

MINUTA

RUIDO AMBIENTAL Y SUS EFECTOS EN LA SALUD

I. INTRODUCCIÓN

El presente documento tiene como objetivo presentar un resumen actualizado de la evidencia disponible en materia de efectos del ruido ambiental sobre la salud de las personas. Para tal efecto, se han considerado principalmente los estudios y antecedentes recopilados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Agencia Ambiental Europea (Environmental European Agency, EEA).

Además, se incluye un resumen de los estudios realizados por el Ministerio del Medio en donde se ha estimado la exposición a ruido y sus efectos en la salud a nivel poblacional.

Este documento es parte de los diversos antecedentes que están siendo considerados en la elaboración de la Norma Primaria de Calidad Ambiental para Ruido, y que deberán considerarse y ponderarse junto a las distintas variables que intervienen en el diseño de políticas públicas, sean estas ambientales, sociales, económicas, u otras, a fin de establecer un estándar de calidad que cumpla con el objetivo de proteger la salud de las personas y, a la vez, esté a la medida y sea acorde con la realidad país.

II. EFECTOS DEL RUIDO AMBIENTAL EN LA SALUD

El ruido es un contaminante¹ que tiene el potencial de generar efectos en la salud de las personas. De acuerdo con la definición de la OMS, la salud es *“un estado de completo bienestar físico, mental y bienestar social y no simplemente la ausencia de dolencias o enfermedades”*.

De este modo, considerar sólo los efectos fisiológicos del ruido no permite presentar un cuadro completo de la afectación de la salud en general, si no que, para fines de diagnosticar y abordar debidamente los impactos del ruido en la salud desde la mirada de la gestión pública, se deben incluir también los efectos no fisiológicos.

A modo de antecedente, en la Comunidad Europea se cuenta con las siguientes estimaciones sobre el efecto del ruido ambiental en la salud de las personas (EEA, 2020):

- Alrededor de 22 millones de adultos que viven en las proximidades de las principales fuentes de ruido, con niveles de exposición a partir de los 55 dBA Lden², se encuentran altamente molestos debido al ruido del tránsito rodado, ferroviario y aéreo, e industrial.
- 6.5 millones de adultos padecen de alta perturbación del sueño debido a la exposición de niveles nocturnos sobre los 50 dBA Ln³.
- La exposición al ruido del tránsito rodado, ferroviario y aéreo, e industrial genera alrededor de 48.000 nuevos casos de enfermedades isquémicas del corazón, cada año.
- Alrededor de 12.500 niños de entre 7 y 17 años presentan limitaciones para leer, producto del ruido de aeronaves.

¹ Contaminante: todo elemento, compuesto, sustancia, derivado químico o biológico, energía, radiación, vibración, ruido, luminosidad artificial o una combinación de ellos, cuya presencia en el ambiente, en ciertos niveles, concentraciones o períodos de tiempo, pueda constituir un riesgo a la salud de las personas, a la calidad de vida de la población, a la preservación de la naturaleza o a la conservación del patrimonio ambiental, Ley 19.300, 1994, versión 2023.

² Lden: Nivel continuo equivalente día-tarde-noche

³ Ln: Nivel continuo equivalente noche

MINUTA

RUIDO AMBIENTAL Y SUS EFECTOS EN LA SALUD

En este contexto, la OMS ha declarado en los últimos años que el ruido es un problema de salud pública creciente en el mundo. El ruido proveniente del tránsito rodado, ferroviario y aéreo ha sido clasificado en Europa occidental como la segunda amenaza ambiental para la salud pública, antecedida solo por el material particulado.

Si bien los niveles de ruido asociados a los medios de transporte no son generalmente altos como para generar daño en el sistema auditivo, a través de estudios científicos se ha comprobado su asociación con efectos como: molestia, perturbación del sueño, efectos cardiovasculares y metabólicos, deterioro cognitivo en niños, entre otros.

La siguiente tabla presenta una descripción de los principales (pero no únicos) efectos no auditivos asociados al ruido ambiental, de acuerdo a lo considerado por la Agencia Ambiental Europea en su último reporte del año 2020 (EEA, 2020).

Tabla 1 Descripción de los principales efectos no auditivos del ruido

<i>Molestia</i>	Es uno de los efectos con mayor prevalencia al ruido y se describe como una reacción de estrés que abarca una amplia gama de sentimientos negativos, que incluyen perturbación, insatisfacción, angustia, disgusto, irritación y molestia. La respuesta individual al ruido depende no solo de los niveles de exposición sino también de factores contextuales, situacionales y personales. La molestia puede iniciar reacciones de estrés fisiológico que, si son de largo plazo, podría desencadenar el desarrollo de enfermedades cardiovasculares.
<i>Perturbación del sueño</i>	El sueño sirve para facilitar funciones vitales en nuestro organismo. El ruido fragmenta el sueño, reduce su continuidad y reduce la cantidad total de tiempo de sueño, lo que puede tener un impacto en el estado de alerta, el rendimiento en el trabajo y la calidad de vida. La restricción del sueño provoca, entre otras cosas, cambios en el metabolismo de la glucosa y regulación del apetito, deterioro de la consolidación de la memoria y disfunción de los vasos sanguíneos. Perturbaciones de sueño en el largo plazo pueden también conducir a problemas cardiovasculares.
<i>Efectos cardiovasculares y metabólicos</i>	El ruido es un factor de riesgo importante para las enfermedades crónicas. La exposición a ruido activa reacciones de estrés en el cuerpo, lo que conduce a aumentos en la presión arterial, cambios en el ritmo cardíaco y liberación de hormonas del estrés. Además, los efectos cardiovasculares y metabólicos relacionados con la exposición al ruido también pueden ser una consecuencia de una reducción de la calidad del sueño, provocada por la exposición al ruido durante la noche, entre otros efectos adicionales o mecanismos interrelacionados. Estos efectos crónicos pueden conducir a una mortalidad prematura.

