



Recopilación de antecedentes y métodos de cuantificación de beneficios
respecto al control del ruido ambiental de fuentes fijas

Licitación ID 608897-86-LE20

Solicitado por Subsecretaría del Medio Ambiente

Elaborado por:
Alexis Campos Enríquez
Pablo González Padilla
Ceacústica Limitada

Revisión B
3 de diciembre de 2020



Información de reporte

Recopilación de antecedentes y métodos de cuantificación de beneficios respecto al control del ruido ambiental de fuentes fijas

Licitación ID 608897-86-LE20

Subsecretaría del Medio Ambiente

Revisión	Descripción	Autores	Fecha
A	Documento inicial	Alexis Campos y Pablo González	2020-11-19
B	Se agrega información de encuestas	Alexis Campos y Pablo González	2020-12-02

Índice general

Índice general	3
1 Introducción	6
2 Objetivos	7
2.1. Objetivo general	7
2.2. Objetivos específicos	7
3 Metodología de revisión bibliográfica	8
3.1. Metodología	8
3.2. Análisis	9
3.2.1. Tipos de fuentes de ruido encontradas	9
3.2.2. Origen de los estudios	10
3.2.3. Tipos de beneficios identificados	10
4 Beneficios identificados	12
4.1. Económicos	12
4.1.1. Método disposición a pagar - Chile	12
4.1.2. Método Hedónico - Ecuador	13
4.1.3. Método hedónico - Unión Europea - caso parque eólico	13
4.1.4. Unión Europea - Estudios en fuentes industriales	14
4.1.5. Síntesis de trabajos encontrados	16
4.2. Salud	16
4.2.1. Parques eólicos	17
4.2.2. Industria	18
4.2.3. Construcción	18
4.2.4. Esparcimiento	19
4.3. Sociales	20
5 Métodos de cuantificación de beneficios	22
5.1. Económicos	22
5.1.1. Análisis costo/beneficio	22
5.1.2. Método hedónico	23
5.1.3. Método disposición a pagar	24
5.1.4. Impacto económico del ruido en la Unión Europea	27
5.2. Salud y social	28
6 Propuesta de métodos de cuantificación de beneficios	30

7 Conclusiones	33
A Tipos de encuestas comúnmente utilizadas	I
Referencias	III

Resumen

Mediante una investigación realizada en bases de datos de información bibliográfica internacional, se identificaron antecedentes actualizados sobre beneficios sociales, de salud y económicos derivados del control del ruido ambiental de fuentes de ruido, clasificando los tipos de fuentes de ruido en: Ruido industrial, ruido de construcción, ruido por operación de parques eólicos y ruido por actividades de esparcimiento.

De los beneficios inversos sociales-salud identificados, se logra establecer que el aumento en los niveles de ruido en diversas fuentes de ruido causan una molestia ocasionada por la prolongada exposición al contaminante, adicionalmente se ha establecido que en general los grupos socio-económicos más vulnerables tienden a estar expuestos a niveles de ruido más altos, junto a un aumento en síntomas depresivos en personas expuestas a niveles de ruido sobre 55 dB(A), evidenciándose mayormente en personas con menos de 13 años de educación.

En los beneficios económicos identificados, se establece que un aumento en la contaminación por ruido, conlleva a una depreciación porcentual o “Monto/vivienda/dB/año” de las viviendas sometidas al contaminante, siendo el control de ruido, un claro beneficio económico.

Adicionalmente, se presentan los métodos de cuantificación de beneficios socio-económicos ocupados internacionalmente, donde el método disposición a pagar, se basa principalmente en la cuantificación mediante encuestas del beneficio y costos socio-económicos del control de ruido, en áreas acotadas de acción. Y el método hedónico, basado en la determinación de los beneficios y costos socio-económicos en base a datos adquiridos en bases de datos y con un alcance a nivel país. Indicando que aunque cada uno de los métodos tiene una visión distinta de determinación, una combinación entre ambos sería interesante a implementar dado lo diverso que es Chile socio-económicamente hablando.

1 Introducción

De acuerdo a lo presentado en la licitación “Recopilación de antecedentes y métodos de cuantificación de beneficios respecto al control del ruido ambiental de fuentes fijas”, se presenta un estudio que recopila y analiza antecedentes, con el fin de generar documentación técnica para el proceso de revisión del Decreto Supremo N° 38 de 2011 del Ministerio del Medio Ambiente “Norma de Emisión de Ruido Generados por Fuentes que Indica” iniciado con la publicación en el Diario Oficial de la Resolución Exenta N° 1195 del 2 de octubre de 2019.

Producto del desarrollo del estudio, se presenta una base de información que describe cada uno de los aspectos estudiados, incluyendo caracterizaciones de beneficios y métodos de cuantificación, comparaciones entre métodos, propuesta de metodología posiblemente a implementar en Chile.

2 Objetivos

Los objetivos fueron establecidos en las bases de la licitación “Recopilación de antecedentes y métodos de cuantificación de beneficios respecto al control del ruido ambiental de fuentes fijas” y se presentan a continuación.

2.1. Objetivo general

- Generar antecedentes técnicos que permitan sustentar las modificaciones que resulten del proceso de revisión del D.S. N° 38/11 MMA para la elaboración del Anteproyecto.

2.2. Objetivos específicos

- a. Conocer antecedentes actualizados sobre beneficios sociales y económicos derivados del control del ruido ambiental de fuentes fijas.
- b. Conocer métodos que permitan cuantificar los beneficios derivados del control del ruido generado por fuentes fijas.

3 Metodología de revisión bibliográfica

3.1. Metodología

Se realizaron consultas a la información contenida en bases de datos como PubMed, Google Scholar, ScienceDirect, ResearchGate, MDPI, entre otras, con el objetivo de encontrar documentación relacionada con la determinación de beneficios sociales y económicos generados por el control de ruido ambiental, particularmente del ruido generado por fuentes fijas, concepto contenido en el Decreto Supremo N° 38 de 2011 del Ministerio del Medio Ambiente “Norma de Emisión de Ruido Generados por Fuentes que Indica” [35], un listado de las palabras claves consideradas para las fuentes de ruido se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1: Palabras claves utilizadas para las consultas de información para la determinación de beneficios y cuantificación de beneficios del control de ruido.

Palabras clave para fuentes fijas de ruido
Wind farm noise
Wind turbine noise / WTN
Industrial noise
Construction noise
Port noise
Leisure noise / recreative noise
Commercial noise

De las palabras claves seleccionadas para fuentes fijas de ruido, se correlacionaron una a una con conceptos de identificación de cuantificación de beneficios causados por el control de ruido, que se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2: Palabras claves utilizadas para las consultas de información para la identificación de cuantificación de beneficios económicos causados por el control de ruido.

