interior. De hecho, el cuerpo legislativo más extenso y antiguo en cuanto a ruido es el destinado a la protección de los trabajadores frente al ruido industrial.

En ambientes industriales el ruido es producido por la maquinaria y generalmente aumenta con la potencia de las máquinas.

Este ruido puede contener predominantemente bajas o altas frecuencias, componentes tonales, ser impulsivo o tener patrones temporales desagradables y disruptivos. Los mecanismos rotantes y alternantes generan sonido que incluye diferentes componentes tonales y los sistemas de acondicionamiento y flujos tienden también a generar ruido con un amplio rango de frecuencias. Los niveles altos de presión son causados por componentes o corrientes de gas que se mueve a alta velocidad (por ejemplo ventiladores, válvulas de alivio de presión) o por operaciones que incluyen impactos mecánicos (por ejemplo, estampación, remaches, frenadas).

La población general puede verse afectada por el ruido producido por instalaciones fijas, tales como fábricas o lugares de construcción, bombas de calor y sistemas de ventilación en tejados (13, 15).

## 3.3. Construcción y servicios

La construcción y los trabajos de excavación pueden causar emisiones considerables de ruido. Una variedad de sonidos proceden de grúas, hormigoneras, soldaduras, martilleo, perforadoras y otros procesos. Los servicios municipales como la limpieza de calles y recogida de basuras pueden también causar un ruido considerable, si se lleva a cabo a determinadas horas. Los sistemas de aire acondicionado y ventilación, bombas de calor, sistemas de tuberías, ascensores, pueden comprometer el ambiente acústico interior y perturbar los vecinos (13, 15).

### 3.4. Actividades domésticas y de ocio

En áreas residenciales, el ruido puede originarse por aparatos mecánicos (bombas de calor, sistemas de ventilación y tráfico) así como por voces, música y otras clases de sonidos generados por los vecinos, aspiradoras y otros electrodomésticos, música, fiestas ruidosas, etc. El comportamiento social no respetuoso es una fuente bien conocida de ruido en viviendas multifamiliares así como en zonas de ocio (eventos deportivos y de música). Debido a los componentes predominantemente de baja frecuencia, el ruido de sistemas de ventilación en edificios residenciales puede causar también considerables molestias incluso a niveles bajos y moderados de presión sonora.

El uso de máquinas en las actividades de ocio se está incrementando (carreras de motos, vehículos todoterreno, fuerabordas, esquí acuático, vehículos para la nieve, etc.) y pueden contribuir significativamente a elevar el ruido en áreas previamente tranquilas. Las actividades de tiro no sólo tienen potencial considerable para molestar a los vecinos sino que también pueden dañar el oído de aquellos que toman parte. Incluso los partidos de tenis, las campanas de iglesias y otras actividades religiosas.

Algunos tipos de conciertos y discotecas pueden producir niveles de presión sonora extremadamente altos. Se producen otros problemas asociados por la afluencia de personas que llegan y se van, las aglomeraciones en los accesos a festivales y actividades de ocio, incremento en el tráfico y por tanto en el ruido que conlleva, etc.

El uso de auriculares sin limitador de volumen y determinados juguetes que producen sonidos intensos pueden originar disfunción auditiva grave (13, 15).

# 4

## El riesgo: evidencia científica de daños a la salud

---

El oído es esencial para el bienestar y la seguridad (16). Si se toma como base la definición de salud de la OMS, la molestia causada por el ruido puede ser considerada un problema de salud. Se estima que el 22% de la población europea está molesta o muy molesta por el ruido (17).

Hay diversos estudios que se centran en alguno de los efectos adversos sobre la salud atribuidos al ruido, aunque los resultados obtenidos no siempre coinciden o son fiables, debido a errores metodológicos o a la no reproducibilidad de los resultados (17).

Por ejemplo, el impacto del ruido en la presión sanguínea en niños no está claro aún. Hay factores de estilo de vida y de predisposición cuya influencia es difícil de estudiar de forma separada respecto al ruido, es un problema constante en los estudios ambientales. A esto se pueden unir problemas metodológicos como el tamaño del estudio, contraste insuficiente entre niveles de ruido, sesgo de selección, ajuste insuficiente por factores tales como el estatus socioeconómico, antecedentes familiares, el aislamiento sonoro, etnia, etc (18). Un ejemplo de esto es el estudio realizado para valorar el impacto del ruido en la presión sanguínea en niños.

## Ruido y Salud

Según la Comisión Europea, la exposición al ruido perturba el sueño, afecta al desarrollo cognitivo infantil y puede provocar enfermedades psicosomáticas. Según cálculos de la Comisión, los costes externos de la contaminación del aire y del ruido del tráfico ascienden al 0,6% del PIB (19).

La siguiente tabla resume los efectos sobre la salud y un nivel orientativo a partir del cual se pueden producir, según la Organización Mundial de la Salud.

Entorno	Nivel de sonido dB(A)	Tiempo (h)	Efecto sobre la salud
Exterior de viviendas	50 - 55	16	Molestia
Interior de viviendas	35	16	Interferencia con la comunicación
Dormitorios	30	8	Interrupción del sueño
Aulas escolares	35	Duración de la clase	Perturbación de la comunicación
Áreas industriales, comerciales y de tráfico	70	24	Deterioro auditivo
Música en auriculares	85	1	Deterioro auditivo
Actividades de ocio	100	4	Deterioro auditivo

Fuente Organización Mundial de la Salud (20)

De forma más detallada, el manual de la OMS “Night Noise Guidelines” (21) recoge los efectos sobre la salud provocados por el ruido según el grado de evidencia disponible

**Evidencia suficiente:** se puede establecer una relación causal entre la exposición nocturna a ruido y el efecto sobre la salud. En estudios donde coincidencias, sesgos y distorsiones pueden excluirse, se puede observar la relación. La plausibilidad biológica de que el ruido provoca efectos en salud está también bien establecida.

**Evidencia limitada:** la relación entre el ruido y los efectos sobre la salud no se ha observado directamente pero hay evidencia disponible de buena calidad que apoya la asociación causal. La evidencia indirecta es a menudo abundante, vinculando la exposición al ruido con un efecto intermedio de los cambios fisiológicos que conducen a efectos adversos sobre la salud.

**TABLA 2. Efectos y umbrales para los que existe evidencia suficiente y limitada, según la guía Night Noise Guidelines de la OMS (21)**

EVIDENCIA SUFICIENTE			
	Efectos	Indicador	Umbral (dB)
Efectos biológicos	Cambios en la actividad cardiovascular	---	--
	Despertar electroencefalográfico	$L_{A,max interior}$	35
	Movilidad	$L_{A,max interior}$	32
Calidad del sueño	Cambios en la duración de varias etapas del sueño, en la estructura del sueño y fragmentación del sueño	$L_{A,max interior}$	35
	Despertares nocturnos o demasiado temprano	$L_{A,max interior}$	42
	Prolongación del período de comienzo del sueño, dificultad para quedarse dormido	--	--
	Fragmentación del sueño, reducción del período de sueño	--	--
Bienestar	Incremento de la movilidad media durante el sueño	$L_{noche, exterior}$	42
	Molestias durante el sueño	$L_{noche, exterior}$	42
Condiciones médicas	Uso de somníferos y sedantes	$L_{noche, exterior}$	40
	Insomnio (diagnosticado por un profesional médico)	$L_{noche, exterior}$	42
EVIDENCIA LIMITADA			
	Efectos	Indicador	Umbral (dB)
Efectos biológicos	Cambios en los niveles de hormonas (estrés)	---	--
Bienestar	Somnolencia, cansancio durante el día	--	--
	Incremento en la irritabilidad	--	--
	Deterioro de los contactos sociales	--	--
	Quejas	$L_{noche, exterior}$	35
	Deterioro del rendimiento cognitivo	--	--
Condiciones médicas	Insomnio	--	--
	Hipertensión	$L_{noche, exterior}$ (probablemente depende de la exposición diurna también)	50
	Obesidad	--	--
	Depresión (en mujeres)	--	--
	Infarto de miocardio	$L_{noche, exterior}$ (probablemente depende de la exposición diurna también)	50
	Reducción de la esperanza de vida (mortalidad prematura)	--	--
	Desórdenes psíquicos	$L_{noche, exterior}$	60
Accidentes ocupacionales	--	--	

Aspectos importantes en relación a los efectos sobre la salud son la **duración** del ruido y el modo en que se distribuye en el **tiempo** y el espectro de **frecuencias**: los de larga duración y nivel de sonido alto son los más dañinos para el oído y generalmente los más molestos. Los de alta frecuencia tienden a ser de más riesgo auditivo y más molestos que los de baja frecuencia. En cuanto a la distribución en el tiempo, los sonidos intermitentes parecen ser menos dañinos para el oído que los sonidos continuos a causa de la habilidad del oído para regenerarse durante los períodos de silencio. Sin embargo, los sonidos intermitentes (intercalan períodos de silencio) e impulsivos (caracterizados por niveles de sonido relativamente altos y de muy corta duración) tienden a ser más irritantes a causa de su impredecibilidad (7).

Los principales efectos adversos sobre la salud reconocidos por la Organización Mundial de la Salud y otros organismos como la Agencia de Protección Ambiental de EEUU, y el Programa Internacional de Seguridad Química (IPCS) en sus monográficos sobre criterios de salud ambiental (Environmental Health Criteria) son (13, 22, 23):

- Efectos auditivos: discapacidad auditiva incluyendo tinnitus, (escuchar ruidos en los oídos cuando no existe fuente sonora externa), dolor y fatiga auditiva
- Perturbación del sueño y todas sus consecuencias a largo y corto plazo
- Efectos cardiovasculares
- Respuestas hormonales (hormonas del estrés) y sus posibles consecuencias sobre el metabolismo humano y el sistema inmune
- Rendimiento en el trabajo y la escuela
- Molestia
- Interferencia con el comportamiento social (agresividad, protestas y sensación de desamparo)
- Interferencia con la comunicación oral

## 4.1. Efectos auditivos

El deterioro auditivo se define como un incremento en el umbral auditivo evaluado clínicamente mediante audiometría (24).

### Definición “International Standar Organization” ISO

**Minusvalía auditiva:** desventaja impuesta por un deterioro auditivo suficientemente severo para afectar la propia eficiencia personal en las actividades de la vida diaria, usualmente expresada en términos de entender una conversación estándar en niveles bajos de ruido de fondo.

El deterioro puede producirse por el lugar de trabajo, el entorno-comunidad, y por otras causas (traumas, drogas ototóxicas, infecciones y causas hereditarias) (24).

**La exposición a niveles de sonido menos de 70 dB no produce daño auditivo, independientemente de su duración. También hay acuerdo de que la exposición durante más de 8 horas a niveles sonoros por encima de 85 dB es potencialmente peligrosa** (85 dB es equivalente al ruido de tráfico de camiones pesados en una carretera con mucho tráfico) (16).

Con niveles sonoros por encima de los 85 dB, el daño está relacionado con la presión sonora medida en dB y el tiempo de exposición (16), como puede observarse en el siguiente cuadro resumen.

**TABLA 3. Niveles de exposición y efectos. Fuente (16)**

Nivel sonoro	Duración de la exposición	Efecto
<70 dBA	Independiente	No hay daño auditivo
>85 dBA	Más de 8 horas diarias	Daños auditivos

Como se recoge en la introducción, según datos de la Agencia europea de medio ambiente, cerca de 450 millones de europeos (65% de la población europea) están expuestos a niveles de ruido por encima de los 55 dB, lo que puede resultar en molestias, comportamiento agresivo y perturbación del sueño. Un análisis más detallado, muestra que 113 millones están expuestos

a niveles mayores de 65 dBA y que cerca de 10 millones a niveles por encima de 75 dBA, lo que potencialmente puede resultar en un incremento de la pérdida de audición (17).

Un nivel sonoro se considera peligroso cuando la comunicación no es posible (el deterioro auditivo también se considera posible sin ningún cambio significativo en el cambio del umbral audiométrico) y puede causar (17):

- Tinnitus continuo.
- Incapacidad para localizar sonidos.
- Distorsión de los sonidos.
- Asincronía en la información inusualmente sensible a sonidos altos.

La principal causa de la pérdida de audición es la exposición laboral al ruido aunque otras fuentes de ruido, particularmente el de actividades de ocio puede provocar déficits significativos (16).

El ruido daña las delicadas células sensoriales del oído interno, la cóclea. Este proceso puede ser estudiado en laboratorio induciendo elevaciones temporales del umbral auditivo en humanos. El trabajo de laboratorio se centra en las consecuencias estructurales y funcionales de la pérdida auditiva inducida por el ruido, mediante el uso de microscopio electrónico. Así ha sido posible identificar las células sensoriales, estereocilios, y las raíces que las anclan al sistema auditivo, como los componentes más vulnerables con respecto a la exposición al ruido (14).