MINUTA

RUIDO AMBIENTAL Y SUS EFECTOS EN LA SALUD

Deterioro cognitivo en niños

El ruido en las salas de clase afecta a los niños de diversas maneras, incluida la disminución de su motivación, la reducción de la inteligibilidad del habla, la comprensión auditiva y la concentración, produciendo molestia y perturbación e inquietud creciente. Como resultado, los niños expuestos al ruido en las escuelas pueden experimentar deficiencias en su habilidad para leer, memorizar y su rendimiento.

El deterioro cognitivo también podría estar relacionado con la exposición al ruido en el hogar durante las horas de la noche, lo que puede causar mal humor, fatiga y deterioro del desempeño de tareas al día siguiente. El ruido en el hogar también puede estar relacionado con problemas de hiperactividad y falta de atención, lo que puede causar un menor desempeño académico.

Fuente: EEA, 2020

i. Revisión sistemática de la evidencia disponible

En el año 2018, la OMS publicó el documento "Guidelines for Environmental Noise Pollution: Research, and Public Health", el cual corresponde a la publicación más reciente en materia de revisión sistemática de la información sobre los efectos del ruido ambiental en la salud, junto a incluir recomendaciones para la gestión del ruido ambiental para reducir su impacto en la salud pública.

El documento identifica un listado de diversos efectos adversos en la salud para los cuales se cuenta con evidencia científica, y establece 2 clasificaciones respecto de su relevancia para la evaluación del impacto en la salud y el establecimiento de sus recomendaciones:

- efectos que son **“críticos”** para la evaluación de los problemas sanitarios ligados al ruido ambiental,
- efectos que son **“importantes”**, pero no críticos, para el diagnóstico y evaluación de éste.

La siguiente tabla presenta un resumen de los efectos críticos del ruido en la salud y de los resultados medidos por la OMS:

Tabla 2: Efectos críticos y resultados en salud medidos

Efecto crítico en la salud	Mediciones del efecto crítico en salud (prioritarios* en negrita)
Enfermedades Cardiovasculares (Lden)	Prevalencia auto reportada o medida, incidencia, admisión hospitalaria o mortalidad debido a: <ul style="list-style-type: none"> • Enfermedades isquémicas del corazón (incluyendo angina de pecho e infarto al miocardio) • Hipertensión • ACV⁴
Efectos en el sueño (Ln)	<ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje de población con alta perturbación del sueño • Resultados medidos por polisomnografía (probabilidad de despertares adicionales) • Resultados de mediciones cardiacas y en presión arterial durante el sueño • Medición de la motilidad durante el sueño en adultos • Perturbación del sueño en niños

⁴ *Accidente cerebrovascular*

MINUTA

RUIDO AMBIENTAL Y SUS EFECTOS EN LA SALUD

Molestia (Lden)	<ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje de población altamente molesta, evaluada con escala estandarizada • Porcentaje de gente molesta, preferiblemente evaluada con escala estandarizada
Deterioro cognitivo (Lden)	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluación de lectura y comprensión oral a través de test • Deterioro evaluado con test estandarizado • Déficit de memoria de corto y largo plazo • Déficit atencional • Déficit de la función ejecutiva (capacidad de memoria de trabajo)
Deterioro auditivo y tinnitus (L _{Aeq} y L _{AF,max}) ⁵	<ul style="list-style-type: none"> • Deterioro auditivo permanente, medido por audiometría • Tinnitus permanente
* Considerados prioritarios a lo largo de la revisión y estudio la relación entre el efecto crítico y la exposición a ruido.	

Fuente: OMS, 2018

La siguiente tabla presenta un resumen de los efectos clasificados como **importantes**, así como los resultados de salud que han sido observados para su identificación, estudio y evaluación:

Tabla 3: Efectos importantes y resultados en la salud revisados

Efecto importante en la salud	Resultados en salud revisado
Resultados adversos al nacimiento (Lden)	<ul style="list-style-type: none"> • Parto prematuro • Bajo peso al nacer • Anomalías congénitas
Calidad de vida, bienestar y salud mental (Lden)	<ul style="list-style-type: none"> • Estado de salud y calidad de vida auto informado • Ingesta de medicamentos para la depresión y la ansiedad • Depresión, ansiedad y angustia psicológica auto informadas • Trastornos depresivos y de ansiedad evaluados por entrevista • Trastornos emocionales y de conducta en los niños • Hiperactividad de los niños • Otros resultados de salud mental
Efectos metabólicos (Lden)	Prevalencia, incidencia, admisión hospitalaria o mortalidad debido a: <ul style="list-style-type: none"> • Diabetes tipo 2 • Obesidad

Fuente: OMS 2018

ii. Calidad de la evidencia disponible y relación dosis-respuesta de los efectos del ruido en la salud

Junto con lo anterior, la OMS también realizó una revisión sistemática de la evidencia disponible respecto de los efectos críticos e importantes, la cual consideró múltiples estudios de observación de los resultados en salud antes mencionados.

La evidencia revisada fue sometida a un proceso de análisis y evaluación bajo distintos criterios, entre ellos, respecto de su relevancia y calidad. En este contexto, la calidad de la evidencia se clasificó de acuerdo con lo que indica la siguiente tabla, utilizando la metodología GRADE⁶, de uso transversal en estudios de salud para evaluar la calidad de la evidencia y graduar la fuerza de las recomendaciones. Cabe señalar que las recomendaciones de la OMS se encuentran basadas no solo en los hallazgos identificados, sino que también de acuerdo con la calidad de la evidencia.