Palabras clave para beneficios económicos
Contingent valuation
Noise cost
Noise valuation
Stated preference
Valuation
Spatial autocorrelation
Noise pollution

Para la obtención de información relacionada con la identificación de de perjuicio en la salud y social para fuentes de ruido, se realizó una búsqueda en base a las palabras claves presentadas en la Tabla 3 y la Tabla 1.

Tabla 3: Palabras claves utilizadas para las consultas de información para la determinación de perjuicio en la salud y social por el ruido.

Salud	Social
Annoyance	Social inequality
Cardiovascular	Ethnic
Sleep disturbance	Unemployment
Mental health	Racial
Wellbeing	

La bibliografía encontrada son principalmente artículos científicos provenientes de revistas científicas de distinta índole (ambiental, acústica, salud, social, etc.), reportes de organismos internacionales (Organización Mundial de la Salud, Agencia Europea de Medio Ambiente, DEFRA, etc.), presentaciones en conferencias (“*proceedings*”), libros, entre otros.

3.2. Análisis

3.2.1. Tipos de fuentes de ruido encontradas

De acuerdo a la búsqueda realizada y la cantidad de estudios encontrados, se dividieron según las siguientes categorías por tipo de fuente.

Parques eólicos Conjunto de aerogeneradores para la producción de energía eléctrica. Es una de las líneas de investigación más activas en cuanto a ruido de fuentes fijas debido a su auge como una de las tecnologías de energía eléctrica renovables no convencionales más utilizada. En cuanto a ruido, sus características principales son que posee componentes en baja frecuencia (incluyendo infrasonido) que han sido objeto de cuestionamiento.

Industria Dependiendo de la publicación y región puede referirse solo a grandes industrias en ciudades medianas y grandes, ser solo industrias con ruido no atribuible a ellas o con ruidos característicos que las hagan identificables[3], incluir pequeños talleres, entre otros. Las características de ruido tanto en amplitud como tipo de ruido (banda ancha, tonal y de impacto) son muy variables dependiendo de la industria.

Construcción Principalmente se hace referencia a actividades de demolición, construcción de obra gruesa, terminaciones, reparaciones y cualquier otra actividad propia de la construcción. El ruido percibido normalmente es en periodo diurno con fuentes de diversos tipos de ruido.

Esparcimiento Hace referencia a actividades recreativas como las llevadas a cabo en restaurantes, pubs, conciertos, estadios, entre otros y se producen principalmente de noche.

Se debe notar que en algunos casos revisados en la bibliografía considera dentro de estas categorías la exposición de las personas cuando están expuestas dentro de las fuentes emisoras de ruido como trabajadores de la actividad (obreros de construcción, por ejemplo) o

como asistentes (público en un concierto). Sin embargo, por el enfoque del presente estudio ese tipo de análisis ha sido descartado. Esto ocurrió principalmente las categorías como industria, construcción y esparcimiento.

3.2.2. Origen de los estudios

La mayoría de los estudios analizados son de origen europeo. Esto, principalmente impulsado por la Directiva de Ruido Ambiental de la Unión Europea[10] (“European Noise Directive” o END, por sus siglas en inglés) que integra al ruido ambiental dentro de legislación que actúa a nivel de los países miembros y asociados a la Unión Europea. Además, se debe sumar los aportes establecidos por la Oficina Regional para Europa de la Organización Mundial de la Salud y la Agencia Europea de Medio Ambiente (EEA), que generan reportes para la Unión Europea y utilizan los datos obtenidos de la END.

Dentro de los alcances que tiene la END en conjunto con otros instrumentos legales, encarga que cada país miembro determine la exposición a ruido ambiental, informe sobre sus efectos y prevenga y reduzca los niveles de ruido principalmente con la creación de planes de acción de manejo del ruido y mapas de ruido en “aglomeraciones” de más de 100.000 habitantes, principales carreteras, vías de trenes y aeropuertos.

Para el contexto de ruido industrial, solo se toma en cuenta el pertinente en aglomeraciones de más de 100.000 habitantes, dejando fuera a gran parte rural de ese tipo de estudio. Según Murphy y King[39] la categorización de las industrias no está bien definida, por lo que queda a discreción de los Estados miembros incluir o no cierto tipo de actividades. Además, según la EEA[17] el conjunto de datos con menor cobertura para la ronda de 2017 es precisamente el de ruido industrial con entre un 43 % a 52 % de cobertura en comparación a trenes con un 73 % que es el más completo y tránsito vehicular con entre un 59 % a 62 %. Finalmente, no todos los Estados utilizan la misma metodología de propagación de ruido, siendo solo Finlandia quien ocupó la metodología descrita en CNOSSOS en la última ronda del año 2017, aunque para la ronda del año 2022 (cinco años entre rondas) todos los Estados miembros deberían ocupar la metodología de CNOSSOS[31].

En cuanto a países fuera de la Unión Europea, se encontraron investigaciones de origen canadiense, chino, estadounidense, surcoreano, entre otros. Ninguno de los países mencionados ni considerando regiones enteras supera a lo encontrado en Europa, sin embargo, se nota cierta relevancia de parques eólicos en Canadá y Australia, estudios de salud mental en Corea del Sur, construcción en China, etc. La cantidad de estudios claramente tiene una variable de interés regional, donde a mayor exposición frente a ciertas fuentes, más estudios se generan.

3.2.3. Tipos de beneficios identificados

De acuerdo a las distintas fuentes consultadas, se estableció que para los distintos campos de estudio existen distintos métodos, herramientas, resultados y conclusiones. Considerando que el presente trabajo considera beneficios socio-económicos en las personas, fue necesario agrupar los beneficios identificados en tres categorías: económicos, salud y sociales, como se describe a continuación.

Económicos Tienen relación con cómo el estar en una zona con presencia de ruido afecta negativamente a la economía del lugar principalmente por la desvalorización del precio de la vivienda, considerando que en lugares destinados para el descanso se privilegia una zona menos ruidosa.

Salud Han sido estudiado hace décadas en particular para ruido de transporte, logrando concluir que afecta en diversos ámbitos de la salud como en efectos cardiovasculares, perturbación del sueño, molestia, entre otros. Recientemente se han investigado las relaciones entre ruido y salud mental, bienestar, resultados adversos en nacimientos, entre otros.

Sociales Producto de la creciente desigualdad social de las últimas décadas, el enfoque de algunos organismos internacionales como la Organización Mundial de la Salud y la Agencia Europea del Medio Ambiente se ha interesado por estudiar cómo variables ambientales (ruido, calidad del aire, temperaturas extremas, entre otros) también tienen una “exposición desigual”[17]. Mediante este tipo de estudios también se encontró que se evalúa la influencia del ruido en zonas con mayor desempleo, pobreza, mayor cantidad de población de razas o etnias poco favorecidas o marginadas, entre otros.