También se han hecho estudios en animales, elevando temporal y permanentemente su umbral de audición y estudiando los cambios anatómicos y fisiológicos resultantes en la cóclea, así como las elevaciones en el umbral auditivo. Aunque los laboratorios permiten un control estricto del nivel de ruido y su duración, hay cierta controversia acerca del grado de generalización de los resultados a humanos (14).

Los estudios de campo de trabajadores expuestos al ruido, evitan los problemas de la generalización entre especies y la duración de la exposición puede ser de muchas décadas. Son, por lo general, estudios transversales en los que los umbrales auditivos de los individuos están relacionados con exposiciones a ruido experimentadas a lo largo de muchos años. En estos estudios las medidas actuales de ruido pueden ser válidas, pero su validez acerca de años anteriores tiene que ser asumida sin datos precisos (14).

El deterioro auditivo inducido por el ruido puede estar acompañado por una percepción anormal de la sonoridad, distorsión (paracusis) y tinitus (ruidos que se perciben sin que exista una fuente externa) (16). El tinitus puede ser temporal o hacerse permanente después de una exposición prolongada (15).

Los resultados eventuales de la pérdida de audición son soledad, depresión, deterioro de la discriminación oral, disminución del rendimiento académico y laboral, limitación de las oportunidades de trabajo y sentido de aislamiento (16).

En los más jóvenes, la pérdida auditiva afecta a la comunicación, cognición, comportamiento, desarrollo socio-emocional, resultados académicos y oportunidades vocacionales (25).

## 4.2. Perturbación del sueño

### A. El sueño

El sueño es un proceso altamente organizado caracterizado por una desconexión relativa del mundo exterior y una actividad cerebral variable pero específica. Bajo condiciones normales, el sueño está asociado con poca actividad muscular, una postura estereotípica y una respuesta reducida a estímulos ambientales (26) .

Forma parte de un ciclo de 24 horas (ciclo circadiano) y en sí mismo es un proceso cíclico. Consta de diferentes etapas: REM (Rapid Eye Movement) y 4 etapas no REM (S1, S2, S3 y S4, donde su profundidad va de ligero (S1 y S2) a muy profundo (S3 y S4). Durante el sueño pueden producirse cortas activaciones que pueden tener un severo impacto en la recuperación del sueño cuando ocurren de forma frecuente ya sea con cambios menores en la macroestructura del sueño o sin ellos. Estos procesos cortos de activación que duran al menos 3 segundos son conocidos como despertares electroencefalográficos. Estos despertares son más sensibles a los estímulos externos aunque ocurren también en sueño no perturbado. Estudios en laboratorios del sueño han mostrado una asociación positiva entre ruido y cambio en la estructura del sueño (27).

El tiempo que se pasa en las fases de sueño profundo S3 y S4, disminuye con el tiempo despierto durante el ciclo circadiano y la duración de sueño REM se incrementa con el tiempo despierto. El transcurso cíclico de las fases del sueño es parte de una periodicidad ultradiaria. Estos ciclos también caracterizan la regulación endocrina lo que se observa de forma clara en el caso de las hormonas. Los ritmos circadianos de sueño y regulación neuroendocrina son necesarios para la recuperación física y psíquica (28). El sueño puede ser aplazado pero es indispensable para la supervivencia de las especies (26).

**Hay muchas teorías sobre la función del sueño, pero es indudable que su privación es nociva y constituye un proceso necesario para el normal funcionamiento del organismo.**

### B. Efectos del ruido sobre el sueño

El sueño ininterrumpido es un prerequisite para un buen funcionamiento fisiológico y mental en individuos sanos (29). El ruido ambiental es una de las principales causas de la interrupción del sueño y cuando dicha interrupción se vuelve crónica, los resultados son cambios de humor, disminución del rendimiento y otros efectos a largo plazo sobre la salud y el bienestar (14).

Mucha de la investigación reciente se ha centrado en el ruido de aviones, autovías y trenes. Se sabe por ejemplo que el ruido continuo en exceso de 30 dB, perturba el sueño. Para ruido intermitente, la probabilidad de ser despertado se incrementa con el número de eventos ruidosos por noche (16).

Los efectos primarios sobre el sueño son:

- Dificultad para quedarse dormido - Insomnio
- Despertares frecuentes
- Levantarse demasiado temprano
- Alteraciones en las etapas del sueño y su profundidad, especialmente una reducción del sueño REM. Comparando la progresión del sueño de una persona que duerma bajo condiciones tranquilas con otra molesta por el ruido de aviones, se observa una reducción de las fases de sueño profundo y REM así como una perturbación de la estructura cronológica (ciclos del sueño) (30)

Además de estos efectos en el sueño en sí mismo, el ruido durante el sueño provoca (29):

- Incremento de la presión arterial, de la tasa cardíaca y de la amplitud del pulso.
- Vasoconstricción
- Cambios en la respiración
- Arritmias cardíacas
- Incremento del movimiento corporal
- Además de procesos de excitación de los sistemas nervioso central y vegetativo, los cambios en la secreción de hormonas “activadoras” son características marcadas de las interrupciones del sueño (28).

El umbral y relaciones de respuesta pueden ser diferentes para cada de estos efectos. Algunos de ellos, como el levantarse temprano disminuyen con exposiciones repetidas pero otros no, particularmente las respuestas cardiovasculares (31).

Los efectos secundarios, medidos al día siguiente, incluyen (32):

- Fatiga
- Estado de ánimo depresivo
- Disminución del rendimiento.
- Disminución del estado de alerta que puede a su vez conducir a accidentes, heridas y muerte (también atribuida a la falta de sueño y disrupción de los ritmos circadianos) (10).
- Los efectos psicosociales a largo plazo han sido relacionados con el ruido nocturno.
- La molestia por ruido durante la noche incrementa la molestia total durante las siguientes 24 horas. Los grupos especialmente sensibles incluyen a los mayores, trabajadores por turnos, personas vulnerables a trastornos físicos o mentales y aquellos con trastornos del sueño (17).

El insomnio puede ser considerado un marcador de las perturbaciones del sueño causadas por el ruido. Aunque sus efectos a largo plazo no se conocen completamente se sospecha que el **insomnio crónico** está asociado con deterioro del comportamiento (**fatiga, pobre rendimiento en el trabajo, dificultades en la memoria, problemas de concentración, accidentes de coche**), **psicológicos (depresión, ansiedad, abuso de alcohol y otras sustancias) y médicos (deterioro cardiovascular, obesidad, deterioro endocrino, dolor, deterioro del sistema inmune)** (15).

### EFFECTOS INMEDIATOS DEL RUIDO SOBRE EL SUEÑO

Pueden ser cuantificados por el número y la duración de los despertares nocturnos, número de cambios en las etapas del sueño, número de despertares electroencefalográficos, y modificaciones globales en la cantidad total de etapas del sueño o en su organización del sueño (arquitectura del sueño). Como complemento, las modificaciones concomitantes de las funciones autónomas (tasa cardíaca, presión sanguínea, vasoconstricción y tasa respiratoria) pueden ser indicativas de la reactividad del sujeto.

**Despertar electroencefalográfico:** la primera respuesta al ruido durante el sueño es el despertar electroencefalográfico. Puede darse con muy baja intensidad de ruido y sus consecuencias pueden ser limitadas en términos de impacto sobre el sueño. Sin embargo, ocurren espontáneamente en el sueño no perturbado y dependiendo del sujeto, su número varía entre unos pocos a varias docenas por noche. El despertar electroencefalográfico afecta los registros del encefalograma durante unos segundos (desaparición de las ondas lentas o ejes de sueño, ocurrencia de ondas alfa y/o ondas electroencefalográficas rápidas) junto a signos autónomos de activación (incremento de la tasa cardíaca durante unos segundos, vasoconstricción periférica). A un nivel más alto, la reacción de despertar electroencefalográfico es acompañada por movimientos corporales y posibles cambios en las etapas de sueño. En su magnitud máxima, el despertar electroencefalográfico conduce a una transición repentina desde la etapa de sueño existente hasta el despertar (33).

**Cambios en las etapas del ciclo del sueño:** la transición de etapas de sueño profundo a un sueño más ligero puede ser consecuencia directa de los despertares electroencefalográficos provocados por el ruido nocturno. Estas transiciones no deseadas no son percibidas por el sujeto pero modifican la arquitectura del sueño y la cantidad total de ondas sueño lentas (SWS) y de sueño REM. Se produce por tanto un cambio hacia sueño ligero en detrimento del sueño profundo (33).

**Tiempo total de sueño:** puede ser reducido por la necesidad de un mayor tiempo para quedarse dormido y un despertar prematuro. Los ruidos intermitentes, con picos de niveles sonoros de 45 dB pueden incrementar el tiempo necesario para quedarse dormido en 20 minutos. Por otra parte, la presión de sueño se reduce significativamente después de las primeras 5 o 6 horas de sueño por lo que durante las horas de la mañana es más difícil quedarse dormido de nuevo después de un despertar.

Una duración inadecuada del sueño y la ausencia de siestas durante el día, pueden incrementar el riesgo de heridas entre los niños. Particularmente entre niños de 3 a 5 años, dormir menos de 10 horas al día estuvo asociado con un incremento del 86 % del riesgo de herirse. Este riesgo se multiplicaba por 4 asociado a permanecer despierto al menos 8 horas seguidas. La somnolencia diurna en niños es a menudo manifestada externalizando comportamientos que llaman la atención de padres y profesores, como incremento en los niveles de actividad, agresividad, impulsividad así como poca concentración, irritabilidad y mal humor (17).

**Respuestas autónomas:** La ocurrencia de ruidos intermitentes durante el sueño induce una respuesta cardíaca bifásica y una constricción transitoria de los vasos periféricos junto con una corta activación fásica en el electroencefalograma. Esta respuesta cardíaca bifásica está constituida por un incremento inicial en la tasa cardíaca, probablemente debida a una inhibición fásica del centro parasimpático cardioinhibitorio, seguido por una reducción compensatoria debida a una decrecimiento fásico en la actividad ortosimpática. La vasoconstricción se debe a una estimulación simpática periférica provocada por el reflejo auditivo.

Ninguna de estas respuestas cardiovasculares muestran habituación al ruido después de una exposición prolongada, mientras que la habituación subjetiva ocurre a los pocos días (17).

### EFFECTOS NO INMEDIATOS DEL RUIDO SOBRE EL SUEÑO

Estos efectos se pueden medir dentro de unas pocas horas o unos pocos días después de que terminen las noches de sueño perturbado. Los más estudiados son las quejas subjetivas de poblaciones expuestas a varios tipos de ruidos que pueden completarse con otras medidas como el rendimiento diurno o algunas respuestas endocrinas al inducido por ruidos nocturnos (33).

A veces estas evaluaciones subjetivas son la única medida usada para ver el impacto del ruido por la noche. Las grabaciones de sueño son muy costosas y difíciles de llevar a cabo en muestras grandes de población mientras que los cuestionarios de sueño son una forma más fácil de recoger datos en este caso. La perturbación del sueño puede ser evaluada por las quejas acerca de la mala calidad de sueño, despertares nocturnos a menudo acompañados por una calidad deteriorada del periodo diurno siguiente y por la necesidad de períodos compensatorios de descanso. Sin embargo, no son equiparables a medidas objetivas porque muchas veces no hay una respuesta lineal entre el incremento en episodios de ruido y las molestias ocasionadas (33).

Además, el temor que experimenta la población que vive bajo rutas aéreas es a menudo una razón para las protestas, incluso si los niveles medidos de ruido son relativamente bajos (33).

Otras medidas son por ejemplo el rendimiento diurno o los análisis del deterioro de la función cognitiva. También pueden medirse los niveles de las hormonas de estrés en la primera orina del día para evaluar el impacto de la exposición global al ruido durante la noche. Este tipo de medidas son difíciles de llevar a cabo en estudios de campo (33).

### **A tener en cuenta:**

**El fenómeno de la habituación:** si la carga de ruido no es excesiva, la habituación subjetiva puede ocurrir en unos pocos días o semanas. Sin embargo, esta habituación no es completa y las modificaciones medidas de las funciones cardiovasculares permanecen sin alterar después de períodos largos de tiempo de exposición.

**Sensibilidad individual:** la sensibilidad al ruido varía enormemente de un individuo a otro. Algunos de los factores que influyen son la edad, el estado de salud, la situación social y familiar, etc.

Los mecanismos de la perturbación del sueño por el ruido no están del todo claros, particularmente cuando la exposición al ruido ocurre durante el día y la arquitectura del sueño nocturno resulta perturbada. La razón puede ser que la exposición a ruido activa una respuesta de estrés que afecta al sueño en estos individuos (34).

Una revisión de literatura muestra que una relación dosis-efecto para evaluar la perturbación del sueño durante el tiempo nocturno es muy difícil de conseguir y quizás una meta imposible de alcanzar (grandes diferencias entre los estudios de laboratorio y de campo, muchos tipos de exposición a ruido, no sólo por las diferentes fuentes de ruido y sus combinaciones sino también por la distribución en el tiempo de las ocurrencias del ruido y sus características físicas y su significación subjetiva).