⁵ L_{Aeq}: Nivel continuo equivalente ponderado en A.

L_{AF, max}: Nivel máximo ponderado en A, en respuesta temporal "fast".

⁶ Grading of Recommendations Assessment, Development, and Evaluation

MINUTA

RUIDO AMBIENTAL Y SUS EFECTOS EN LA SALUD

Tabla 4: Interpretación de la calidad de la evidencia.

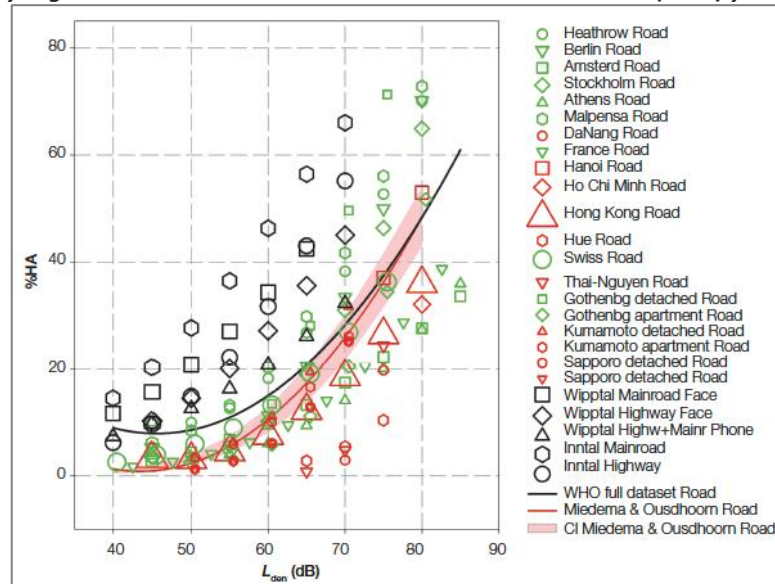
Calidad alta	Es muy poco probable que más investigaciones cambien la certeza de la estimación del efecto
Calidad moderada	Es probable que más investigaciones tengan un impacto importante en la certeza de la estimación del efecto, y podría cambiar la estimación.
Calidad baja	Es probable que más investigaciones tengan un impacto importante en la certeza de la estimación del efecto, y es muy que cambie la estimación.
Calidad muy baja	Cualquier estimación del efecto es incierta.

Fuente: OMS, 2018

A partir de dicha revisión, en aquellos casos en que se contó con evidencia suficiente y con la calidad requerida, se establecieron distintas relaciones dosis-respuesta que permiten asociar niveles de exposición a ruido generados por fuentes específicas, con efectos en salud en particular.

A modo de ejemplo de lo anterior, la siguiente figura presenta un gráfico de dispersión del porcentaje de gente altamente molesta según el nivel de exposición a ruido de **tránsito vehicular** observado en distintos estudios, y la regresión lineal que determina la relación dosis-respuesta propuesta por la OMS.

Gráfico 1: Dispersión y regresión lineal de la relación ruido de tránsito vehicular (L_{den}) y molestia (%HA)



Fuente: OMS 2018

A continuación, se presenta un resumen de los principales hallazgos acerca de las relaciones dosis-respuesta en relación con los efectos del ruido en la salud, para distintas fuentes de ruido:

a. Ruido de tránsito vehicular

Enfermedades cardiovasculares

- Se cuenta con evidencia respecto a su incidencia en enfermedades isquémicas del corazón. Dicho efecto se ha identificado a partir de los 53 dBA de exposición según el descriptor L_{den} .

MINUTA

RUIDO AMBIENTAL Y SUS EFECTOS EN LA SALUD

Además, se evidenció un aumento importante del riesgo relativo de enfermedades isquémicas del corazón a 59 dBA, con una calidad de evidencia alta.

- Se ha demostrado su incidencia en ACV y mortalidad por ACV, con una calidad de evidencia calificada como moderada.
- Se ha establecido una relación con su incidencia y prevalencia para hipertensión, a partir de evidencia calificada como muy baja debido al riesgo de sesgo y disponibilidad de los estudios.

Molestia

- Se ha comprobado una asociación entre el ruido de tránsito vehicular y la molestia. Este efecto se ha identificado a partir de un nivel de exposición de 40 dBA Lden. Para niveles de exposición sobre los 50 dBA Lden, los distintos estudios disponibles presentan una calidad de evidencia moderada a alta, presentando mayor consistencia en sus resultados. La relación dosis-respuesta establecida por la OMS señala como referencia que, a una exposición de 53 dB Lden, existe aproximadamente un 10% de gente altamente molesta.
- La siguiente tabla describe la relación entre la exposición a ruido de tránsito vehicular y el porcentaje de gente altamente molesta (%HA).

Tabla 5: Asociación entre el nivel de exposición al ruido de tránsito rodado (Lden) y molestia (%HA)

L_{den} (dB)	%HA
40	9.0
45	8.0
50	8.6
55	11.0
60	15.1
65	20.9
70	28.4
75	37.6
80	48.5

Fuente: OMS 2018

Deterioro cognitivo

- Si bien existen estudios que relacionan el ruido de tránsito vehicular con dificultad para la lectura y comprensión oral, la evidencia disponible es acotada y calificada como de muy baja calidad debido a su inconsistencia.