Los tres campos estudiados tienen impactos socio-económicos para la población en general con mayor o menor estudio. La variabilidad en cuanto a profundidad de las investigaciones no necesariamente significa que no exista una correlación, debiendo tener en cuenta que en cada uno de los beneficios identificados las investigaciones más recientes en aspectos más nuevos no suelen tener conclusiones directas. Sin embargo, sí es posible verificar si existe alguna tendencia o resultado significativo que pueda establecer cierta relación en base a las observaciones realizadas anteriormente a los estudios.

Si bien el impacto que podría generar en la biodiversidad puede generar un beneficio indirecto en las personas como en mayor población y vocalización de pájaros, el impacto que pueda tener dentro de la biodiversidad escapa a los objetivos de este estudio. Sin embargo, se consultaron diversos materiales donde se establecen y revisan estudios en la biodiversidad, considerando por ejemplo la síntesis de Shannon et al.[48] donde se resumen veinte años de estudio en los efectos del ruido en la fauna realizada en diversos ambientes ruidosos, incluyendo ruido de carácter industrial (principalmente en estudios de población en animales terrestres). En una revisión más reciente (2020) titulada “Evidence of the impact of noise pollution on biodiversity: a systematic map” (“Evidencia del impacto de la contaminación acústica en la biodiversidad: un mapa sistemático”), Sordello et al.[50] indican que el ruido industrial ocupa un lugar importante en los tipos de ruido analizados en estudios de biodiversidad, muy cerca del ruido de transporte.

4 Beneficios identificados

En todas las categorías consideradas (económica, salud y social) se estudian problemas que al evitar o disminuir el ruido, provocan un beneficio en la población afectada. Es por esto que la disminución de ruido en todos los tipos de fuentes es una de las metas definidas en la Unión Europea[17].

Anteriormente se ha establecido una categorización de tres ámbitos: económico, salud y social. En el ámbito económico se estudiarán publicaciones con algunas fuentes fijas y con ruido de transporte, debido a la escasez del primero. Mientras, en el ámbito de salud (principalmente molestia) se estudiarán distintos tipos de fuentes fijas de los que se encontró literatura, como en parques eólicos, industrias, construcción, entre otros. Finalmente, en el ámbito social son principalmente estudios provenientes del análisis de datos provenientes del marco regulatorio de la END, por lo que las restricciones de esos estudios radica en las limitantes provenientes de los datos de ruido industrial en el marco de la END y puede variar en calidad entre los distintos países.

4.1. Económicos

En este apartado se separan las experiencias encontradas con el método hedónico y disposición a pagar. La primera parte recaba las experiencias a nivel de la región latinoamericana, específicamente casos encontrados en Ecuador y Chile. En la búsqueda de la monetización de los efectos del ruido, estos documentos no especifican el tipo de fuente (carretera, trenes, industria, aeropuertos) sino más bien genera un marco global para todas las actividades sin discriminar algún tipo de fuente en específico. La segunda y más extensa es la variada experiencia encontrada dentro de los países de la Unión Europea. Las investigaciones realizadas por la Unión Europea se encuentran basadas en su mayoría en monetización de ruido de carreteras, vías férreas y aeropuertos. Según reportan una variedad de autores, la información para fuentes fijas es escasa.

4.1.1. Método disposición a pagar - Chile

En Chile, Galilea y Ortúzar[22], han realizado un estudio mediante el método disposición a pagar, utilizando como atributos el pago de arriendo, nivel de ruido, tiempo de viaje hacia el trabajo y la orientación hacia el sol, se cuantificó el coste del ruido y la disposición a pagar de los afectados, registrando 150 viviendas en nueve edificios en el área metropolitana de Santiago (cuatro en comunas de nivel socio económico alto y las otras cinco en áreas de clase media y media baja).

Este estudio determina un valor económico de 2,12 USD/dB/mes correspondiente al límite inferior del intervalo de confianza del modelo asociado a la disposición a pagar entre las tres zonas socio económicas de la Región Metropolitana.

4.1.2. Método Hedónico - Ecuador

El estudio Realizado por Zambrano-Monserrate y Ruano[56], realiza un análisis extensivo de las posibilidades de cuantificar la depreciación de las viviendas frente al ruido contando con poca información de entrada. La ciudad de Machala (387.814 Hab) se sub-divide en zonas según su uso de suelo y normativa nacional de ruido.

Como paso previo al análisis, se utilizaron encuestas complementarias a los datos oficiales del censo nacional para iniciar el método Hedónico. Las compañías de bienes raíces se negaron a entregar información confidencial para el desarrollo de la investigación.

Debido a que uno de los atributos más grandes para el arriendo o la compra de una vivienda es su posición geográfica, la investigación propone nuevos enfoques académicos que plantean modelos de estimación que incluyen la variable espacial (en específico el modelo espacial de Durbin), y no seguir con los modelos clásicos desarrollados en Europa hace más de 10 años.

Luego de obtener la data de la muestra para el análisis, se realizaron mediciones de ruido en cada emplazamiento dado que la ciudad aún no cuenta con un mapa de estas características.

Se hace hincapié en el documento, que cada ciudad o zona geográfica cuenta con atributos que pueden ser muy dispares si se comparan, debido a esto muchos modelos no pueden ser tomados directamente como una referencia universal, este problema también se observa en la variedad de los modelos Europeos. Al igual que el presentado en el caso de la región metropolitana de Santiago no se especifica un tipo de fuente, sin embargo las mediciones se efectuaron en cuatro tipos de suelo con diferentes niveles de ruido máximo permitido según su normativa nacional. Finalmente, el costo total se calculó de la suma directa e indirecta de los efectos. La estimación nos dice que por cada dB incrementado el precio de la renta caerá en un 4,02 % con un valor total de 66.453,2 USD al mes (para las 412 viviendas en análisis)

4.1.3. Método hedónico - Unión Europea - caso parque eólico

En la investigación realizada por Jensen[29], se cuantificaron los efectos marginales externos sobre las propiedades en un radio de 2.500 metros de distancia a fuentes eólicas en toda Dinamarca. Los autores lograron separar con éxito los efectos de la contaminación acústica y visual que produce una turbina, fue necesario utilizar la meta data geográfica de 21 municipios (12640 viviendas vendidas entre el 2000 y 2011) para proceder a realizar el análisis con el método hedónico. Para calcular los niveles de emisión de las turbinas se utilizó una fórmula proporcionada por la legislación nacional de Dinamarca, la ecuación describe el nivel de ruido emitido a una distancia dada medida en dB. Entre las excepciones de este trabajo se conoce que la fórmula no tiene un factor para tonalidad en bajas frecuencias y tampoco considera la suma energética de varias fuentes en formato de parque eólico.