De acuerdo con la OMS, el nivel de sonido equivalente  $La_{ea}$  8 h durante el sueño no debería ser superior a 30 dBA y los eventos únicos de ruido  $La_{max}$ , ej como el paso de un tren o camión no deberían exceder los 45 dBA. Sin embargo estos valores pueden ser considerados como los

más conservadores y al mismo tiempo, difíciles de alcanzar. En muchos casos está claro que tales niveles no se pueden obtener sin aislar grandes áreas alrededor de las fuentes y moviendo a miles de personas expuestas.

### C. Efectos cardiovasculares

**Existe una creciente carga de evidencia que confirma que la contaminación acústica tiene efectos tanto temporales como permanentes en los humanos y otros mamíferos, a través de los sistemas endocrino y nervioso autónomo.** El ruido actúa como un estresor biológico no específico, produciendo respuestas que preparan al cuerpo para una respuesta tipo “lucha o huye” (15), (30). Por ello, el ruido puede provocar respuestas tanto del sistema endocrino como del sistema nervioso autónomo que afectan al sistema cardiovascular y por ello ser un factor de riesgo para las enfermedades cardiovasculares (15, 35-37).

Estos efectos empiezan a ser observados con exposiciones diarias a largo plazo a niveles de ruido por encima de 65 dB o con exposiciones agudas a niveles de ruido por encima de 80-85 dB. Las exposiciones agudas al ruido activan las respuestas nerviosas y hormonales, conduciendo a incrementos temporales de la presión sanguínea, tasa cardíaca y vasoconstricción (15).

Estudios en individuos expuestos a ruido ocupacional o medioambiental muestran que la exposición de suficiente intensidad y duración incrementa la tasa cardíaca y la resistencia periférica, incrementa la presión sanguínea, la viscosidad de la sangre y los niveles de lípidos en sangre, causa incrementos en los electrolitos, en los niveles de epinefrina, norepinefrina y cortisol. El ruido súbito e inesperado provoca también reacciones reflejas (14).

Un estudio publicado en Junio 2009 (38), midió la presión sanguínea y la exposición individual a ruido simultáneamente en una muestra de 60 jóvenes (30 hombres y 30 mujeres) y usó modelos de regresión lineal de efectos mixtos para evaluar la relación, obteniendo como resultado que la exposición a ruido ambiental por encima de 55 dBA puede estar asociada con presiones sanguíneas ambulatorias elevadas, aunque es un estudio limitado por el pequeño tamaño muestral y por posibles variables confusoras no controladas. Los resultados obtenidos señalan una posible diferencia por sexos, ya que el incremento en la presión sanguínea de las mujeres fue mayor que el de los hombres.

Los efectos cardiovasculares son independientes de las molestias en el sueño: el ruido que no interfiere con el sueño puede provocar respuestas autónomas (tasa cardíaca, presión sanguínea, vasoconstricción y tasa respiratoria (17)) y segregación de epinefrina, norepinefrina y cortisol. Estas respuestas sugieren que no se produce una habituación completa al ruido nocturno (31) además de demostrar la reactividad de la persona que duerme.

La exposición temporal al ruido produce cambios fisiológicos rápidamente reversibles. Sin embargo la exposición al ruido de suficiente intensidad, duración e impredecibilidad provoca cambios que no son tan rápidamente reversibles. Los estudios que se han hecho sobre los efectos del ruido ambiental muestran una asociación entre la exposición al ruido y la subsecuente enfermedad cardiovascular (16),(15), (39).

A pesar de que el incremento de riesgo para la enfermedad cardiovascular inducida por el ruido puede ser pequeño, se asume de importancia para la salud pública, a causa del número de personas en riesgo y que el ruido al que están expuestas continúa incrementando (16), (15).

Según un consulta a expertos de la Organización Mundial de la Salud (17), hay evidencia suficiente de una asociación entre el ruido del tráfico y las enfermedades isquémicas y evidencia limitada/suficiente de una asociación entre el ruido “comunitario” y la hipertensión.

### El estudio NAROMI (Noise burden and the Risk Of Myocardial Infarction) (40)

Los resultados obtenidos muestran que la **exposición crónica** el ruido está asociada con un **incremento de suave a moderado del riesgo de infarto de miocardio**.

Tanto en mujeres como hombres se encontró un incremento del riesgo respecto a los grupos de referencia pero no una tendencia significativa dosis-efecto entre las categorías de más dB.

Este estudio contempla también la posibilidad de que la contaminación del aire y la exposición crónica ruido puedan estar relacionados e incluso interactuar en el incremento del riesgo de enfermedades cardíacas y pulmonares.

### El estudio HYENA (Hypertension and Exposure to Noise Near Airports) (41)

Es el primer estudio multicéntrico diseñado para evaluar los efectos de la exposición a ruido de aviones y tráfico rodado sobre la presión sanguínea y patología cardíaca..

Se encontraron relaciones significativas exposición-respuesta entre la exposición a ruido nocturno de aviones, media diaria de ruido de tráfico rodado y riesgo de hipertensión.

**TABLA 3. OR's para la hipertensión relacionada con el ruido de aeropuertos y tráfico rodado usando variables continuas, muestra el riesgo por cada incremento de 10 dB en la exposición a ruido (42)**

Variable	OR (95%)	Valor p
$L_{Aeq, 16h}$ Aviones	0.928 (0.829–1.038)	0.190
$L_{noche}$ Aviones	1.141 (1.012–1.286)	0.031
$L_{Aeq, 16h}$ Tráfico rodado	1.097 (1.003–1.201)	0.044

La hipertensión es un importante factor de riesgo independiente para el infarto de miocardio y ataque al corazón. El incremento de riesgo de hipertensión en relación al ruido de aviones y tráfico cerca de los aeropuertos demostrado en el estudio puede por tanto contribuir a la carga de enfermedad cardiovascular.

### El estudio LARES (Large Analysis and Review of European housing and health Status) (43), (44)

El estudio LARES confirmó que la molestia crónica por ruido de tráfico puede ser asociada con un incremento del riesgo para el sistema cardiovascular en adultos (de 18 a 59 años). Los efectos también pudieron ser observados en el sistema locomotor sensible al estrés, como por ejemplo síntomas artríticos y en el sistema neuro-psíquico.

En cuanto a niños, su desarrollo no está diseñado para compensar una alta exposición a ruido ambiental. Los riesgos para los niños que mostraron una molestia elevada por ruido, fueron más elevados que para los adultos.

### Estudios sobre exposición a ruido de tráfico y efectos cardiovasculares

Estudios epidemiológicos internacionales revelaron un incremento del riesgo relativo de enfermedad isquémica del corazón siempre que el ruido de tráfico por día excedía el nivel de sonido equivalente de  $L_{eq}$  65 dBA (30).

En un estudio publicado a principios del año 2009 (37) para evaluar el riesgo de infarto de miocardio en relación a exposición residencial a ruido de tráfico.

La exposición a ruido de tráfico de 50 dBA o superior se asoció a una OR para el infarto de miocardio de 1.12 (95% CI= 0.95 -1.33).

El estudio concluye que los sujetos expuestos a ruido de tráfico de 50 dBA o superior desde 1970 tienden a tener un riesgo incrementado para el infarto de miocardio comparado con los sujetos expuestos a menos de 50 dBA. Dicha OR siguió siendo elevada después de excluir a personas con exposición a ruido de otras fuentes o con pérdida auditiva.

Los resultados están en consonancia con otros estudios (HYENA (42)) que sugieren que el ruido induce efectos cardiovasculares durante el sueño y el sueño interrumpido puede ser un factor de riesgo para el infarto de miocardio.

Otro estudio publicado recientemente (45), establece una relación entre la sensibilidad al ruido y la hipertensión y el dolor torácico, pero no identifica ninguna relación entre exposición a ruido y quejas sobre la salud.

### D. Estrés y sistema inmune

El estrés es un estado en el que la homeostasis (capacidad de mantener un estado interno estable) del organismo se encuentra amenazada. Las amenazas para la homeostasis son llamadas “estresores” y las respuestas del organismo para restablecerla son las “respuestas adaptativas” (34).

El organismo responde al ambiente externo e interno produciendo mediadores hormonales y neurotransmisores que proporcionan respuestas fisiológicas a las circunstancias imperantes. La medida de estas respuestas fisiológicas es un primer acercamiento al impacto de las condiciones ambientales sobre la salud (34).

El ciclo comienza con la señal del hipotálamo a las glándulas suprarrenales, que liberan las principales hormonas del estrés. El eje hipotálamo-pituitaria-adrenal (HPA) es la principal ruta que forma la cascada, que se enfrenta con el estresor externo o interno. Los objetivos primarios para las hormonas del estrés en el cerebro son el hipocampo y la amígdala, donde alteraciones neuronales pueden conducir a problemas de memoria, aprendizaje y emocionales. Por ello, los eventos y experiencias

estresantes pueden activar una variedad de respuestas diseñadas por la evolución para evitar el peligro, pero la exposición crónica a dichos eventos estresantes puede conducir a una mala regulación de los mecanismos de defensa HPA, resultado en desórdenes inducidos por el estrés (34).

El ruido es un estresor físico común no específico. Al igual que otros estresores, perturba la homeostasis de los sistemas cardiovasculares, endocrino e inmune para hacer frente a las demandas ambientales o percibidas por el individuo. La incapacidad de enfrentarse a la sobreestimulación puede conducir a reacciones de estrés adversas (34).

**Estrés agudo:** requiere una rápida respuesta del organismo, del tipo “lucha o huye”. En el caso del ruido puede ser desencadenada por un ruido inesperado o un origen inusual del ruido. Se incrementan los niveles de adrenalina y el flujo de oxígeno al cerebro y se reduce la activación de otras áreas. En la reacción de estrés agudo a una amenaza inmediata, la secreción de hormonas de estrés resulta en un incremento de la tasa cardíaca y de la presión sanguínea, una rápida liberación de energía en el torrente sanguíneo, reducción del metabolismo con una disminución en la actividad salival y gastrointestinal, reducción en las hormonas sexuales, y activación de algunas funciones inmunes. El incremento de energía al cerebro, corazón y músculos permitirán al individuo enfrentarse mejor a la amenaza.

La reacción de estrés agudo es necesaria para la supervivencia pero si las reacciones mediadas por el estrés ocurren repetidamente o de forma crónica, puede haber efectos adversos para el individuo debido al desequilibrio en la respuesta de los sistemas corporales. Durante el estrés a corto plazo puede ocurrir un incremento de la función inmune mientras que en la reacción a largo plazo puede ocurrir deterioro de dicha función.

El cese de la reacción aguda de estrés debido a la amenaza percibida o real es necesario para la recuperación y descanso, pero si la sobreestimulación debida a reacciones crónicas de estrés continúa, puede ser dañino para la salud del individuo. La activación de ciertos sistemas del organismo a un nivel más alto y la disminución de actividad en otros, significa que si las reacciones de estrés son crónicas, las áreas de actividad reducida tales como el sistema gastrointestinal, piel, sexo, sueño y respuesta a infecciones pueden estar afectadas de forma adversa.

**Estrés crónico:** La exposición crónica a estrés, conducente a cambios hormonales puede ser de particular importancia en reacciones adversas y desarrollo de estados de enfermedad.

Este modelo de reactividad en términos de estrés inducido por el ruido ha sido implicado en el desarrollo de desórdenes del sistema cardiovascular, sueño, aprendizaje, memoria, motivación, resolución de problemas, agresión e irritabilidad.

Según el estímulo percibido, la capacidad y recursos del individuo para hacerle frente, experiencia previa, genética, etc., determinarán que ruta se toma:

- Del tipo “lucha o huye”, que resultarán en un incremento de la adrenalina y noradrenalina.
- Del tipo “derrota”, que incrementará la ACTH y el cortisol.

Algunos estudios han mostrado una relación entre el estrés inducido por el ruido y los niveles de cortisol durante y después de la exposición al ruido (34).

La exposición a ruido tanto aguda como crónica puede afectar a los niveles de cortisol. La regulación rítmica del cortisol es un factor importante a la hora de sobrellevar efectivamente el estrés físico o psicológico (34).

En cuanto al sistema inmune, en la alteración del eje de activación HPA mediada por el estrés, hay evidencia de que estas acciones suprimen aspectos del sistema inmune. También se ha mostrado que el estrés incrementa la susceptibilidad a las infecciones virales. Parece que el estrés crónico con una liberación continua de hormonas de estrés conduce a una elevación del umbral al cual la función inmune se activa, permitiendo una inmunidad reducida frente a las infecciones (34).

El estrés crónico parece deteriorar la capacidad del sistema inmune para responder a los glucocorticoides que son responsables normalmente de terminar una respuesta inflamatoria. Eleva los niveles de catecolaminas y CD8, que suprimen el sistema inmune y elevan el riesgo de infección viral (34).