Deterioro auditivo y tinnitus

- No se ha encontrado estudios ni se cuenta con evidencia disponible sobre deterioro auditivo o tinnitus para tránsito vehicular.

Perturbación del sueño

- Se ha establecido una asociación entre el ruido de tránsito vehicular y una alta perturbación del sueño. Este efecto se ha observado mediante estudios a partir de niveles de exposición sonora de 43 dBA, según el descriptor nivel-noche Ln. La calidad de la evidencia revisada fue moderada y a partir de ella se estableció la siguiente relación entre el nivel de exposición de

MINUTA

RUIDO AMBIENTAL Y SUS EFECTOS EN LA SALUD

ruido y el porcentaje de gente con alta perturbación del sueño (%HSD), con un intervalo de confianza (CI) del 95%.

Tabla 6: Asociación entre el nivel de exposición al ruido de tránsito rodado (L_n) y alta perturbación del sueño (%HSD)

L_{night} (dB)	%HSD	95% CI
40	2.0	0.9–3.15
45	2.9	1.40–4.44
50	4.2	2.14–6.27
55	6.0	3.19–8.84
60	8.5	4.64–12.43
65	12.0	6.59–17.36

Fuente: OMS 2018

b. Ruido de tránsito ferroviario

Enfermedades Cardiovasculares

- No se cuenta con evidencia disponible respecto a su incidencia y mortalidad por enfermedades isquémicas del corazón y ACV.
- Por otra parte, si se cuenta con algunos estudios que han establecido una asociación entre el ruido ferroviario y la hipertensión, con una calidad de evidencia calificada como muy baja.

Molestia

- La evidencia disponible ha permitido establecer una asociación entre la molestia y el ruido ferroviario. El nivel más bajo para el cual se ha identificado este efecto es a partir de los 34 dBA L_{den} de exposición. Así, la relación establecida indica que para un nivel de exposición de 53.7 dBA L_{den} , se estima un porcentaje de gente altamente molesta (%HA) de 10%. La calidad de la evidencia fue calificada como moderada.

Tabla 7: Asociación entre el nivel de exposición al ruido de tránsito ferroviario (L_{den}) y molestia (%HA)

L_{den} (dB)	%HA
40	1.5
45	3.4
50	6.6
55	11.3
60	17.4
65	25.0
70	33.9
75	44.3
80	56.1

Fuente: OMS 2018

MINUTA

RUIDO AMBIENTAL Y SUS EFECTOS EN LA SALUD

Deterioro cognitivo

- No se ha comprobado una relación clara entre el ruido ferroviario y el deterioro cognitivo, pues se cuenta con una evidencia acotada y de baja calidad.

Deterioro auditivo y tinnitus

- No se ha encontrado estudios ni se cuenta con evidencia disponible sobre deterioro auditivo y tinnitus para tránsito ferroviario.

Perturbación del sueño

- Se cuenta con evidencia respecto a la relación entre el ruido ferroviario y alta perturbación del sueño. Dicho efecto se ha identificado a partir de niveles de 33 dBA en estudios específicos, y existe una serie de estudios que son consistentes en señalar que alrededor del 2% de la población percibe alta perturbación del sueño para niveles de exposición de 40 dBA para el nivel noche Ln. La calidad de la evidencia fue evaluada como moderada.

Tabla 8: Asociación entre el nivel de exposición al ruido de tránsito ferroviario (Ln) y alta perturbación del sueño (%HSD)

L_{night} (dB)	%HSD	95% CI
40	2.1	0.79–3.48
45	3.7	1.63–5.71
50	6.3	3.12–9.37
55	10.4	5.61–15.26
60	17.0	9.48–24.37
65	26.3	15.20–37.33

Fuente: OMS 2018

c. Ruido de tránsito aéreo

Enfermedades cardiovasculares

- Existen estudios que relacionan el ruido del tránsito aéreo y la incidencia y mortalidad en enfermedades isquémicas del corazón. El menor nivel para el cual se ha identificado el efecto es de 47 dB Lden, y el riesgo relativo aumenta de forma importante a una exposición de 52 dBA. La calidad de evidencia ha sido clasificada como muy baja, debido a su riesgo de sesgo.
- Por otro lado, se ha evidenciado una relación entre el ruido de aeronaves y la incidencia y prevalencia en enfermedades isquémicas del corazón, solo a partir de estudios ecológicos y transversales que presentaron una calidad de evidencia baja.

Molestia

- Existe una amplia cantidad de estudios que han evidenciado la relación entre el ruido de tránsito aéreo y la molestia. Este efecto se ha identificado a partir de los 33 dB. La relación dosis-respuesta establecida por la OMS se ha construido para niveles de exposición desde los 40 dBA Lden, y a un nivel de exposición de 45 dBA Lden se estima aproximadamente un 10% de la población altamente molesta (%HA). La calidad de esta evidencia fue moderada.

MINUTA

RUIDO AMBIENTAL Y SUS EFECTOS EN LA SALUD

Tabla 9: Asociación entre el nivel de exposición al ruido de aeronaves (L_{den}) y molestia (%HA)

L_{den} (dB)	%HA
40	1.2
45	9.4
50	17.9
55	26.7
60	36.0
65	45.5
70	55.5

Fuente: OMS 2018

Deterioro cognitivo

- Existe evidencia consistente sobre la relación entre el ruido de tránsito aéreo y un desempeño deficiente en test estandarizado de lectura y comprensión oral. Para una exposición de 55 dBA se ha evidenciado un aumento importante en el riesgo de padecer dicho efecto, a partir de una evidencia de calidad moderada. También, se ha establecido relación con efectos en la memoria de largo plazo, mientras que la memoria de corto plazo no ha sido observada.