Al igual que el estudio presentado en la Subsección 4.1.2, se hace hincapié en el uso explícito de modelos que incluyen la variable espacial, ya que las propiedades afectadas por la contaminación acústica de las fuentes eólicas son identificadas usando sistemas de información geográfica (GIS). Los resultados demuestran que los efectos del ruido dependen

del nivel emitido y rangos de entre el 3 % al 7 % del precio de venta en las viviendas decae por este motivo.

4.1.4. Unión Europea - Estudios en fuentes industriales

Las características del ruido industrial varían considerablemente según el tipo de maquinaria y actividad. Por ejemplo, dentro de una industria existe maquinaria que genera sonidos con componentes tonales. Las operaciones que implican impacto mecánico, como maniobras, remaches y descargas de materiales, pueden generar un ruido impulsivo de alto nivel, y los sistemas que mueven caudales de aire, como ventiladores y sistemas de ventilación generan ruido de baja frecuencia. A menudo, varias fuentes generan conjuntamente el ruido de una planta industrial determinada. Esto significa que una planta puede generar varios tipos de ruido con diferentes componentes espectrales.

Aunque está claro que el ruido industrial está menos extendido que el ruido de tránsito en la Unión Europea, hay pocos datos disponibles sobre cuántos residentes están expuestos al ruido industrial en sus hogares. Según la primera ronda de mapas estratégicos de ruido de la END, aproximadamente el 0,7 % de las personas en las grandes ciudades estuvieron expuestas al ruido de las grandes industrias que superan los 55 dB L_{DEN} , y alrededor del 0,3 % estuvieron expuestas a niveles superiores a 60 dB L_{DEN} . En comparación, más del 50 % de la población de las grandes ciudades estuvo expuesta a un ruido del tráfico de más de 55 dB L_{DEN} . Sin embargo, se debe considerar que el mapeo del ruido industrial en los países Europeos solo incluyó las plantas industriales más grandes, y que por ejemplo en Suecia ninguna industria era lo suficientemente grande para ser incluida. Por lo tanto, es obvio que el porcentaje de personas expuestas sería mucho mayor si las industrias más pequeñas también se hubieran incluido en los mapas de ruido. El ruido industrial incluye muchas fuentes de ruido diferentes, algunas de las cuales tienen características particularmente molestas. Por lo tanto, los valores de la guía sueca incluyen una penalización de 5 dB para el ruido industrial que contiene sonidos impulsivos de componente tonal o ambos.

En la Tabla 4, presentada por la European Environment Agency[15], se describe por país la población expuesta a niveles L_{DEN} mayores a 55 dB en áreas cubiertas bajo la END en 2017, para distintos tipos de fuentes de ruido.

Tabla 4: Porcentaje de población total expuesta a niveles L_{DEN} mayor a 55 dB en áreas cubiertas bajo END 2017.

País	Dentro de áreas urbanas				Fuera de áreas urbanas		
	Carretera	Trenes	Ambiental	Industrial	Carretera	Trenes	Ambiental
Austria	24,2	6,6	0,1	0,1	8,2	5,7	0,1
Bélgica	14,0*	1,0*	0,6*	0,2*	8,6	2,2	0,6*
Bulgaria	28,8*	0,6*	0,1*	0,0*	1,5		**
Croacia	7,7	0,6	0,0	0,0	2,8	0,0	
Chipre	49,2*	3,2*	0,9*	1,0*	4,7*		
República Checa	16,7	0,7	0,1	0,0	6,9	1,8	0,1
Dinamarca	18,5	0,5*	0,1*	0,0*	5,0	1,5	0,0*
Estonia	22,7	0,5	0,2	0,2	0,5		
Finlandia	8,8	1,6	0,1	0,0	2,1	0,6	0,4
Francia	23,5*	3,6*	0,7*	0,2*	9,8	3,9	0,0*
Alemania	6,9*	3,7	0,7	0,1*	3,3	4,0	0,4
Grecia	7,9*	1,3*	0,4*	0,1*	0,2*	0,0*	0,0*
Hungría	16,4	1,3	0,0	0,0	1,8	0,9	0,3
Islandia	16,6		0,5*	0,2			0,4
Irlanda	14,4	0,6	0,6		4,8	0,3	0,0
Italia	13,7*	0,9*	0,7*	0,1*	12,0*	3,3	0,3*
Letonia	27,0	2,0	0,0	0,7	1,2	0,1	0,1
Liechtenstein					11,4*		
Lituania	26,3	0,4	0,4	0,3	0,8	0,0	
Luxemburgo	24,5	1,5	10,1		11,2	3,3	1,1
Malta	22,4		1,9	0,0	3,7		
Países Bajos	19,3	1,3	0,4	0,3	1,0	0,5	0,0
Noruega	15,2*	2,2*	0,2*	0,0*	2,6*	0,2	0,1*
Polonia	11,6	0,6*	0,1	0,1*	5,7	0,5	0,0
Portugal	5,2	0,4	0,9	0,0	8,6*	1,0	1,3
Rumania	13,3*	1,5*	0,2*	1,2*	1,6*	0,1*	0,0*
Eslovaquia	6,7*	2,4*	0,0*	0,0*	2,9*	2,0*	
Eslovenia	9,8	1,2		0,0	5,5	1,1	
España	24,8*	1,1*	0,2*	0,2*	4,2*	0,7*	0,3
Suecia	13,2	2,9	0,2*	0,0	3,3	2,7	0,2
Suiza	30,6	3,4	1,1	0,2*	5,1	2,4	0,0
Reino Unido	14,5	1,9	1,5	0,2	6,5	0,7	0,2*
EEA-33	15,5*	2,0*	0,6*	0,2*	5,9*	2,1*	0,2*

* Datos totales o parcialmente estimados.

** No pudo ser estimado.

De la tabla, se puede identificar que existe un alto porcentaje de población expuesta a ruido sobre 55 L_{DEN} , ocasionado por el uso de carreteras en áreas urbanas como en áreas no urbanas, y por el contrario, se registra un bajo porcentaje de población expuesta a niveles de

ruido sobre 55 L_{DEN} para el ruido industrial, tanto que se excluye de los ruidos identificados en sectores fuera de áreas urbanas.

4.1.5. Síntesis de trabajos encontrados

De la cantidad de información recopilada, se presenta en la Tabla 5 una síntesis de los trabajos más relevantes relacionados con los métodos de cuantificación económica por año. Donde la abreviación “DAP” hace alusión al método disposición a pagar y la abreviación “MH”, al método hedónico.

Tabla 5: Síntesis de trabajos encontrados relacionados con métodos de cuantificación económica.