## E. Interferencia con la comunicación oral

La contaminación acústica interfiere con la capacidad para comprender una conversación normal y puede conducir a un número de discapacidades personales, minusvalías y cambios en el

comportamiento. Estos incluyen problemas con la concentración, fatiga, incertidumbre, falta de autoconfianza, irritación, malentendidos, disminución de la capacidad de trabajo, perturbación de las relaciones interpersonales y reacciones de estrés (16).

El ruido puede interferir con el proceso educativo, como así lo muestran los estudios realizados en escuelas situadas en la proximidad de aeropuertos y que se describen en el apartado “Rendimiento”.

El resultado de la interrupción en la comunicación oral como consecuencia del ruido puede ir desde la simple molestia hasta un riesgo serio para la seguridad, dependiendo de las circunstancias (14).

En un experimento con 41 hombres se estudió el efecto de la perturbación debida al ruido en la comunicación. Las personas participantes tomaron parte en un seminario durante varios días y fueron observados durante un día bajo condiciones de control y un día expuestos a ruido de tráfico con  $Leq=60$  dB. Bajo esta exposición al ruido la excreción de noradrenalina se incrementó significativamente un 10% (46).

## F. Efectos sobre el rendimiento

Los efectos de la contaminación acústica en el rendimiento de tareas cognitivas han sido bien estudiados. La contaminación acústica deteriora el rendimiento de tareas en la escuela y el trabajo, incrementa los errores y disminuye la motivación. La atención lectora, la resolución de problemas y la memoria están fuertemente afectadas por el ruido(16).

Se han identificado dos tipos de déficits de memoria bajo condiciones experimentales: recuerdo del contenido subjetivo y recuerdo de detalles accidentales. Ambos están adversamente influenciados por el ruido. Los déficits en el rendimiento pueden conducir a errores y accidentes, ambos con consecuencias sobre la salud y la economía (16).

El desarrollo cognitivo y del lenguaje y la comprensión lectora disminuyen en los hogares ruidosos a pesar de que las escuelas de los niños no sean más ruidosas que la media (16).

El ruido puede inducir desamparo, alterar la elección de la estrategia de trabajo, y disminuir la atención a la tarea. Puede afectar también a las habilidades sociales, enmascarar la comunicación oral, y distraer la atención de pistas sociales relevantes (16).

**El proyecto RANCH** (*Road traffic and Aircraft Noise and Cognitive and Health outcomes*) El proyecto RANCH (47) estudió la relación entre la exposición al ruido de tráfico y aviones y los efectos cognitivos y de salud.

El estudio se llevó a cabo en Reino unido, Holanda y España, y el análisis de los datos recogidos mostró que la exposición crónica a ruido de aviones esta asociada con un deterioro significativo en la comprensión lectora (que se mantuvo después de ajustar por factores de confusión) y también con la memoria.

En cuanto a efectos sobre la salud, tanto el ruido del tráfico como de los aviones estaba asociado con respuestas crecientes de molestia en niños (después de ajuste por factores de confusión).

### RESULTADOS:

- La exposición crónica a ruido de aviones se asoció con un significativo deterioro de la comprensión lectora que se mantuvo después de ajustar.
- La exposición crónica se asoció linealmente con un deterioro significativo del reconocimiento pero no con el recuerdo de información o conceptual. No se encontraron efectos del ruido de tráfico sobre la comprensión lectora, reconocimiento, memoria de trabajo, memoria prospectiva y atención sostenida.
- Con respecto a efectos sobre la salud, una exposición creciente a tanto ruido de aviones como ruido del tráfico estuvo asociado con respuestas crecientes de molestia en los niños. Lo que se mantuvo después de un ajuste total.

Los resultados indican una asociación lineal exposición-efecto entre la exposición a ruido de aviones y deterioro de la comprensión lectora y la memoria de reconocimiento (reconocimiento) en niños y entre la exposición a ruido de tráfico y un incremento de la memoria episódica. Aunque pequeño en magnitud tiene una relación lineal exposición-efecto.

### G. Efectos sobre fetos y recién nacidos

La cóclea y las terminaciones periféricas sensoriales son órganos que completan su desarrollo normal en la semana 24 de gestación. Observaciones ultrasonográficas de respuestas tipo guiño-mirada fija a estimulación vibroacústica se observan por primera vez en las semanas 24 o 25 de gestación y están presentes de forma consistente después de la semana 28, indicando maduración de las rutas auditivas del sistema nervioso central. El umbral de audición (la intensidad a la cual se percibe el sonido) en las semanas 27 a 29 de gestación es aproximadamente 40 dB y decrece a un nivel cercano al adulto de 13.5 dB en la semana 42 de gestación indicando una maduración postnatal continua de estas rutas. Por ello, la exposición del feto y recién nacido a ruido ocurre durante el desarrollo normal y maduración del sentido del oído. El sonido se transmite bien dentro del ambiente uterino (48).

Los resultados de estudios sugieren que:

- La exposición a ruido excesivo durante el embarazo puede resultar en pérdida auditiva a alta frecuencia en los recién nacidos y puede estar asociada con retardo en el crecimiento intrauterino y prematuridad.
- Exposición a ruido en puede resultar en daño coclear.
- Exposición a ruido y otros factores ambientales pueden perturbar el crecimiento y normal desarrollo de niños prematuros.

Sobre la base de los resultados de estos estudios, los efectos sobre la salud a causa del ruido en fetos y recién nacidos merece un mayor estudio en aspectos clínicos y de salud pública (48).

Hay estudios que han documentado una pérdida de audición en niños cuyas madres estuvieron expuestas a ruido durante el embarazo. Exposiciones de 65 a 95 dbA durante 8 horas al día incrementa en un factor de 3 el riesgo de tener un niño con pérdida de audición.

La pérdida de audición en humanos es usualmente consecuencia de años de repetidas exposiciones al ruido. En fetos, es poco probable que se produzca una gran pérdida de audición por la exposición materna al ruido. La diferencia es que después del nacimiento, aun pequeñas pérdidas de audición tienen un gran impacto, mayores que las que tendrían en un adulto, como disfunciones sociales y emocionales en niños en edad escolar (49).

### H. Accidentes – catástrofes

Las mayores catástrofes industriales como la de Three Mile Island, Bhopal, Chernobyl y Exxon Valdez ocurrieron durante el turno de noche. Los turnos, fatiga, y somnolencia fueron citadas como el principal factor que contribuyó a cada incidente (50).

El estudio Cordis mostró que el número de accidentes se incrementa con incrementos de los niveles sonoros equivalentes durante las horas de trabajo (estudió la mortalidad por accidentes en 20.000 trabajadores del acero) (51).

### I. Efectos sobre la salud mental

No se considera la contaminación acústica una causa de enfermedad mental pero se asume que acelera e intensifica el desarrollo de desórdenes mentales latentes. La contaminación acústica puede causar o contribuir a los siguientes efectos adversos: ansiedad, estrés, nerviosismo, náusea, dolor de cabeza, inestabilidad emocional, tendencia a la discusión, impotencia sexual, cambios de humor, incremento en conflictos sociales, neurosis, histeria y psicosis (16).

Los estudios de poblaciones sugieren asociaciones entre el ruido e indicadores de salud mental, tales como la tasa de bienestar, uso de drogas psicoactivas y pastillas para dormir y tasas de admisión en hospitales mentales. Los niños, los mayores y aquello con depresión subyacente pueden ser particularmente vulnerables a estos efectos porque pueden carecer de los mecanismos adecuados para hacerles frente (16).

Un estudio publicado recientemente (52), que midió niveles de ruido y evaluó efectos en salud mediante cuestionarios, no encontró evidencia de que la exposición a ruido de tráfico tuviera efectos sobre la calidad de vida y el desorden mental común en una muestra de población general adulta, aunque los problemas metodológicos del estudio no permiten obtener conclusiones definitivas sobre si el ruido es causa o no de desorden mental común.

Niveles de ruido por encima de 80 dB se asocian con incrementos en el comportamiento agresivo y decrementos en el comportamiento de ayuda a otros (16).

El ruido ambiental parece estar ligado a síntomas psicológicos pero no a desorden psiquiátrico clínico, aunque puede haber una unión para niveles de ruido muy altos (6).

# 5

## Gestión del riesgo: prevención, promoción y protección de la salud

---

### 5.1. Legislación

#### A. Legislación Europea

Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de junio de 2002 - Evaluación y gestión del ruido ambiental

#### B. Legislación Nacional

1. Ley 37/2003, de 17 de noviembre, Ley del Ruido del ruido.
2. R.D. 1513/2005, de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental
3. R.D. 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.

4. R.D. 1371/2007, de 19 de octubre, por el que se aprueba el documento básico «DB-HR Protección frente al ruido» del Código Técnico de la Edificación y se modifica el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.

### C. Legislación Andaluza

1. LEY 7/2007, de 9 de julio, de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental
2. LEY 5/2010, de 11 de junio, de autonomía local de Andalucía.
3. Decreto 326/2003, de 25 de noviembre, de la Junta de Andalucía. Reglamento de Protección contra la Contaminación Acústica.
4. Orden de 29/6/2004, por la que se regulan los técnicos acreditados y la actuación subsidiaria de la Consejería en materia de Contaminación Acústica.
5. Orden de 26/7/2005, por la que se aprueba el modelo tipo de ordenanza municipal de protección contra la contaminación acústica.

#### PLANES DE ACCIÓN LOCAL

El Real Decreto 1513/2005, que desarrolla la Ley 37/2003 del Ruido, en lo referente a evaluación y gestión del ruido ambiental, recoge los requisitos mínimos que deben cumplir los planes de acción contra el ruido:

1. Deben incluir la siguiente información: descripción de la aglomeración, los principales ejes viarios, los principales ejes ferroviarios o principales aeropuertos y otras fuentes de ruido consideradas. Autoridad responsable. Contexto jurídico. Valores límite establecidos con arreglo al artículo 5.4 de la Directiva 2002/49/CE. Resumen de los resultados de la labor de cartografiado del ruido. Evaluación del número estimado de personas expuestas al ruido, determinación de los problemas y las situaciones que deben mejorar. Relación de las alegaciones u observaciones recibidas en el trámite de información pública de acuerdo con el artículo 22 de la Ley del Ruido. Medidas que ya se aplican para reducir el ruido y proyectos en preparación. Actuaciones previstas por las autoridades competentes para los próximos cinco años, incluidas medidas para proteger las zonas tranquilas.

**Estrategia a largo plazo:** Información económica (si está disponible): presupuestos, evaluaciones coste-eficacia o costes-beneficios. Disposiciones previstas para evaluar la aplicación y los resultados del plan de acción.

2. Algunas medidas que pueden prever las autoridades dentro de sus competencias son, por ejemplo, las siguientes:
  - Regulación del tráfico.
  - Ordenación del territorio.
  - Aplicación de medidas técnicas en las fuentes emisoras.
  - Selección de fuentes más silenciosas.
  - Reducción de la transmisión de sonido.
  - Medidas o incentivos reglamentarios o económicos.
3. Los planes de acción recogerán estimaciones por lo que se refiere a la reducción del número de personas afectadas (que sufren molestias o alteraciones del sueño).

## 5.2. Programas de la Organización Mundial de la Salud

### Night Noise Guidelines for Europe 2009

Manual que recoge los valores guía de ruido nocturno para Europa, que establece la Organización Mundial de la salud y que fue publicado en 2009 (21). Establece la necesidad de un documento guía para la exposición nocturna al ruido, así como la evaluación indirecta de la evidencia de los efectos en salud a través de la evaluación de los efectos del ruido sobre el sueño y la falta o mala calidad de este sobre la salud.

- Presenta evidencia de la necesidad biológica del sueño y la relación de su falta sobre efectos adversos sobre la salud.
- Muestra que el ruido perturba el sueño de forma directa e indirecta e incluso a niveles bajos, se detecta reacciones fisiológicas.
- Resume la evidencia conocida de los efectos directos del ruido nocturno sobre la salud.

## Ruido y Salud

- Expone las recomendaciones y valores guía para exposición nocturna a ruido basados en la evidencia presentada anteriormente.

También ofrece un resumen de los efectos en salud y umbrales para los que existe evidencia tanto suficiente como limitada (21).

Relación entre ruido nocturno y efectos en salud en la población	
Nivel	Efecto
$L_{\text{noche, exterior}}$ hasta 30 dB	Aparentemente no se observan efectos biológicos, aunque las circunstancias y sensibilidades individuales difieren.
$L_{\text{noche, exterior}}$ de 30 dB a 40 dB	Se observa un incremento de cierto número de efectos: movimientos corporales, despertar, molestias, etc. La intensidad del efecto depende de la naturaleza de la fuente y el número de eventos, pero incluso en el peor de los casos los efectos parecen modestos. No se puede concluir que los grupos vulnerables (niños, enfermos crónicos y ancianos) sean especialmente afectados.
$L_{\text{noche, exterior}}$ de 40 dB a 55 dB	Hay un agudo incremento en los efectos adversos sobre la salud y muchos de los individuos expuestos están afectados y tienen que adaptar su modo de vida para sobrellevar el ruido. Los grupos vulnerables están severamente afectados.
$L_{\text{noche, exterior}}$ por encima de 55 dB	La situación se considera cada vez más peligrosa para la salud pública. Los efectos adversos sobre la salud ocurren frecuentemente, un alto porcentaje de la población está muy molesta y hay evidencia limitada de que el sistema cardiovascular está bajo estrés.