Deterioro auditivo y tinnitus

- No se ha encontrado estudios ni se cuenta con evidencia disponible sobre deterioro auditivo y tinnitus para tránsito aéreo.

Perturbación del sueño

- Sobre los efectos en el sueño, se cuenta con evidencia respecto a la relación entre el ruido de aeronaves y alta perturbación del sueño. Dicho efecto se ha identificado a partir de niveles de 35 dBA en estudios específicos, y la relación dosis-respuesta que establece la OMS indica que, a un nivel de exposición de 40 dBA de nivel-noche L_n , se estima aproximadamente un 11% de población altamente molesta (%HA). La evidencia fue de calidad moderada.

Tabla 10: Asociación entre el nivel de exposición al ruido de aeronaves (L_n) y alta perturbación del sueño (%HSD)

L_{night}	%HSD	95% CI
40	11.3	4.72–17.81
45	15.0	6.95–23.08
50	19.7	9.87–29.60
55	25.5	13.57–37.41
60	32.3	18.15–46.36
65	40.0	23.65–56.05

Fuente: OMS 2018

MINUTA

RUIDO AMBIENTAL Y SUS EFECTOS EN LA SALUD

d. Ruido de parques eólicos

Molestia

- La evidencia disponible ha permitido a la OMS asociar la exposición a ruido de parques eólicos con la molestia, principalmente con el porcentaje de gente altamente molesta (%HA). Dicho efecto se ha identificado a partir de 30 dBA del Ln en casos específicos, y se estima que a un nivel de exposición de 45 dBA de Ln el %HA es aproximadamente del 10%. La calidad de la evidencia fue baja.

Perturbación del sueño

- Además, existe evidencia respecto a su asociación efectos en el sueño. Los estudios disponibles han identificado la aparición de dicho efecto a partir de los 31 dBA Ln de exposición. La calidad de dicha evidencia ha sido calificada como baja.

Deterioro cognitivo, deterioro auditivo y tinnitus

- No se encontraron estudios y, por lo tanto, no hubo pruebas disponibles sobre la relación entre el ruido de los aerogeneradores y el deterioro cognitivo, deterioro auditivo o tinnitus.

e. Ruido de actividades de ocio

Deterioro auditivo y tinnitus

- Las actividades de ocio, como, por ejemplo: asistir a pubs, clases de deportes, eventos deportivos, conciertos o presentaciones musicales en vivo, la escucha de música, entre otros, conllevan generalmente altos niveles de ruido los cuales podrían generar efectos fisiológicos como el deterioro auditivo y tinnitus.
- La evidencia disponible asocia el riesgo de experimentar deterioro auditivo con el uso de dispositivos personales de reproducción de audio. A partir de la evidencia disponible, se ha concluido que la exposición prolongada puede generar corrimientos temporales y permanentes del umbral auditivo, y tinnitus.
- Sin embargo, no se ha establecido una evidencia directa del efecto de una exposición diaria repetida y regular en la pérdida auditiva.
- No se cuenta con evidencia (porque no se encontraron estudios) respecto a los efectos auditivos asociados a otros tipos de actividades de ocio.
- Sin perjuicio de ello, la OMS optó por recomendar mantener la exposición a ruido de actividades de ocio bajo los 70 dBA de nivel equivalente (LAeq-24h).

MINUTA

RUIDO AMBIENTAL Y SUS EFECTOS EN LA SALUD

iii. Efectos en salud a considerar para la evaluación de los impactos del ruido ambiental

A partir la evidencia científica revisada y resumida en el citado documento (2018), la OMS señala que, para evaluar el ruido ambiental respecto de sus riesgos y efectos acumulativos en la salud, pueden considerarse los siguientes resultados en salud:

Tabla 11 Recomendación de resultados en salud a considerar para la evaluación de los impactos del ruido ambiental generador por el tránsito rodado, ferroviario y aéreo.

Fuente	Resultados que pueden ser cuantificados en evaluación de impactos en salud	Resultados que pueden ser potencialmente cuantificados en la evaluación de impactos en salud
Tránsito rodado	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Incidencia en enfermedades isquémicas del corazón ▪ Molestia ▪ Perturbación del sueño 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Incidencia en ACV ▪ Incidencia en diabetes
Tránsito ferroviario	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Molestia ▪ Perturbación del sueño 	
Tránsito aéreo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Molestia ▪ Perturbación del sueño ▪ Lectura y comprensión oral en niños 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Incidencia en enfermedades isquémicas del corazón ▪ Cambio en la circunferencia de la cintura

Fuente: OMS 2018

iv. Uso de DALYs como indicador de los efectos del ruido ambiental en la salud

- Uno de los parámetros para cuantificar la carga derivada de las enfermedades que son consecuencia de factores ambientales es el DALY: Disability-adjusted life year (años de vida ajustados por discapacidad). Dicho indicador corresponde a la suma de los potenciales años de vida perdidos debido a muertes prematuras, y los años de vida saludable equivalentes perdidos a causa de vivir con alguna discapacidad.
- Así, su uso permite a los encargados de las políticas públicas comparar la carga de la enfermedad asociada con diferentes factores de riesgo ambiental en una única unidad de medida, y predecir los posibles impactos de las políticas y acciones preventivas.
- A modo de ejemplo la siguiente tabla muestra las estimaciones actualizadas de la Comunidad Europea respecto a la carga de la enfermedad asociada a la exposición a ruido, utilizando para tal efecto el indicador DALY:

Tabla 12: Estimación de la carga de la enfermedad debido al ruido ambiental para fuentes identificadas en la Directiva Europea de ruido ambiental (Turquía no incluido).