Año	Autor	País	Fuente	Método	Descripción
1997	Grue et al[23]	Noruega	Carretera	MH	Uso de GIS. Inclusión de variable espacial en la técnica econométrica. NSDI 0.18 - 0.55
2004	Bjørner[5]	Dinamarca	Carretera	DAP	2 EUR/año por 1 dB de reducción en 55 dB y 10 EUR/año en 75 dB. El valor para la reducción de ruido depende del nivel
2005	Ortúzar y Galilea[22]	Chile	Ambiental	DAP	Uso de atributos del entorno de la muestra; análisis para zona metropolitana; 2.12 USD/dB/mes (muestra 150 vivienda)
2013	Jensen et al[29]	Dinamarca	Fuente eólica	MH	Simulación acústica para la estimación de nivel de ruido a la fuente - análisis a nivel nacional NSDI 3 - 7 (12.640 viviendas)
2014	Istamto et al.[26]	Reino Unido, Finlandia, Alemania, Países Bajos, España	Carretera	DAP	Entre €90 y €320/persona/año para evitar un incremento de ruido de 50 a 65 dB. La DAP para evitar los efectos del ruido varían substancialmente entre países
2019	Zambrano-Monserrate[56]	Ecuador	Ambiental	MH	Inclusión de variables espaciales y censos nacionales para recavar datos

4.2. Salud

Dentro del contexto de la realización de la “Guía de ruido ambiental para la región europea de la Organización Mundial de la Salud”[55], se revisaron diversas evidencias de ruido ambiental en relación a la salud, considerando efectos cardiovasculares y metabólicos[51], [4] molestia[24], resultados adversos de nacimientos[42], cognición[8] y calidad de vida, bienestar y salud mental[9].

Como se describió en la Subsección 3.2.1, una gran parte de los estudios encontrados hacen referencia a otros tipos de ruido, que pueden incluir el ruido industrial bajo el nombre de “ruido ambiental” (*environmental noise*, en inglés) o ser independientes por cada uno de los tipos de ruido de transporte (tránsito vehicular, aviones y trenes). A este respecto, Clark et al.[7] comenta que “la cuantificación de efectos en la salud para otros tipos de fuentes de ruido incluyendo parques eólicos, ruido de vecinos, industrial y ruido combinado sigue siendo una prioridad en la investigación”. Esto, con el fin de dar más soporte a aquellos problemas de

salud que han sido relacionados con el ruido, pero que no han sido suficientemente estudiados para los otros tipos de fuentes.

De todos los tipos de impactos en la salud, el más estudiado en cuanto a fuentes reguladas por el D.S. N° 38/11 MMA es la molestia y perturbación del sueño, donde se pudieron encontrar variados estudios que hacen referencia a distintos tipos de fuentes: parques eólicos, construcción, industria, esparcimiento, entre otros.

4.2.1. Parques eólicos

El ruido de parques eólicos ha sido de gran interés en las últimas décadas debido a su alto impacto en diversas zonas del mundo[38]. En una revisión de los efectos en la salud de los parques eólicos en residentes cercanos[21] se encontró que la mayor cantidad de estudios relacionados a salud con los parques eólicos es precisamente el ruido. Al tener componente de ruido en baja frecuencia, ser nuevas fuentes, entre otros, muchas personas han manifestado tener efectos de salud incluyendo dolor crónico, cambios en la presión arterial, tinitus, migrañas, mareos, cambio en calidad de vida y perturbación del sueño, entre otros[33][21].

Al obtener respuestas de tan variados posibles efectos, varios investigadores se han centrado tanto en el ruido audible como en el no audible (por infrasonido) de este tipo de fuentes.[13]

En un estudio realizado por Janssen et al.[27] se manifiesta a través de curvas de respuesta al ruido en función del porcentaje de personas con molestia y con molestia alta que el ruido proveniente de parques eólicos es más molesto que otros tipos de fuente al mismo nivel de L_{DEN} dentro de las casas de residentes. En el mismo estudio se indica que al ser entornos rurales, una parte de la población se beneficia económicamente de la instalación de aerogeneradores, por lo que las respuestas pueden contener sesgos y no se consideraron.

Debido a esta alza en la molestia perceptual es que continúa el debate por si es necesario limitar de manera distinta los aerogeneradores en comparación a otras fuentes de ruido. Esto es lo que propone Fredianelli et al.[20], donde establecen comparativas y coeficientes de conversión para considerar a personas con molestia alta en comparación a fuentes de ruido de transporte y proponiendo un límite de 43,1 dB(A) de L_{Aeq} (considerando su derivación a partir de valores de L_{DEN}).

De una manera similar, pero considerando más estudios a nivel mundial, Davy et al.[12] considera un límite más parecido a la regulación chilena (D.S. N° 38/11 MMA) en ambientes rurales, pero con ruido de fondo más 5 dB(A). Además, se hace de manifiesto que tanto en Europa como en Canadá (estudios revisados por los investigadores) las personas se ven más molestas en el exterior que en el interior a un mismo nivel de ruido

Finalmente, tanto para perturbación del sueño como en molestia, una revisión sistemática y meta análisis realizado por Onakpoya et al.[45] muestra que existe evidencia en diversos estudios de la molestia y la perturbación del sueño producto del ruido proveniente de parques eólicos. Para el caso de molestia, esto no fue ratificado por la investigación bibliográfica de la OMS para molestia[24] con investigaciones anteriores de los años 2011 y 2014 por no presentar suficiente calidad (aunque eso puede cambiar en futuras revisiones). En el caso

de la revisión bibliográfica de la OMS en perturbación del sueño, sí se encuentra relación, pero indicando que es necesaria más investigación (a fecha de 2015). En ambos casos de las revisiones bibliográficas de la OMS, y con los antecedentes más recientes mostrados anteriores, puede ser que esa relación entre molestia y perturbación del sueño pueda cambiar para la OMS en futuras revisiones.

4.2.2. Industria

Miedema et al.[34] estudiaron el impacto del ruido de distintos tipos de industria, considerando la industria papelera, metálica, de vidrio, química y de producción de alimentos. Producto de este estudio se considera que el ruido de industrias genera molestias muy parecidas a las de el ruido de tránsito vehicular, sin embargo la actividad industrial que tiene mas preponderancia dentro de las estudiadas es la de patios de maniobras, ya que contiene ruido tonal e intermitente.

Otro tipo de ruido que provoca mayor molestia es el ruido impulsivo, donde hasta 70 dB(A) se muestra que existe mayor molestia ante estos tipos de ruido que ante ruido estable.[39]

Axulsson et al.[2] consideraron cómo afectaba el ruido en el entorno de una planta petroquímica con tres encuestas en un periodo de 15 años (entre 1992 y 2006), concluyendo que sí existe un riesgo de que exista mayor molestia a medida que pasa el tiempo.