Fuente (21)

Valores guía y temporales propuestos	
Objetivo temporal I (IT-I)	$L_{\text{noche, exterior}}$ 55 dB
Objetivo temporal II (IT-II)	$L_{\text{noche, exterior}}$ 40 dB
<b>Valor guía de ruido nocturno</b>	<b><math>L_{\text{noche, exterior}}</math> 30 dB</b>

Fuente (21)

El nivel sonoro nocturno exterior  $L_{\text{noche, exterior}}$  para proteger a la población general, y los grupos más susceptibles como niños, enfermos crónicos y ancianos es de 30 dB.

Se proponen otros dos límites para aquellos países que no puedan alcanzar este nivel en un plazo razonable de tiempo de 55 y 40 dB respectivamente.

### Guidelines for community noise 2000

Por “*community noise*” se entiende ruido ambiental, residencial o doméstico, excluyendo en cualquier caso el ruido industrial. El objetivo de la OMS fue consolidar el actual conocimiento científico sobre los impactos en salud del ruido así como proporcionar una guía para las autoridades de salud ambiental y profesionales que tratan de proteger a la población de los efectos nocivos del ruido en ambientes no industriales. Se evaluó el riesgo para la salud humana de la exposición a ruido ambiental y se obtuvieron valores guía (15).

El valor guía que se propone es de  $L_{Amax,inside} = 45$  dB(A). Aunque este valor no es comparable al que se propone en “Night Noise Guidelines” porque los índices usados son diferentes, los umbrales para la aparición de determinados efectos son más bajos que este nivel que se propuso en el 2000. El informe “Night Noise Guidelines 2009” constituye una extensión y puesta al día de este otro informe de la OMS.

### Children’s Environment and Health Action Plan for Europe (2004)

Este Plan de acción establece en su Objetivo regional prioritario IV, que los niños deberían ser protegidos de la exposición dañina a ruido tanto en el hogar como en la escuela (4).

### Environmental Noise burden of disease

Estudio de evaluación para que sirva de guía en la estimación de la carga de enfermedad relacionada con el ruido ambiental. Proporciona datos preliminares para la región europea de la OMS (17). El documento final está en preparación.

### El proyecto HEARTS - Health effects and risk of transport systems

Proyecto de la oficina regional europea de la Organización Mundial de la Salud, que promueve políticas de transporte más saludables, a través del desarrollo de herramientas que apoyan la integración de las evaluaciones de impactos sobre la salud en los procesos de toma de decisiones.

Uno de sus campos de acción son los riesgos de salud asociados con la contaminación del aire y el ruido originados por el tráfico.

Las herramientas que proporciona se basan en modelos de exposición y efectos en salud generados por diferentes políticas de transporte, que se integran en un Sistema de Información Geográfica (que se usan también para el requerimiento de la Directiva europea de ruido para la realización de mapas de ruido) y fueron probados en tres ciudades piloto europeas (Leicester, Florencia y Lille), que además suministraron datos para el ajuste de los modelos.

Enfatiza la necesidad de integrar la salud y la seguridad una parte integral de la evaluación de impacto de las políticas de transporte, planes, escenarios y planificación del transporte y expone las posibilidades que ofrece la metodología usada.

### 5.3. Comisión Europea

#### Libro Verde sobre el futuro plan de acción sobre el ruido

Adoptado y publicado por la Comisión en noviembre de 1996, fue el primer paso en el desarrollo de un plan de acción sobre el ruido con el propósito de que ninguna persona estuviera expuesta a niveles de ruido que pusieran en peligro su salud y calidad de vida, tal y como se recoge en el V Programa de Medio ambiente.

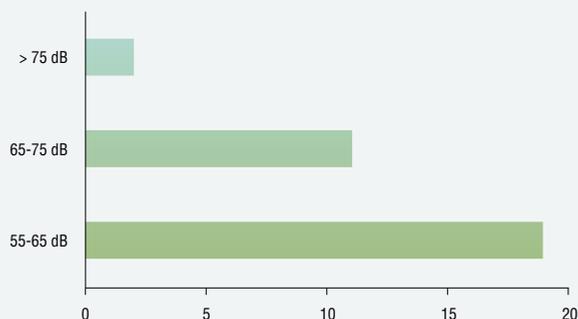
Analiza la exposición a ruido en Europa, las políticas existentes para la reducción del ruido y su aplicación y establece un marco para las futuras políticas, centrándose en las áreas donde la Comunidad se implicará con los Estados miembro y las autoridades locales para la reducción del ruido (53).

### 5.4. Agencia Europea de Medio Ambiente

La Agencia trabaja principalmente con la Directiva sobre el ruido ambiental, apoyando a la Comisión Europea con la gestión de los datos de ruido y en las evaluaciones de exposición al ruido.

Publicó una primera estimación del número de personas en la Comunidad Europea afectada por el ruido del tráfico (la principal fuente de exposición a ruido de la población general).

GRÁFICO 3. Población expuesta a diferentes niveles de ruido de tráfico en la Unión Europea



Fuente (54)

Recientemente la Agencia Europea de Medio Ambiente ha publicado una guía de buenas prácticas sobre la exposición al ruido y los efectos en salud “Good practice guide on noise exposure and potential health effects”. Ésta guía de buenas prácticas está dirigida a autoridades competentes y otras partes interesadas en la comprensión y cumplimiento de la Directiva 2002/49/EC. Se basa en recomendaciones que unen los planes de acción con evidencia reciente sobre los efectos en la salud del ruido ambiental y entre otros, las “Night Noise Guidelines 2009” de la Organización Mundial de la Salud.

## 5.5. Otros proyectos europeos

### CALM Network

Proyecto apoyado por la Comisión Europea y que consta de dos partes:

- **CALM I:** Community Noise Research Strategy Plan: proyecto finalizado en 2004, cuyo objetivo fue el de identificar los vínculos y las brechas entre la actual tecnología para la reducción del ruido y la futura reducción del ruido en la UE y los objetivos regulatorios en los campos del tráfico aéreo, transporte por carretera y ferrocarril, tecnologías marítimas y equipaciones exteriores.

- **CALM II:** Coordination of European Research for Advanced Transport Noise Mitigation: Proyecto finalizado en 2007 cuyo objetivo fue la sincronización y el estímulo de la investigación europea del ruido de tráfico a través de un acercamiento que integre todas las áreas de investigación relacionadas (55).

### El proyecto HEAVEN - Healthier Environment through Abatement of Vehicle Emission and Noise

Proyecto financiado por la Comunidad Europea para desarrollar un Sistema de apoyo a la toma de decisiones (SAD, DDS por sus siglas en inglés Decision Support System) que proporcione información integrada y en tiempo cuasi-real sobre contaminación del aire y acústica y una visión general de la situación actual del transporte.

Se concibe como una herramienta de apoyo para el cumplimiento de los requerimientos de la Directiva europea del ruido.

## 5.6. Environmental Protection Agency, EPA

Desde 1982, la EPA no tiene competencias respecto a la regulación del ruido ya que fueron transferidas a las autoridades estatales y locales. Sin embargo, dos actas anteriores a esta fecha siguen en vigor:

- Acta de control del ruido, 1972
- Acta “Comunidades silenciosas” de 1978

# 6

## Recomendaciones

---

**E**l Observatorio de Salud y Medio ambiente de Andalucía propone varias recomendaciones a diferentes niveles para reducir los efectos negativos del ruido sobre la salud y las molestias que provoca.

### Recomendaciones para la ciudadanía

1. Usar de forma cauta los reproductores personales de música, sin llegar nunca al volumen máximo y procurar que la música no pueda ser escuchada por otras personas a pesar de usar los auriculares.
2. Evitar las actividades de ocio con niveles de ruido excesivos (conciertos, discotecas, etc.) y en cualquier caso, no situarse cerca de altavoces y equipos similares.
3. Acostumbrarse a limitar el volumen de radios y televisores a un nivel razonable, ya que se suelen usar a un volumen alto por costumbre y no por necesidad.
4. Respetar las horas de descanso de los demás, evitando actividades ruidosas.
5. Conducir de forma eficiente, sin acelerones ni frenazos bruscos.
6. Impedir que los niños usen juguetes ruidosos, se sitúen cerca de televisores o altavoces y favorecer que su entorno sea tranquilo.

### Recomendaciones de formación e información

1. Ofrecer información y formación a la población sobre los efectos negativos del ruido sobre la salud y las formas de evitarlos.

2. Formar a padres y educadores sobre los efectos del ruido en la salud de los niños y como hacer de ambientes específicamente infantiles (guarderías, colegios, ludotecas) lugares con niveles bajos de ruido.
3. Ofrecer información a los conductores ya una conducción eficiente no sólo reduce el consumo de combustible sino que evita situaciones en las que el ruido producido por el motor y los neumáticos se incrementa.
4. Promover la educación para el civismo que evite comportamientos ruidosos y favorezca el respeto de las horas de descanso de los demás.
5. Informar a los jóvenes de los efectos que tienen los niveles de ruido a los que están expuestos en determinadas situaciones (actividades de ocio, discotecas, etc.).

### Recomendaciones para organismos competentes

1. Asegurar el cumplimiento de la legislación.
2. Completar los mapas de ruido de grandes núcleos urbanos de la comunidad andaluza.
3. Regular los niveles de ruido emitidos por determinados artículos de consumo y que pueden llegar a ser considerables (juguetes, petardos, aparatos domésticos, etc.).

### Recomendaciones para el ámbito municipal

1. Incrementar los controles acústicos a vehículos a motor y motocicletas.
2. Abogar por la movilidad sostenible, favoreciendo ciudades más habitables y amables con el peatón, la reducción de la contaminación atmosférica y acústica.
3. Promover el uso de medios de transporte colectivo.
4. Instalar barreras acústicas en las zonas de viviendas próximas a grandes vías e infraestructuras de comunicación.
5. Llevar a cabo una adecuada gestión del tráfico, para evitar el tráfico denso en zonas de viviendas y desviando los vehículos pesados por el exterior de núcleos urbanos.
6. Adecuado mantenimiento de las calzadas, para reducir el ruido por rozamiento.
7. Asegurar el cumplimiento de la normativa en las cercanías de aeropuertos y rutas aéreas.

### Recomendaciones de investigación

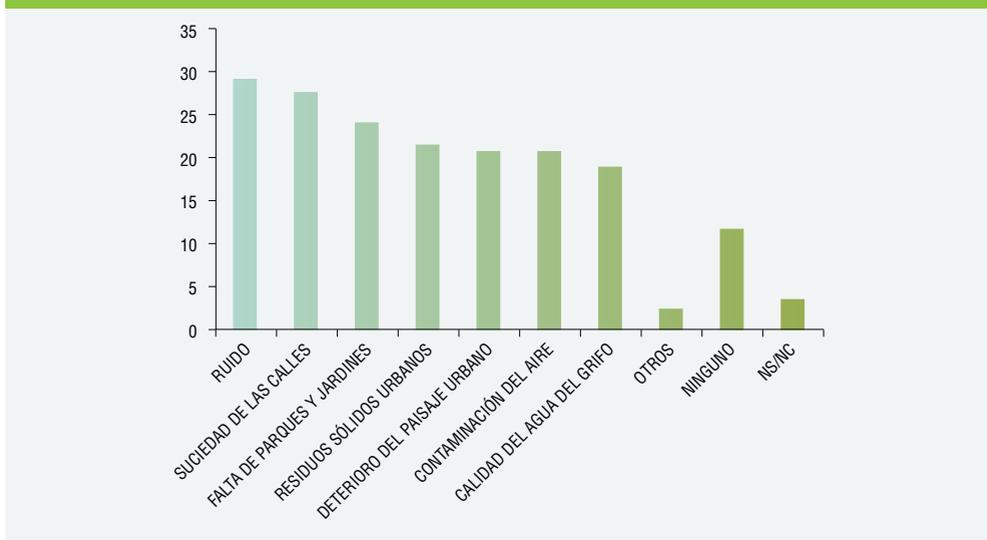
1. Promover la realización de estudios sobre efectos en salud del ruido, para proporcionar evidencia que sirva de base para nueva legislación y establecimiento de programas de reducción del ruido, incidiendo en aquellos efectos para los que no hay evidencia suficiente o los resultados de anteriores estudios son contradictorios.
2. Llevar a cabo investigación en urbanismo, para favorecer que las zonas de viviendas sean tranquilas y cuenten con barreras acústicas (artificiales o de vegetación) y se evite el tráfico intenso en sus cercanías.
3. Llevar a cabo programas de investigación en gestión del tráfico, incidiendo en la reducción del ruido en núcleos urbanos y cerca de zonas de viviendas, en nuevos materiales para pavimentos que favorezcan la absorción de las ondas sonoras y motores más silenciosos.
4. Favorecer la participación de las ciudades andaluzas en los programas europeos que estudian los efectos del ruido sobre la salud.