Efecto en salud	Impacto en la Salud Pública (DALYs/año) (DALYs/año) por millón de personas
Molestia	453.000 900 por millón de personas
Alta perturbación del sueño	437.000 800 por millón de personas
Enfermedades isquémicas del corazón	156.000 300 por millón de personas
Deterioro cognitivo en niños	75 -

Fuente: EEA, 2020

MINUTA

RUIDO AMBIENTAL Y SUS EFECTOS EN LA SALUD

- A partir de lo anterior, se estima que en Europa se pierde cada año 1 millón de años de vida saludables como consecuencia de la exposición al ruido ambiental.
- En términos de fuentes de ruido individuales, el tránsito rodado presenta la mayor contribución (75%), seguida del tránsito ferroviario (20%), aéreo (4%) y finalmente el ruido industrial (0.5%).

v. Inequidad social y vulnerabilidad al ruido ambiental (EEA)

- La exposición al ruido ambiental no afecta a todas las personas en la misma medida. Características personales como la edad, género, estilo de vida o condiciones pre-existentes de salud determina cuan susceptible son las personas a los efectos de la contaminación acústica.
- Además, la capacidad de las personas para evitar o hacer frente al ruido ambiental está influenciada por su estatus socioeconómico. Lo más probable es que una combinación de mayor exposición, mayor vulnerabilidad y menos recursos pueden resultar en que los impactos del ruido sean más pronunciados en las personas socialmente desventajadas.
- Si bien la mayoría de las investigaciones se han centrado en los impactos del ruido en niños, como grupo de mayor vulnerabilidad, existen otros grupos que también podrían verse desproporcionadamente afectados.
- La siguiente tabla presenta un resumen de los grupos vulnerables identificados por la Agencia Ambiental Europea.

Tabla 13: Impactos del ruido ambiental en grupos vulnerables

Grupo	Vulnerabilidad
Niños	La exposición al ruido de aeronaves en las escuelas afecta cognitivamente a los niños. Comparado con adultos, los niños se encuentran en una importante fase de aprendizaje y desarrollo y pueden verse desproporcionadamente afectados por el ruido. Los niños también pueden carecer de herramientas y tienen menos control sobre el ruido ambiental respecto a los adultos. Como los niños también pasan más tiempo en la cama, podrían estar mayormente expuestos a los niveles de ruido nocturno.
Ancianos	Dado que la estructura del sueño se vuelve más fragmentada con la edad; las personas mayores son más vulnerable a los trastornos del sueño. Las personas mayores también pueden ser más propensas a sufrir efectos cardiovasculares producto del ruido que los adultos más jóvenes. El riesgo de padecer de condiciones de salud relacionadas con el corazón y el sistema circulatorio aumenta con la edad. Además, los ancianos suelen pasar más tiempo en casa o han vivido en una propiedad expuesta al ruido durante muchos años.
Trabajadores por turno	Los trabajadores por turnos pueden tener un mayor riesgo de experimentar impactos asociados al ruido ambiental, dado que su estructura de sueño se encuentra bajo estrés. Los trabajadores por turno también pueden necesitar dormir durante el día, cuando los niveles de ruido ambiental son más elevados
Personas con preexistencias de salud	Las personas con enfermedades crónicas podrían tener un mayor riesgo cardiovascular debido al ruido que aquellas que no presenta enfermedades preexistentes.
Personas sensibles al ruido	Las personas consideradas sensibles al ruido (por ejemplo, personas que ponen más atención al ruido, hacen mayores diferencias entre ruidos, encuentran ruidos más peligrosos y fuera de su control, y reaccionan a ello y se adaptan a los ruidos lentamente), son generalmente más susceptibles de experimentar trastornos del sueño como también efectos psicológicos producto de la exposición a ruido.

MINUTA

RUIDO AMBIENTAL Y SUS EFECTOS EN LA SALUD

Embarazadas	La estructura del sueño de las mujeres embarazadas se vuelve más fragmentada. El ruido ambiental podría aumentar el riesgo de parto prematuro y bajo peso al nacer.
Personas socioeconómicamente desventajadas	Los grupos socioeconómicos más bajos pueden estar expuestos a mayores niveles de ruido. Aquellos que viven en lugares más desfavorecidos tienen menos acceso a zonas silenciosas. Las personas desfavorecidas pueden experimentar los peores efectos de la contaminación acústica, como resultado de viviendas precarias, condiciones preexistentes de salud o menos oportunidades para hacer frente al ruido.