Debido a las distintas componentes frecuenciales de los ruidos de industria, Alayrac et al.[1] realizaron experimentos en laboratorios con seis categorías de ruido, incluyendo ruido estable, de baja frecuencia, baja frecuencia tonal, media frecuencia, entre otros. Se encontraron diversas correlaciones entre los descriptores ya utilizados como L_{Aeq} para ciertos tipos de ruido, mientras que en otros se proponen descriptores más complejos que se adapten mejor a la molestia generada por ruidos de los distintos tipos de industria.

4.2.3. Construcción

Liu et al.[32] muestran curvas de dosis-efecto de ruido generadas por la construcción obtenidas de estudios en distintas ciudades de China de acuerdo a encuestas a personas que se encontraban presentes en un rango menor a 100 metros de las construcciones con un rango promedio de entre 63 dB y 77 dB según ciudad y rango de horario. Los resultados de molestia respecto al ruido provocado por la construcción se muestran en la Tabla 6, considerando las categorías de 1 a 5 como “Sin molestia”, “Algo molesto”, “Moderadamente molesto”, “Altamente molesto” y “Extremadamente molesto”, respectivamente.

Tabla 6: Molestia causada por construcción en tres ciudades de China. Extracto de la investigación de Liu et al.[32]

Ciudad	Nivel de molestia					Promedio
	1	2	3	4	5	
Hangzhou	4,61 %	20,87 %	20,87 %	40,92 %	12,74 %	3,36
Ningbo	1,52 %	13,03 %	31,52 %	41,21 %	12,73 %	3,16
Wenzhou	3,44 %	29,21 %	41,58 %	17,87 %	7,90 %	2,98

De manera similar, Ng[41] presenta su investigación realizada en un edificio colindante a una obra en construcción, donde en base a encuestas confirma molestia y una serie de efectos negativos de la exposición a construcciones ruidosas, donde los residentes encontraron al ruido de construcción muy desagradable; de hecho, uno de los dos más desagradable de una lista de doce ruidos comúnmente escuchados en la comunidad.

4.2.4. Esparcimiento

Ottoz et al.[47] realizan una investigación mediante mediciones y encuestas en cuanto al ruido proveniente de locales nocturnos y también de actividad en la calle producto de conciertos, fiestas y similares. La encuesta contenía información demográfica, características de las casas, molestia experimentada durante la noche, consecuencias en su vida diaria por el ruido (salir forzosamente los fines de semana o renovar el aislamiento acústico de sus casas), entre otros. La molestia generada por las actividades ruidosas en periodo nocturno se presenta principalmente en el rango horario entre 11 de la noche y 3 de la mañana con entre 81 % y 92 % de las personas en el rango de “considerable/en extremo molestas”. El estudio estuvo enfocado en las ciudades de Milán y Turín, donde se encontró que un 78 % y un 71 %, respectivamente de los encuestados consideraron vender su casa y un 82 % y un 85 % de los encuestados afirman que el valor de su vivienda se ha depreciado por el ruido. No se encontraron diferencias significativas ni en los niveles de ruido ni en las respuestas de los receptores en ambas ciudades.

Según la revisión realizada por la Oficina Regional para Europa de la OMS[55], no existen revisiones sistemáticas que cumplan sus criterios y reflejen perjuicios de salud producidos por este tipo de ruido. Sin embargo, se debe notar que la falta de investigaciones en las fechas revisadas en el citado estudio es el principal motivo para no incluirlo, por lo que en estudios más reciente de los analizados en esa revisión como el presentado anteriormente[47] pueden contribuir en conjunto con otros a obtener un panorama más detallado de los efectos en la salud del ruido producido por actividades de esparcimiento.

En una investigación realizada por Vidaña-Vila et al.[52] se utiliza un conjunto de datos abierto de la ciudad de Barcelona en España y se analiza mediante identificación de sonidos los ruidos provocados o provenientes presuntamente de estos tipos de fuentes. Sin embargo, los datos obtenidos son de un enfoque más amplio que del presente estudio, por lo que solo se considerará el valor en la obtención de niveles de ruido a partir de distintos tipos de fuente y su categorización utilizando sistemas de identificación de ruidos. Esto se mantendrá como

una línea de desarrollo tecnológico y podría facilitar el monitoreo de todo tipo de fuentes industriales (y otras) pudiendo mejorar la calidad de los datos estudiados con estaciones de monitoreo de larga duración.

4.3. Sociales

De los estudios observados, se identifican principalmente los problemas causados por la exposición al ruido, siendo el control de estos un claro beneficio.

Morel et al.[36], presenta dos estudios de laboratorio, en el primer caso de estudio se expuso a los sujetos de prueba a grabaciones de distintos tipos de ruido de tránsito, identificándose molestias en el ruido de vehículos de dos ruedas. En el segundo, se evaluó el ruido de tránsito urbano en presencia de niveles de ruido industrial constante. Los efectos de las molestias se encuentran y se atribuyen a la evolución temporal de ruidos combinados.

En cuanto a ruido de actividades de esparcimiento, Ottoz et al.[47] presenta los efectos negativos que sufren vecinos de sectores de clubes nocturnos. A partir de encuestas, los resultados indican que el ruido afecta en el sueño, la vida cotidiana y la salud, junto a una depreciación patrimonial y gastos realizados por los mismos residentes para mitigar el problema.

La Organización Mundial de la Salud, en su documento “Paquete de recursos sobre las desigualdades en salud ambiental”[46], sugiere que para la planificación urbana hay que tener un enfoque de acción principalmente en reducir las emisiones contaminantes de ruido y atmosférica de fuentes industriales y tránsito vehicular en los habitantes más necesitados.

La European Environment Agency en su reporte “Exposición desigual e impactos desiguales: vulnerabilidad social a la contaminación atmosférica, ruido y temperaturas extremas en Europa”[18], señala que en general, los grupos socio-económicos más bajos tienden a estar expuestos a niveles más altos de ruido, en particular al ruido de tránsito vehicular. Además, un estudio realizado en la ciudad de Southampton, Reino Unido, indicó que aquellos que viven en sectores más desfavorecidos, tienen menos acceso a áreas tranquilas.

En relación al ruido industrial, el documento presenta los datos de Suiza, en que el 65 % de los hogares con nivel socio-económico más bajo se encuentran en áreas con actividades industriales, con un ruido de fondo de 7 dB(A) más alto que en residencias libre de áreas industriales, ocupadas por grupos de alto nivel socio-económico.

Por otro lado, Casey et al.[6], concluye que mediante una estimación de los niveles de ruido en horario diurno y nocturno en sectores de Estados Unidos, existen niveles más altos de ruido en bloques censales con proporciones más altas de personas con etnia indio-americana, residentes asiáticos, latinos y personas de color. Todos ellos residentes en sectores socio-económicos más bajos.