# 7

## Algunos datos de Andalucía

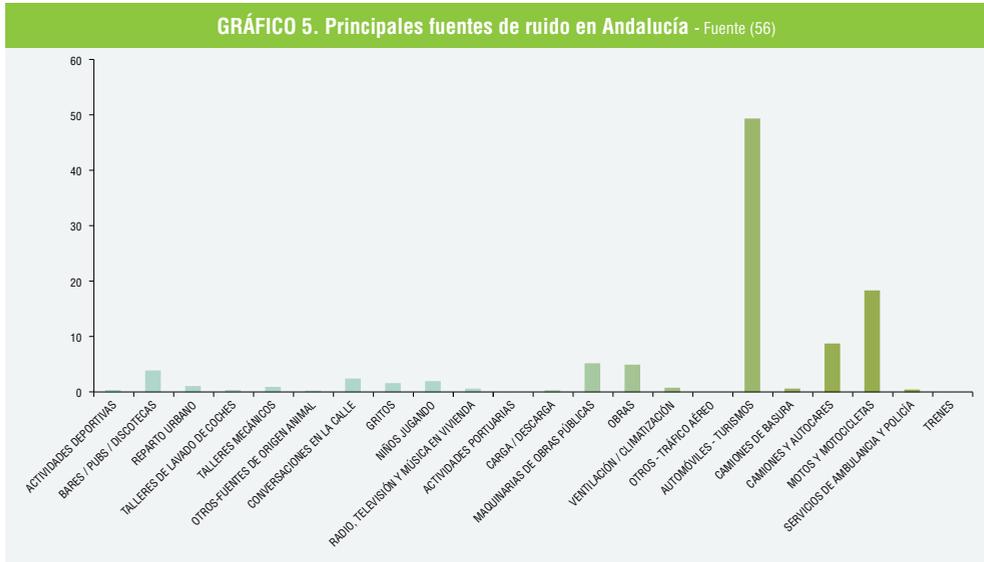
En la Comunidad andaluza, según datos del EcoBarómetro 2009 (9), la contaminación acústica es considerada el problema ambiental prioritario en el ámbito local, tendencia también observada en años anteriores (10, 11).

GRÁFICO 4. Percepción de los problemas ambientales más importantes en el ámbito local andaluz - Fuente (9)

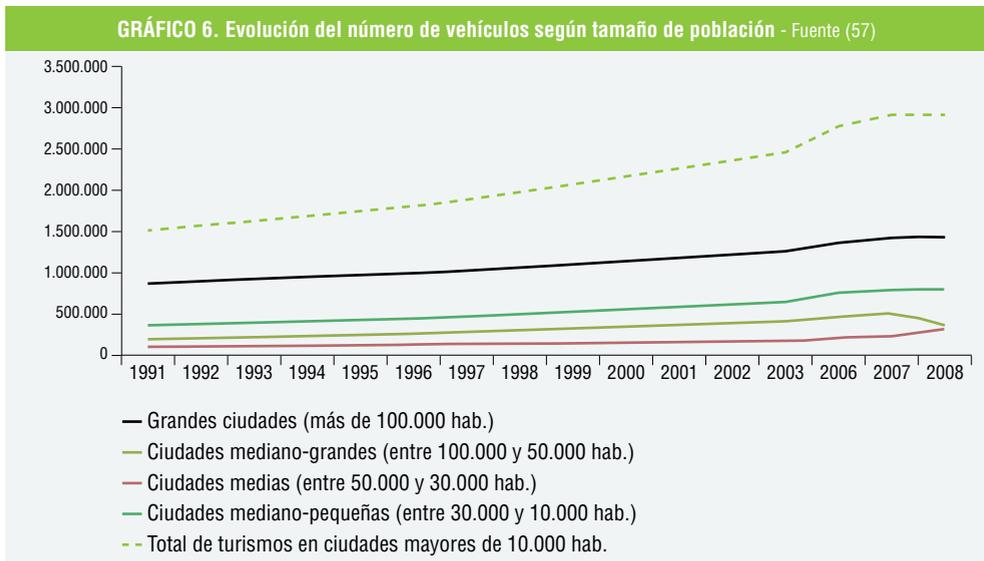


Es considerado un problema de especial relevancia en municipios de tamaño medio (los de entre 5000 y 20000 habitantes y los de entre 20000 y 100000 habitantes) (10).

Las principales fuentes de ruido, según datos del Instituto Nacional de Estadística son:



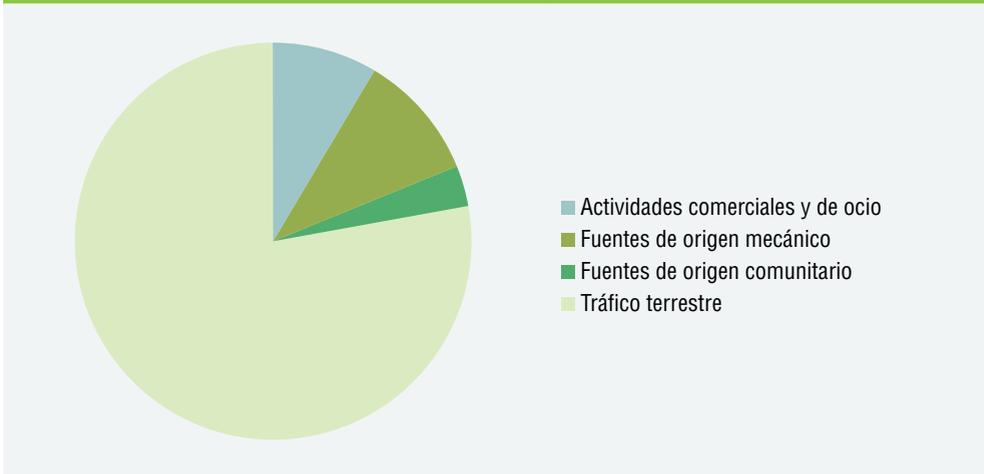
Como puede observarse, el ruido de automóviles y turismos constituye la principal fuente de ruido en la Comunidad. En relación a este dato y según el Instituto de Estadística de Andalucía, el número de vehículos en las ciudades andaluzas entre los años 1991 y 2008 ha evolucionado como sigue:



## Ruido y Salud

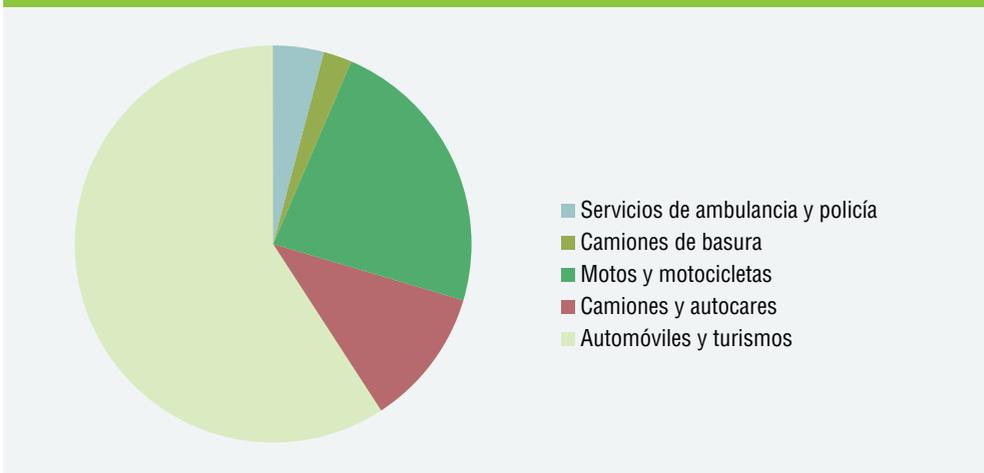
Según un estudio realizado por la Consejería de Medio ambiente en 2006, “Niveles sonoros ambientales en la Comunidad autónoma de Andalucía” (58), que recopila diferentes estudios realizados entre los años 1992 y 2005, las fuentes de ruido en Andalucía son:

**GRÁFICO 7. Fuentes de contaminación acústica urbana en núcleos de más de 50.000 habitantes - Fuente (58)**



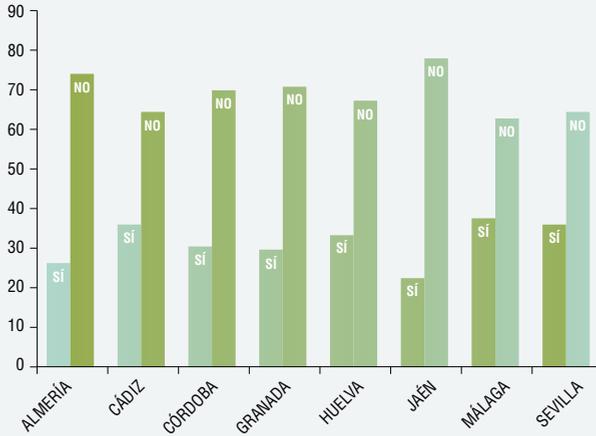
Dentro del tráfico terrestre, las fuentes específicas son:

**GRÁFICO 8. Tráfico terrestre - Fuente (58)**



Según datos del Instituto Nacional de Estadística, los hogares en los que se sufren ruidos del exterior son los que siguen para las provincias andaluzas:

GRÁFICO 9. Ruidos del exterior en hogares de Andalucía por provincia - Fuente (59)



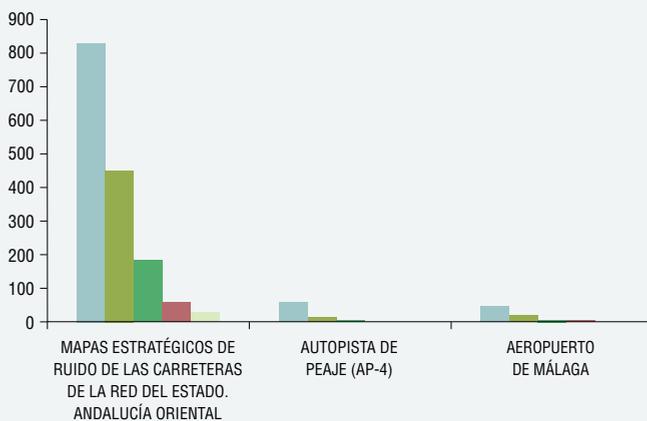
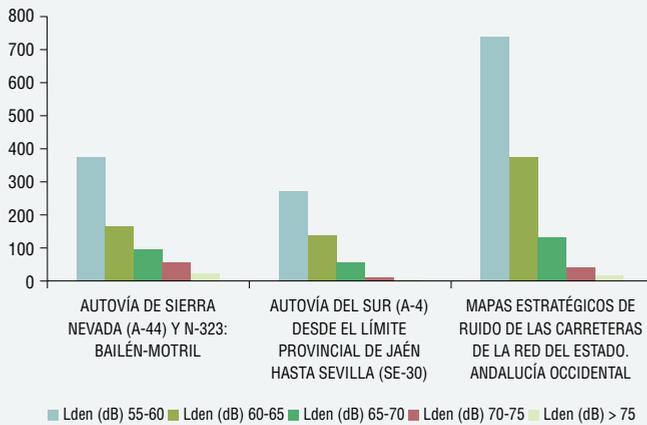
Los mapas de ruido de grandes ejes viarios y aeropuertos que se han realizado hasta el momento son:

- Autovía de Sierra Nevada (A-44) y N-323: Bailén-Motril.
- Autovía del Sur (A-4) desde el límite provincial de Jaén hasta Sevilla (SE-30).
- Mapas estratégicos de ruido de las carreteras de la Red del Estado. Andalucía Occidental.
- Mapas estratégicos de ruido de las carreteras de la Red del Estado. Andalucía Oriental.
- Autopista de Peaje AP-4.
- Aeropuerto de Málaga.

Según estos mapas y datos del Ministerio de Fomento y Aena, la exposición por número de personas a ruido se representa en los siguientes gráficos:

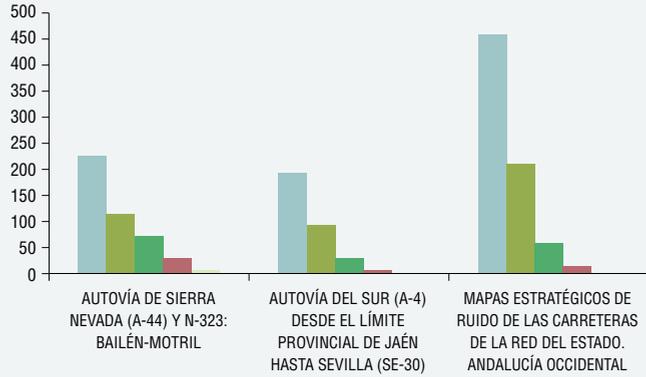
## GRÁFICOS 10 Y 11. Resultados de exposición a ruido, indicador $L_{DEN}$ , según mapas de ruido realizados en Andalucía - Fuente (57)

Indicador  $L_{DEN}$ . La exposición se midió por el número de personas expuestas y en el gráfico se representan centenares.