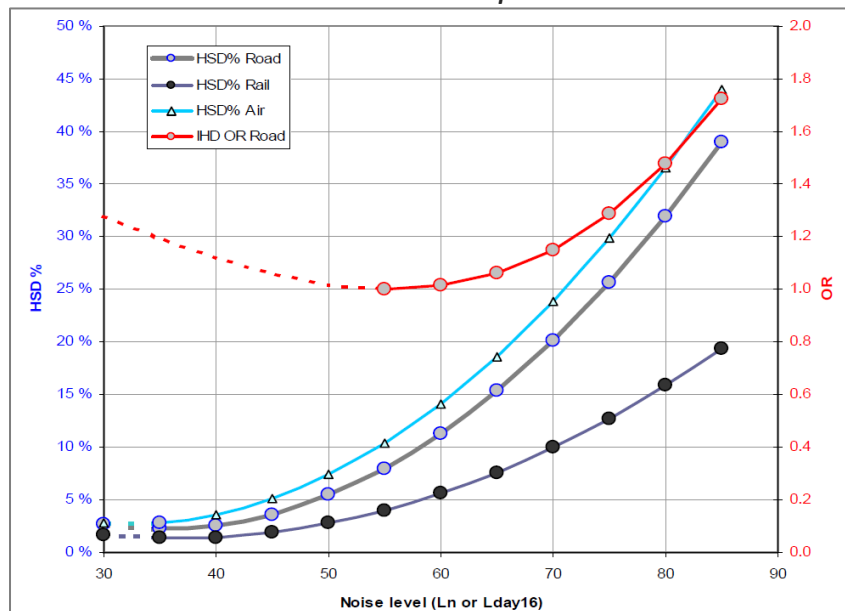
Fuente: EEA 2020

III. ANTECEDENTES SOBRE EL IMPACTO DEL RUIDO AMBIENTAL EN LA SALUD EN CHILE

Mapa de ruido del Gran Santiago (2016)

En el año 2018, el MMA realizó un análisis de la influencia del ruido de tránsito en enfermedades isquémicas del corazón (IHD⁷) y la perturbación del sueño (HSD⁸), utilizando la información de niveles de ruido y población expuesta obtenidos en el estudio de actualización del Mapa de Ruido del Gran Santiago (2016). Dicha estimación está basada en las relaciones dosis-efecto obtenidas como resultado de los meta análisis realizados por Babisch (2006) para el caso de IHD, y por Miedema & Vos (2007) para perturbación del sueño.

Gráfico 2. Relación dosis-efecto para HSD (eje azul) e IHD (eje rojo) asociados ruido generado por el transporte



⁷ Ischemic heart disease

⁸ Highly sleep disturbance

MINUTA

RUIDO AMBIENTAL Y SUS EFECTOS EN LA SALUD

El eje azul del gráfico anterior muestra la relación entre el nivel de ruido nocturno (Ln) y el porcentaje de personas que experimentan alta perturbación del sueño (HSD), para tránsito vehicular, ferroviario y aéreo. Por otra parte, el eje rojo señala la relación entre el nivel de ruido diurno (Ld) y el *Odds Ratio*⁹ (OR) asociados a enfermedades isquémicas del corazón (IHD).

Así, se obtuvo la siguiente estimación de efectos del ruido ambiental en la salud:

a. Enfermedades isquémicas del Corazón (IHD)

La siguiente tabla señala la población expuesta para para cada rango de valores Ld. En función de ello, se determinó el índice PAF (Portion Attributable Fraction) asociado a IHD, el cual corresponde al porcentaje de enfermedades isquémicas cuyo origen es atribuible a la exposición a ruido.

Tabla 14. Población expuesta a niveles de ruido, OR y PAF asociado a IHD.

Rango de niveles Ld dB(A)	Población expuesta	% de Población expuesta	Riesgo relativo OR
<60	4.098.945	63%	1,00
60-65	1.240.624	19%	1,03
65-70	652.644	10%	1,10
70-75	347.807	5%	1,21
75-80	196.874	3%	1,37
PAF	0.3702 (3.7%)		

Como lo indica la tabla anterior, el 3.7% de las enfermedades isquémica del corazón tienen su origen en la exposición a niveles de ruido de tránsito vehicular.

Este valor coincide con la estimación realizada en 2016 a partir de los datos del Mapa de Ruido de Santiago 2011, donde se señala un porcentaje de población atribuible del 4%. En esta oportunidad, la información que entrega el estudio es de mejor calidad en cuanto a estimación de población expuesta.

A partir de este valor es posible calcular otros índices utilizando datos estadísticos de IHD, como, por ejemplo: el número de casos IHD atribuibles al ruido de tránsito y los años de vida saludable perdidos (DALY).

⁹ El *Odds Ratio* (OR) es una medida de riesgo relativo de que ocurra un evento, utilizada frecuentemente en investigaciones de salud. Si $OR=0$, no hay asociación entre la presencia del factor (ruido) y el evento (IHD). Si $OR>1$ la asociación es positiva, es decir, la presencia del factor se asocia a mayor ocurrencia del evento. Si la asociación es negativa, implica lo contrario.

MINUTA RUIDO AMBIENTAL Y SUS EFECTOS EN LA SALUD

b. Personas con alta perturbación de sueño (%HSD)

El porcentaje de personas que presenta alta perturbación del sueño se determina considerando el nivel de ruido generado por el tránsito vehicular y ferroviario, en función del descriptor nivel noche Ln.

Tabla 15. Porcentaje de personas con alta perturbación de sueño debido al ruido de tránsito vehicular.

Rango de niveles Ln dB(A)	Población expuesta	% HSD	Número de casos HSD
45-50	1.792.886	4,5%	79.835
50-55	1.792.886	6,6%	118.920
55-60	1.088.771	9,6%	104.042
60-65	393.477	13,2%	52.025
>65	219.159	17,6%	38.640
Total		6,02% ¹⁰	393.461

Tabla 16. Porcentaje de personas con alta perturbación de sueño debido al ruido de tránsito ferroviario.

Rango de niveles Ln dB(A)	Población expuesta	% HSD	Número de casos HSD
45-50	34.255	2,3%	785
50-55	34.255	3,3%	1.142
55-60	18.217	4,8%	866
60-65	8.572	6,6%	562
>65	6.401	8,7%	559
Total		0,1%	3.913

En las tablas anteriores se aprecia que la perturbación del sueño está principalmente vinculada a las emisiones del tránsito rodado.

Considerando tránsito rodado y ferroviario, el porcentaje de personas con alta perturbación del sueño en el Gran Santiago es el 6%, lo que equivale aproximadamente a 400.000 personas.