Adicionalmente Dreget et al.[14], presenta una asociatividad entre la exposición de más de 55 dB(A) y síntomas depresivos después de los 5 años de seguimiento, evidenciándose principalmente en los participantes con menos de 13 años de educación. Adicionalmente comenta que la evidencia de los estudios sugiere que las poblaciones más desfavorecidas sufren peores efectos en la salud ocasionadas por ruido. Por otro lado, las personas de un nivel socio-económico más alto, tienen más posibilidades de vivir en casas mejor construidas

con un aislamiento acústico más eficaz. Poseen más capital social, que para el caso del ruido, pueden tener influencia política para evitar el uso de tierras, como la construcción de grandes carreteras y/o vías férreas en su comunidad local, como también, más recursos económicos para protegerse contra los contaminantes.

En relación al desempleo, la EEA indica que aunque se encontraron asociaciones débiles pero significativas entre el desempleo en sectores vulnerables y su exposición a alto nivel de ruido[17]. No obstante, los resultados tienen un alto grado de incertidumbre debido a la limitada disponibilidad de los datos.

5 Métodos de cuantificación de beneficios

5.1. Económicos

5.1.1. Análisis costo/beneficio

La cuantificación económica de los beneficios por reducción de ruido, es una parte esencial de los análisis coste/beneficio. Las técnicas de monetización son variadas, los impactos en la salud y molestia además de la disposición a pagar para evitar el contaminante son la base de todo análisis en el tema. Desde este punto de vista los factores económicos influyen de gran manera las estimaciones de costes y beneficios de cada caso en particular.

En términos técnicos, el Análisis costo/beneficio incluye una transferencia a un valor económico de todos los beneficios y costos relacionados a un proyecto. Los beneficios incluyen efectos directos positivos y negativos, como la reducción de ruido y efectos indirectos. Los beneficios directos se miden en unidades físicas, por ejemplo, la pérdida por transmisión acústica debido a la implementación de una medida de mitigación de ruido. Otros beneficios como la reducción de las molestias por ruido o la alteración del sueño son intangibles y difíciles de estimar en términos físicos y monetarios.

Es necesaria información detallada sobre cada fuente de ruido antes de generar un análisis coste beneficio, esto es debido a que cada uno de los casos presentará soluciones distintas con costos asociados diferentes. Se plantea utilizar los siguientes pasos:

- Definición del proyecto
- Identificación de los efectos
- Identificación económica relevante
- Cuantificar físicamente los efectos
- Monetización de los efectos
- Descontar los valores
- Comparar la suma de los costos y beneficios descontados
- Realizar un análisis sensitivo

Según Nijland en su reporte sobre la teoría y práctica de la evaluación y valoración del ruido por carreteras y vías férreas en Europa[44], “el mayor obstáculo para implementar medidas contra el ruido es que en el presente contexto de estas medidas los costos deben ser pagados por grupo privados (empresa concesionaria de los caminos) y no por los que

eventualmente serán beneficiarios (habitantes que circundan las carreteras). La solución para esto deberá ser más un reto político que un reto científico”.

A continuación se presentan las bases generales de cada método y los diferentes casos encontrados en Europa.

5.1.2. Método hedónico

La base teórica de la valoración Hedónica[49], analiza el mercado de la vivienda para explorar hasta qué punto las diferencias en los precios de las propiedades reflejan la disposición a pagar de las personas por la mejora o empeoramiento de algún atributo específico, entre los más comunes se cuenta con los estructurales, de entorno y medioambientales. El método asigna a cada atributo escogido un valor implícito que representa la disposición a pagar marginal de un individuo o familia. Bajo el marco de este reporte el atributo a revisar será el nivel de ruido percibido o medido en las propiedades bajo estudio.

El método asume que los individuos son perfectamente conscientes de la calidad ambiental y urbana. El mercado debe estar claro. Deben observarse transacciones suficientes para estimar la regresión hedónica, y debe existir suficiente variabilidad en la calidad ambiental o urbana para identificar su efecto. Difícil separar el efecto de estas variables de otros factores que pueden influir en los precios de la vivienda.

El método Hedónico domina la literatura sobre la valorización de ruido, la mayoría de los estudios fueron publicados entre el año 2000 y 2012 con un enfoque hacia el ruido de carreteras y aeropuertos. El número de análisis hedónicos se ha incrementado en los últimos 10 años de una manera considerable para el ruido de tránsito vehicular, sin embargo su ausencia es notable en fuentes fijas con pocas excepciones[29]. En el mercado de bienes raíces el método Hedónico usa generalmente análisis de regresión para estimar los efectos de los atributos en los precios de las viviendas. Un atributo que es determinante y recibe gran atención es la posición geográfica de la propiedad, ya que existen variables espaciales que hacen complejos los análisis del método hedónico, se han realizado investigaciones de modelos econométricos que incluyen esta variable espacial[25].

Mediante el indicador llamado “Índice de depreciación por ruido” (NSDI), se presenta el porcentaje de cambio en la vivienda debido a cambios de 1 dB en los niveles de ruido. En la Tabla 7[43], se muestran los valores de NSDI encontrados en diferentes países europeos para tránsito vehicular y ferroviario mediante el método hedónico.

Tabla 7: Estudios Europeos de precio hedónico por ruido de tránsito vehicular.

Área de estudio	NSDI (%)
Oslo	0,21 - 0,54
Estocolmo	0,8 - 1,7
Zurich	0,9
Basel	1,26
Neuhatel	0,91
Soest	1,7
Helsinki	0,36

Una mejor estimación es que los precios de la vivienda pierden el 0,5 % de su valor por decibelio en 50–55 L_{DEN} . El rango de los resultados de la investigación se sitúa entre el 0,2 % y el 1,5 %, con tendencia a valores más altos si se trata de ruido de aeronaves[15].

5.1.3. Método disposición a pagar

Método basado en la información recopilada a través de cuestionarios. Con un diseño y administración complejo, dado que es posible que haya una serie de sesgos para la captura de información limitando el área de estudio, que se puede contra restar mediante una construcción cuidadosa y una prueba preliminar del instrumento de la encuesta. Ejemplos de encuestas utilizadas se presentan en la Apéndice A. En el campo medioambiental, proporciona un apoyo en la valorización del costo social y medioambiental de programas, políticas y proyectos.

Pocos estudios con el método Disposición a pagar presenta la valoración en términos de “Monto/vivienda/dB/año”, para diferentes niveles de molestia (poco molesto, molesto, muy molesto), que corresponde a un valor cuantificable de manera entendible por varios especialistas asociados al momento de tomar decisiones. La Tabla 8, muestra la gran variación que existe en la disposición a pagar en Europa, con valores que van desde los 2 hasta los 110 Euros/vivienda/dB/año[43].

Tabla 8: Estudios Europeos de disposición a pagar por ruido de tránsito vehicular.