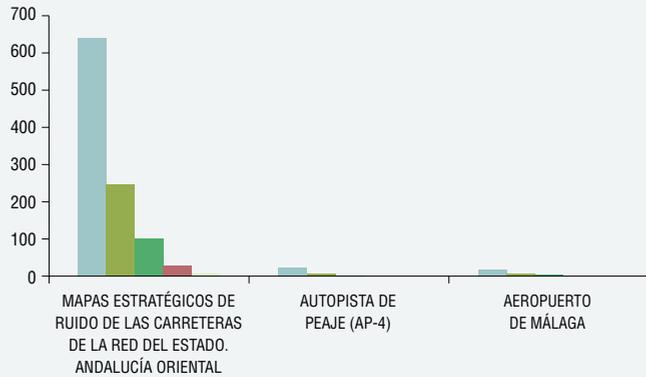


## GRÁFICOS 12 Y 13. Resultados de exposición a ruido, indicador $L_{N}$ , según mapas de ruido realizados en Andalucía - Fuente (57)

Indicador  $L_{N}$ . La exposición se midió por el número de personas expuestas y en el gráfico se representan centenas.



■ Lnoche (dB) 50-55 ■ Lnoche (dB) 55-60 ■ Lnoche (dB) 60-66 ■ Lnoche (dB) 66-70 ■ Lnoche (dB) > 70



# 8

## Anexos

---

### 8.1. Física del sonido

El **sonido** es un fenómeno físico que consiste en la alteración mecánica de las partículas de un medio elástico, producida por un elemento en vibración, que es capaz de provocar una sensación auditiva(7). Puede definirse también como el resultado de los cambios de presión en un medio, generalmente el aire, causados por vibraciones o turbulencias. La amplitud de estos cambios de presión se mide en términos de niveles de sonido (NL) y la rapidez con que ocurren es la frecuencia del sonido. El nivel de sonido se mide en decibelios (dB) y la frecuencia en ciclos por segundo o Herzios (Hz).

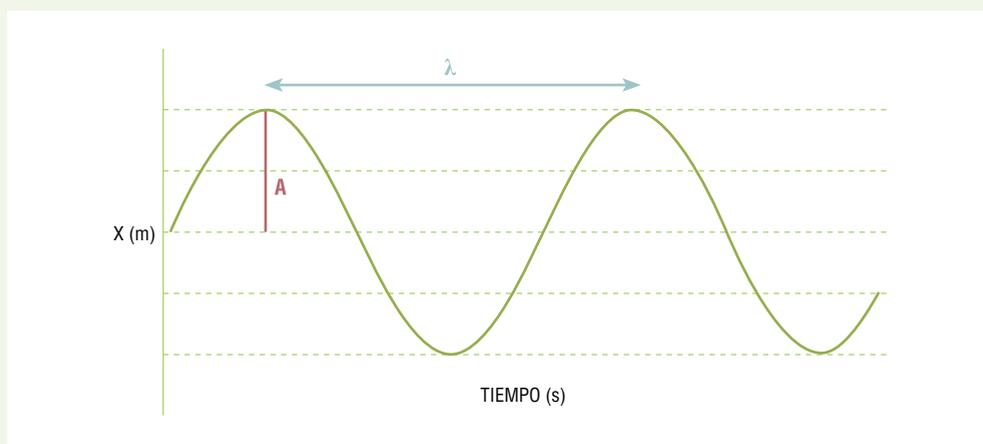
El nivel de sonido en decibelios es una medida logarítmica del cambio de presión con respecto a un nivel de presión de referencia. Un pequeño incremento en decibelios representa un gran incremento de energía sonora. Técnicamente, un incremento de tan sólo 3dB representa multiplicar por dos la energía sonora y un incremento de 10 dB representa multiplicarla por 10. El oído, sin embargo, percibe un incremento de 10 dB como el doble de ruido o sonoridad (7).

Las vibraciones se transmiten en el medio, generalmente el aire, en forma de ondas sonoras, que llegan al pabellón del oído, hacen vibrar la membrana del tímpano pasando al oído medio, el oído interno y excitando terminales del nervio acústico que transporta al cerebro los impulsos neuronales que finalmente generan la sensación sonora (7).

Para definir correctamente como magnitud física el sonido es necesario introducir ciertos conceptos que se explican brevemente a continuación (7):

**Sonido:** Alteración mecánica de las partículas de un medio elástico que provoca una sensación auditiva.

**Movimiento ondulatorio:** Se caracteriza por la propagación de movimiento o energía a través de un medio. Según sea la dirección del movimiento de las partículas, el movimiento ondulatorio será longitudinal (movimiento de las partículas paralelo a la dirección de propagación) o transversal (si el movimiento de las partículas es perpendicular a la dirección de propagación).



### MAGNITUDES QUE DEFINEN EL MOVIMIENTO ONDULATORIO

**Amplitud:** Máximo del movimiento de una onda

**Período:** Tiempo transcurrido por un punto que alcanza sucesivamente la misma posición. El periodo depende de las características iniciales de la perturbación.

**Longitud de onda:** La distancia entre dos puntos consecutivos en el mismo estado de vibración se denomina longitud de onda ( $\lambda$ ).

**Velocidad de propagación:** distancia recorrida por la onda por unidad de tiempo. Si consideramos un ciclo completo, el tiempo será  $T$  y la distancia recorrida  $\lambda$ :  $V = \lambda / T$ .

**Frecuencia:** Es el número de perturbaciones -pulsaciones- por segundo y se mide en hercios (Hz). Las frecuencias más bajas se corresponden con los sonidos “graves” y las más altas con los “agudos”.  $f = 1 / T$

**Espectro de frecuencias:** Los ruidos se pueden descomponer en una superposición de sonidos puros de frecuencias diferentes. El espectro de frecuencias define como se reparte la energía sonora en cada una de ellas y conocerlo permite saber si el ruido contiene frecuencias bajas (graves), medias o altas (agudas). Varía aleatoriamente a lo largo del tiempo (otros sonidos como por ejemplo los acordes musicales, siguen una ley de variación precisa). El oído humano reacciona de manera diferente según las frecuencias, y la propagación del ruido en el aire y a través de los obstáculos depende asimismo del espectro de frecuencias del ruido.

El dominio audible de frecuencias se sitúa aproximadamente en el intervalo 20-20.000 Hz. Para realizar un análisis de frecuencias (denominado análisis espectral) se descompone este intervalo en bandas, y se determina el nivel de presión sonora correspondiente a cada una de las bandas. Estas bandas pueden ser:

- De ancho constante:  $\lambda f = k$
- De ancho proporcional a la frecuencia central:  $\lambda f / f_c = k$

Este último tipo de repartición es el más utilizado en la práctica, y es el que corresponde al análisis por filtros de octava y por filtros de tercio de octava.

La **potencia sonora** de una fuente sonora es la cantidad de energía por unidad de tiempo que emite. Esta es una medida básica de cuanta energía acústica puede producir una fuente sonora con independencia del contorno. La energía sonora fluye de la fuente al exterior, aumentando el nivel de presión sonora existente.

Al medir el nivel de presión sonora, hay que tener en cuenta que éste depende tanto de la potencia radiada, de la distancia radiada respecto de la fuente como de la cantidad de energía absorbida y de la cantidad de energía transmitida.

**Potencia sonora:** Cantidad de energía sonora por unidad de tiempo.

El ruido es un sonido complejo que puede ser caracterizado por la frecuencia de los sonidos puros que lo componen y por la amplitud de la presión acústica correspondiente a cada una de esas frecuencias

Los sonidos están formados por unión de componentes de distinta frecuencia, dependiendo su sonoridad de las contribuciones relativas de cada componente, es decir de las frecuencias presentes y de las intensidades correspondientes. Físicamente, se representan mediante su espectro de frecuencia.

La **sonoridad** es una característica subjetiva, definida como la sensación producida por ciertas variaciones de presión en el oído. Estudios realizados sobre un gran número de oyentes ha permitido tabular un conjunto de curvas de igual sonoridad (curvas isosónicas) que indican, para cada nivel de sonoridad, el nivel sonoro de los distintos tonos puros que producen la misma sensación sonora (se comprueba que la corrección de nivel entre dos frecuencias distintas para que ofrezcan la misma sonoridad depende del valor de la sonoridad).

### Índices y medidas de ruido

Las presiones acústicas a las cuales es sensible el oído humano varían en un intervalo enorme. Así, el umbral inferior de la audición humana, es decir, la presión acústica mínima que provoca una sensación auditiva, es  $2 \times 10^{-5}$  Pa., y el umbral máximo es de alrededor de 20 Pa (7).

La manipulación de valores que cubren un campo tan extenso no resulta cómoda, por lo que se recurre a la utilización de otra escala, logarítmica, y otra unidad, el decibelio (7).

Se define el nivel de presión sonora  $L_p$  por la expresión:

$$L_p = 20 \cdot \frac{P}{P_0} \text{ (dB)}$$

siendo  $P_0$  es el valor de referencia de la presión acústica que representa la menor presión acústica audible por un oído humano normal,  $2 \cdot 10^{-5}$  Pa., y  $P$  la presión acústica eficaz (7).

El comportamiento del oído humano está más cerca de una función logarítmica que de una lineal. Un oído humano es capaz de percibir y soportar sonidos correspondientes a niveles de presión sonora entre 0 y 120 dB. Este último nivel de ruido marca aproximadamente el denominado “umbral del dolor”. A niveles de ruido superiores pueden producirse daños físicos como rotura del tímpano (7).

El oído humano no es sensible de la misma manera a las diferentes frecuencias. Así, para un mismo nivel de presión sonora, un ruido será tanto más molesto cuanto mayor proporción de altas frecuencias contenga. Para tener en cuenta esta sensibilidad se introduce en la medida del ruido el concepto de filtros de ponderación. Estos filtros actúan de manera que los niveles de presión de cada banda de frecuencia son corregidos en función de la frecuencia según unas curvas de ponderación. Con este criterio se han definido varios filtros, siendo los más conocidos los denominados A, B, C y D (7).

El filtro más usado es el A, que discrimina los sonidos de frecuencias bajas y muy altas. La ponderación A se aproxima a la respuesta del oído humano a niveles de ruido moderados. Los niveles de presión sonora utilizados se miden en decibelios A, dBA (14).

La Guía de la Organización Mundial de la Salud “Night Noise Guidelines 2009” (21) usa los siguientes índices de ruido, basándose en su correlación con los posibles efectos en salud:

1.  $L_{\text{noche, exterior}}$ : ya que los efectos a largo plazo tales como los cardiovasculares, se correlacionan mejor con indicadores que resuman la situación acústica de un período largo de tiempo (media del nivel de ruido nocturno en la fachada)
2.  $L_{A, \text{max}}$ : los efectos instantáneos se correlacionan mejor con el nivel máximo por evento ruidoso, como el paso de un camión, avión o tren.

El Real Decreto 1513/2005 establece los siguientes índices de ruido:

1.  $L_{\text{DEN}}$ : ruido día-tarde-noche
2.  $L_d$  es el nivel sonoro medio a largo plazo ponderado A definido en la norma ISO 1996-2: 1987, determinado a lo largo de todos los períodos día de un año (12 horas).
3.  $L_e$  es el nivel sonoro medio a largo plazo ponderado A definido en la norma ISO 1996-2: 1987, determinado a lo largo de todos los períodos tarde de un año (4 horas).
4.  $L_n$  es el nivel sonoro medio a largo plazo ponderado A definido en la norma ISO 1996-2: 1987, determinado a lo largo de todos los períodos noche de un año (8 horas).

La siguiente tabla recoge los objetivos de calidad acústica para ruido aplicables al espacio interior habitable de edificaciones destinadas a vivienda, usos residenciales, hospitalarios, educativos o culturales, según el Real Decreto 1367/2007.

Uso del edificio	Tipo de Recinto	Índices de ruido (dB)		
		L <sub>d</sub>	L <sub>e</sub>	L <sub>n</sub>
Vivienda o uso residencial	Estancias	45	45	35
	Dormitorios	40	40	30
Hospitalario	Zonas de estancia	45	45	35
	Dormitorios	40	40	30
Educativo o cultural	Aulas	40	40	40
	Salas de lectura	35	35	35

Fuente Real Decreto 1367/2007

El proyecto HEARTS (Health Effects And Risks of Transport Systems) recomienda el uso de los índices  $L_{DEN}$  y  $L_n$  para la correlación con efectos en salud (60).