¹⁰ Del total de la población del Gran Santiago, 6.536.894 personas.

MINUTA

RUIDO AMBIENTAL Y SUS EFECTOS EN LA SALUD

Mapa de ruido Ruta 5 - Tramo Concesionado (2019)

Los resultados de la estimación corresponden a los niveles de ruido promedio durante el día (23-07), la noche (07-23) y para un periodo de 24 horas; para un escenario base (2017-2018), que representa la situación actual, y una proyección a 5 años (2022).

A continuación, se resumen sus principales resultados:

Población afectada

- Alrededor de 80.000 personas están expuestas a niveles de ruido superiores a los recomendados por la OCDE en el periodo diurno, mientras que en periodo nocturno la cifra asciende a 155.000 personas. Al 2022, se estima que esta cifra podría aumentar en un 15%.
- En la Región Metropolitana se encuentra la mayor cantidad de población expuesta a niveles sobre el estándar de la OCDE, seguida por las regiones del Maule y O'Higgins. Estas regiones abarcan el 20% del largo total del tramo concesionado de la Ruta 5, pero concentran más del 85% de la población expuesta a niveles sobre lo recomendado.
- La siguiente tabla presenta el estimación de población expuesta según región:

Tabla 17: Personas expuestas a niveles sobre recomendación OCDE (2017 – 2018)

Región	Longitud Ruta 5 (km)	Personas expuestas a niveles sobre recomendación OCDE	
		Día 65 dBA	Noche 55 dBA
III	475	15	198
IV	366	108	1.379
V	124	3.062	5.381
RM	122	62.752	104.606
VI	113	4.930	13.981
VII	184	5.431	15.757
VIII	211	1.075	3.766
IX	212	2.268	6.648
XIV	126	130	918
X	184	383	2.011
Total:	2117	80.154	154.645

Evaluación socioeconómica del impacto del ruido generado por la Ruta 5

- Se realizó una evaluación costo/beneficio de distintas medidas de mitigación para la reducción de los niveles de exposición a ruido en el entorno de la Ruta 5.
- Para ello, se utilizó el indicador QALY (Quality Adjusted Life Years), recomendado por la OMS, el cual mide en términos económicos la carga de una enfermedad (burden disease) en una población dada, imputable a un cierto agente o contaminante. El concepto de QALY se basa en la evidencia que el ruido puede causar cierto efecto negativo sobre la morbilidad, mortalidad y esperanza de vida, que a su vez reflejan la variación de cantidad y calidad de vida causada sobre las personas.
- Así, el QALY se utiliza como unidad estándar para cuantificar el costo beneficio de diferentes intervenciones o soluciones enfocadas en proveer beneficios en

MINUTA

RUIDO AMBIENTAL Y SUS EFECTOS EN LA SALUD

salud. En este estudio en referencia, se estimó que 1 QALY \approx 600 UF, lo que representa el valor monetario de un año de vida en salud plena o sin enfermedad en Chile.

- De este modo, considerando, por un lado, el beneficio económico que generan diversas medidas de mitigación sobre la salud de la población, cuantificado a partir del valor QALY y los años de vida saludables que dichas medidas mitigatorias permiten ganar, y por otro, el costo de implementación de las distintas medidas, se pudo determinar la relación costo beneficio de las siguientes medidas: Barreras Acústicas, pavimentos reductores, reducción de velocidad máxima y aislamiento de fachada de edificaciones.
- De esta forma, se determinó que la medida que presenta el mayor beneficio agregado y per cápita anual para el caso de la Ruta 5 es la implementación de un plan de aislamiento de fachadas, junto al reemplazo del pavimento existente por un pavimento reductor de ruido.
- Los mayores beneficios con un plan de aislamiento de fachada se obtuvieron en la zona de interés Región Metropolitana Sur (Buin-San Bernardo), llegando a un beneficio agregado anual (beneficio-costo) de 133.475 UF/año. Así mismo, en dicha zona, se obtiene el mayor beneficio agregado anual para la medidas de pavimento reductor de ruido, , con un beneficio agregado de 36.285 UF/año. En ambos casos, su eficiencia está relacionada a la alta densidad de población en torno a la ruta (muchos beneficiarios).
- La medida evaluada con el menor beneficio agregado y per cápita es la reducción de velocidad seguida de las barreras acústicas. Respecto a estas últimas, el estudio concluye que deben emplearse éstas últimas son muy eficientes en áreas inmediatas a la vía (habitantes más expuestos), siendo idóneas de implementar en áreas puntuales donde se presenta una estrecha distancia receptor-vía.

IV. BIBLIOGRAFÍA

1. Night Noise Guidelines for Europe. WHO, 2009.
2. Burden of disease from environmental noise, Quantification of healthy life years lost in Europe. WHO & European Commission, 2011.
3. Methodological guidance for estimating burden of disease from environmental noise, WHO & European Commission, 2012.
4. Noise in Europe, European Environment Agency, 2014.
5. Influence of road traffic noise in ischaemic heart disease. Introduction to the issue in Santiago of Chile. Ismael Gómez, Max Glisser y Camilo Padilla, 2015.
6. Actualización del Mapa de Ruido del Gran Santiago. Subsecretaría del Medio Ambiente, 2016.
7. Environmental Noise guidelines for the European Region, OMS, 2018.
8. Mapa de ruido de Ruta 5 Norte/Sur, tramo concesionado. Subsecretaría del Medio Ambiente, 2019.
9. Environmental Noise in Europe, European Environment Agency, EEA, 2020.