## 8.2. Partes del oído

**El oído externo** se encarga de captar las ondas sonoras y dirigir las hacia la membrana timpánica. Está formado por el pabellón auricular u oreja (estructura cartilaginosa recubierta de piel) y del conducto auditivo exterior, formación tubular de unos 25 mm de largo y recubierto de glándulas que secretan cera que se introduce en el hueso temporal y que está cerrada en su extremo interno por la membrana timpánica (26, 61).

**El oído medio** es una cavidad dentro del hueso temporal, contiene una cadena de huesecillos. Entre el oído medio y el conducto auditivo externo, se extiende la membrana timpánica. Se comunica en dirección proximal con la nasofaringe a través de las trompas de Eustaquio, que mantienen el equilibrio de presión a ambos lados de la membrana timpánica. La membrana timpánica se une al oído interno por los huesecillos. Esta parte del oído modula e intensifica la señal sonora y la transmite al oído interno (26, 61).

**El oído interno** contiene el aparato sensorial propiamente dicho. Está formado por una cubierta ósea (el laberinto óseo) en la que se encuentra el laberinto membranoso, una serie de cavidades que forman un sistema cerrado lleno de endolinfa, un líquido rico en potasio. El laberinto óseo contiene en su interior al laberinto membranoso; esta estructura tiene doble misión: es receptor periférico para la audición y el equilibrio. El oído interno es la parte esencial del órgano de la audición, en el laberinto anterior (cóclea o caracol) se produce la transformación de la onda sonora (energía mecánica) en impulsos nerviosos (energía eléctrica) y en él se realiza el análisis de los sonidos. El laberinto membranoso está separado del laberinto óseo por la perilinfa, un líquido rico en sodio.

El laberinto óseo consta de dos partes:

1. La porción anterior se conoce como cóclea y es el órgano real de la audición. Tiene una forma espiral que recuerda a la concha de un caracol, apuntada en sentido anterior.
2. La porción posterior del laberinto óseo contiene el vestíbulo y los canales semicirculares y es la parte responsable del equilibrio.

Las estructuras neurosensoriales que participan en la audición y el equilibrio se localizan en el laberinto membranoso: el órgano de Corti se localiza en el canal coclear, mientras que la mácula del utrículo y del sáculo y las ampollas de los canales semicirculares se localizan en la sección posterior (26, 61).

### 8.3. Medidas contra el ruido en ambientes urbanos

Las medidas de lucha contra el ruido se articulan en tres áreas:

1. Reducción de las fuentes de ruido y uso de pantallas.
2. Regulación normativa en el ámbito municipal, que establezca valores límite.
3. Información a la población.

### Reducción de las fuentes de ruido y uso de pantallas

En el ámbito urbano, la reducción de las fuentes de ruido pasa por una adecuada gestión urbanística y del tráfico, esto es, una adecuada zonificación en áreas de diferente calidad acústica y otras medidas tales como (15, 55, 60):

1. Uso de pavimentos de materiales absorbentes.
2. Trazado y ancho adecuado de las calles que favorezcan la dispersión del ruido.
3. Instalación de pantallas acústicas en puntos que lo requieran (zonas de viviendas próximas a autopistas, etc.).
4. Impulsar el uso de medidas contra el ruido en edificios (ventanas de doble acristalamiento, uso de materiales de aislamiento acústico).
5. Gestión del tráfico en los núcleos urbanos, en aras de una mayor fluidez y menor uso de vehículos privados. Evitar el tránsito de camiones y vehículos pesados en los centros urbanos.
6. Impulsar el uso del transporte público.

### Regulación normativa en el ámbito municipal, que establezca valores límite.

Un ejemplo lo constituye la Ley de Autonomía Local de Andalucía, que establece como competencia municipal “la ordenación, planificación, programación y ejecución de actuaciones en materia de protección del medio ambiente contra ruidos y vibraciones y el ejercicio de la potestad sancionadora en relación con actividades no sometidas a autorización ambiental integrada o unificada”.

### Información a la población

El fin de la realización de campañas de sensibilización e información de la población es doble: se informa de las medidas que se adoptan en la ciudad para la disminución del ruido y se implica a la población en el cumplimiento de aquellas que les afectan, fomentando pautas de conducción más silenciosa y de respeto a la convivencia.

# 9

## Bibliografía

---

1. Audiencia Provincial de Barcelona. Sección Vigésimo Primera P.A. Núm. 68/08. Sentencia. 2009.
2. Real Decreto 1995/1978, de 12 de mayo, por el que se aprueba el Cuadro de Enfermedades Profesionales en el sistema de la Seguridad Social. BOE n.º 203, de 25 de agosto de 1978. 1978.
3. Commission E. Noise.
4. Licari L. NL, Tamburlini G. Children's health and environment (CEHAPE). Developing action plans. World Health Organization Europe.
5. Junta de Andalucía. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Ecobarómetro de Andalucía 2007. 2007.
6. Stansfeld S, Matheson M. Noise pollution: non-auditory effects on health. Br Med Bull. 2003;68:243-57.
7. Ministerio de Medio ambiente. Conceptos básicos del ruido ambiental. 2000.
8. Martín M, Tarrero A, J G, M. M. Exposure-effect relationships between road traffic noise annoyance and noise cost valuations in Valladolid, Spain. Applied Acoustics. 2006;67(10).
9. Junta de Andalucía. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Ecobarómetro de Andalucía 2009. 2009.
10. Junta de Andalucía. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Ecobarómetro de Andalucía 2007. 2007.
11. Junta de Andalucía. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Ecobarómetro de Andalucía 2008. 2008.
12. Díaz J. Ruido, tráfico y salud. Instituto de Salud Carlos III.
13. IPCS I. Environmental Health Criteria Monographs.
14. Suter A. Noise and Its Effects. Administrative Conference of the United States; 1991; Available from: <http://www.nonoise.org/library/suter/suter.htm#effects>
15. WHO. Guidelines for Community Noise. Birgitta Berglund , Thomas Lindvall, Dietrich H Schwela ed1999.
16. Goines L, Hagler L. Noise pollution: a modern plague. South Med J. 2007 Mar;100(3):287-94.

17. WHO. Experts consultation on methods of quantifying burden of disease related to environmental noise. 2007.
18. Babisch W, Kamp I. Exposure-response relationship of the association between aircraft noise and the risk of hypertension. *Noise Health*.11(44):161-8.
19. Comisión Europea. Comunicación de la Comisión “El medio ambiente en Europa: Hacia dónde encauzar el futuro - Evaluación global del programa comunitario de política y actuación en materia de medio ambiente y desarrollo sostenible: «Hacia un desarrollo sostenible» (COM/99/0543 final)”. 1999.
20. World Health Organization. Fact sheet N°258: Occupational and community noise. 2001.
21. World Health Organization. Night Noise Guidelines. 2009.
22. World Health Organization. Noise and Health. 2007; Available from: <http://www.euro.who.int/Noise>
23. U.S. Environmental Protection Agency. Noise. 2009; Available from: <http://www.epa.gov/air/noise.html>
24. Passchier-Vermeer W, Passchier W. Noise exposure and public health. *Environ Health Perspect*. 2000 Mar;108 Suppl 1:123-31.
25. Karchmer M, Allen T. The functional assessment of deaf and hard of hearing students. *Am Ann Deaf*. 1999 Apr;144(2):68-77.
26. Gil-Carcedo E, LM G-C, Vallejo L. Efectos del ruido en la salud humana2008.
27. Basner M, Glatz C, Griefahn B, Penzel T, Samel A. Aircraft noise: effects on macro- and microstructure of sleep. *Sleep Med*. 2008 May;9(4):382-7.
28. Maschke C, Hecht K. Stress hormones and sleep disorders--electrophysiological and hormonal aspects. *Schriftenr Ver Wasser Boden Lufthyg*. 2001(111):91-7.
29. Hobson J. Sleep. Scientific American Library, W.H. Freeman and Company,; 1989.
30. Maschkea C. RT, Hechtb K. and Maschke C. Dr. ScienceDirect - International Journal of Hygiene and Environmental Health : The influence of stressors on biochemical reactions - a review of present scientific findings with noise. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. 1999;203(1):45-53.
31. Ohrstrom E BM. Effects of noise disturbed-sleep: a laboratory study on habituation and subjective noise sensitivity. *J Sound Vibration*. 1998;122:277-90.
32. NL. C. Transportation noise, sleep, and possible after-effects. *Environ Int*. 1996;22:105-16.
33. Muzet A. WHO noise technical meeting on exposure-response relationships of noise on health. “Noise exposure from various sources. Sleep disturbance, dose-effect relationships on adults”. 2007.
34. Prasher D. Is there evidence that environmental noise is immunotoxic? *Noise Health*.11(44):151-5.
35. Babisch W. Noise and health. *Environ Health Perspect*. 2005 Jan;113(1):A14-5.
36. Ising H, Kruppa B. Health effects caused by noise: evidence in the literature from the past 25 years. *Noise Health*. 2004 Jan-Mar;6(22):5-13.

37. Selander J, Nilsson M, Bluhm G, Rosenlund M, Lindqvist M, Nise G, et al. Long-Term Exposure to Road Traffic Noise and Myocardial Infarction. *Epidemiology*. 2008 Dec.
38. Chang T, Lai Y, Hsieh H, Lai J, Liu C. Effects of environmental noise exposure on ambulatory blood pressure in young adults. *Environ Res*. 2009 Oct;109(7):900-5.
39. Babisch W. Stress hormones in the research on cardiovascular effects of noise. *Noise Health*. 2003 Jan-Mar;5(18):1-11.
40. Willich S, Wegscheider K, Stallmann M, Keil T. Noise burden and the risk of myocardial infarction. *Eur Heart J*. 2006 Feb;27(3):276-82.
41. Jarup L, Dudley M, Babisch W, Houthuijs D, Swart W, Pershagen G, et al. Hypertension and Exposure to Noise near Airports (HYENA): study design and noise exposure assessment. *Environ Health Perspect*. 2005 Nov;113(11):1473-8.
42. Jarup L, Babisch W, Houthuijs D, Pershagen G, Katsouyanni K, Cadum E, et al. Hypertension and exposure to noise near airports: the HYENA study. *Environ Health Perspect*. 2008 Mar;116(3):329-33.
43. WHO. Large analysis and review of European housing and health status (LARES). 2007.
44. Niemann H, Bonnefoy X, Braubach M, Hecht K, Maschke C, Rodrigues C, et al. Noise-induced annoyance and morbidity results from the pan-European LARES study. *Noise Health*.8(31):63-79.
45. Fyhri A, Klæboe R. Road traffic noise, sensitivity, annoyance and self-reported health--a structural equation model exercise. *Environ Int*. 2009 Jan;35(1):91-7.
46. Ising H, Braun C. Acute and chronic endocrine effects of noise: Review of the research conducted at the Institute for Water, Soil and Air Hygiene. *Noise Health*. 2000;2(7):7-24.
47. Stansfeld SA, Berglund B, Clark C, Lopez-Barrio I, Fischer P, Ohrstrom E, et al. Aircraft and road traffic noise and children's cognition and health: a cross-national study. *Lancet*. 2005 Jun 4-10;365(9475):1942-9.
48. Noise: a hazard for the fetus and newborn. American Academy of Pediatrics. Committee on Environmental Health. *Pediatrics*. 1997 Oct;100(4):724-7.
49. Gerhardt KJ, Abrams RM. Fetal exposures to sound and vibroacoustic stimulation. *J Perinatol*. 2000 Dec;20(8 Pt 2):S21-30.
50. Jovanovic S. Experts consultation on methods of quantifying burden of disease related to environmental noise. "Accidents resulting from sleep deprivation and mask effects.". 2005.
51. Melamed S, Luz J, Green MS. Noise exposure, noise annoyance and their relation to psychological distress, accident and sickness absence among blue-collar workers--the Cordis Study. *Isr J Med Sci*. 1992 Aug-Sep;28(8-9):629-35.
52. Stansfeld S, Haines M, Berry B, Burr M. Reduction of road traffic noise and mental health: an intervention study. *Noise Health*.11(44):169-75.

53. European Commission, Green Paper “Future Noise Policy”. 1996.
54. Environment Protection Agency. Traffic noise: exposure and annoyance. 2001.
55. CALM Network. 2007.
56. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía. Estadística de niveles de contaminación acústica en Andalucía. 2005.
57. Consejería de Medio ambiente, Junta de Andalucía. Medio Ambiente en Andalucía 2009.
58. Consejería de medio ambiente, Junta de Andalucía. Niveles sonoros ambientales en la Comunidad autónoma de Andalucía. 2006.
59. Instituto Nacional de Estadística. Censos de Población y Viviendas 2001. Resultados definitivos 2007.
60. World Health Organization. Health Effects and Risks of Transport Systems: the HEARTS proyect. 2006.
61. Organización Internacional del Trabajo. Enciclopedia de Salud y Seguridad en el trabajo.1998.



**osman**  
Observatorio de Salud y  
Medio Ambiente de Andalucía