Área de estudio	Monto/vivienda/dB/año - caso año 2006
Lisboa	55
Pamplona	2 - 3
Rhône-region	8
Noruega	2
Oslo	25 - 35
Basilea	110
Oslo y Akershus	52 - 104
Neuchatel	67 - 78
Helsinki	7 - 10
Suecia	31

Debido a esto, en 2003 el grupo de trabajo de aspectos socio económicos y de salud de la Unión Europea recomendó un precio de 25 Euros/vivienda/dB/año basándose en la investigación realizada por Navrud et al.[40], por otro lado, la Working Group on Health and Socio-Economic Aspect[54], cita que de ser necesario cada país debía corregir este valor mediante los índices anuales de paridad de poder adquisitivo (PPA) que les correspondía.

Como muestra la Figura 1, cada país estableció un valor específico muy diferente a la recomendación de la comisión europea (línea azul discontinua) dependiendo del nivel de ruido. Se debe señalar que las curvas no son del todo comparables ya que están basadas en metodologías distintas, sin embargo, proporcionan un marco general de las grandes diferencias que existen al momento de monetizar el ruido rodado de varios países europeos.

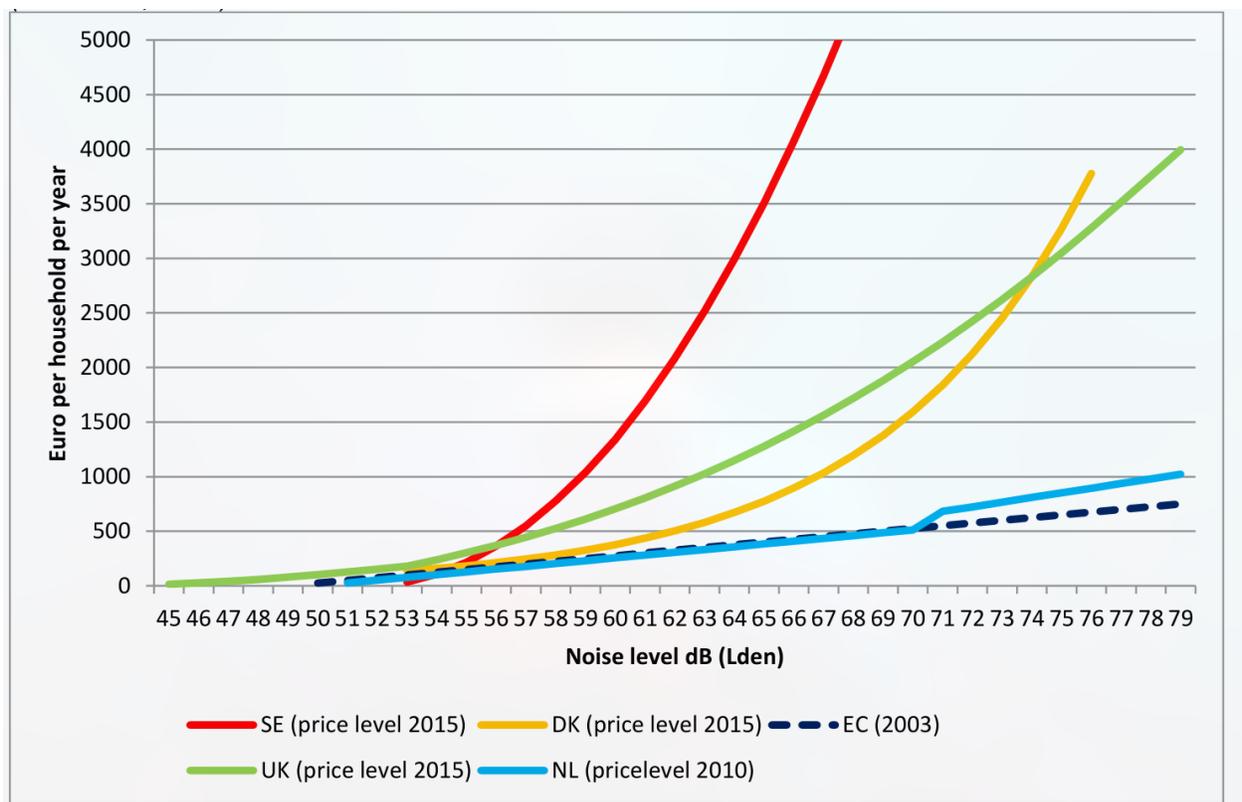


Figura 1: Costo unitario del ruido de tránsito en cuatro países de la Unión Europea y valores recomendados por la Comisión Europea.[11]

La cantidad asignada de euros cambia radicalmente en niveles altos de exposición. A 55 dB la diferencia entre Dinamarca, Noruega, Suecia y el Reino Unido supera el 100 % y a valores cercanos a 60 dB la unidad de valoración varía más de un 800 %. Además, se debe mencionar que países como Suecia y Países Bajos toman estos valores considerando solo a dos personas ocupando a la vivienda bajo estudio. Aquí podemos concluir que la valorización de los costos para ruido de tráfico no es robusta y homogénea dentro de los países miembros de la Unión Europea.

Aunque no se ha encontrado explícitamente las funciones de pago de cada curva presentada en la Figura 1, se ha encontrado las tablas de valores para los casos de Suecia y Países Bajos.

Para el caso de Suecia, existe una tabla en el reporte de la CEDR[11], donde aparecen costos al año 2014 y una proyección al 2040 con valores ajustados según inflación, donde el valor monetario esta en coronas suecas y se considera el valor por persona. La mencionada tabla se presenta a continuación en la Tabla 9.

Tabla 9: Costo provocado por ruido de tránsito vehicular en Suecia considerando niveles de ruido exterior. Costo total por persona por año en coronas suecas (SEK) al año 2014 y ajustado por inflación estimada al 2040.[1]

Nivel de ruido exterior	Costo de molestias	Costo de efectos en la salud	Costo total por persona por año, SEK 2014	Costo total por persona por año, proyección 2040
50	155	0	155	228
51	483	0	483	710
52	985	0	985	1448
53	1660	0	1660	2440
54	2508	0	2508	3687
55	3529	0	3529	5188
56	4723	0	4723	6943
57	6091	0	6091	8954
58	7632	68	7700	11319
59	9346	123	9469	13919
60	11233	205	11439	16815
61	13294	301	13595	19985
62	15528	424	15952	23449
63	17935	574	18509	27208
64	20515	739	21254	31243
65	23268	916	24185	35552
66	26195	1122	27317	40156
67	29295	1354	30649	45054
68	32568	1614	34182	50248
69	36014	1891	37905	55720
70	39634	2211	41845	61512
71	43427	2546	45972	67579
72	47393	2907	50300	73941
73	51532	3206	54828	80597
74	55844	3713	59557	87549
75	60330	4170	64500	94815

De manera similar, para el caso de Países Bajos se obtiene el valor a través de la estimación de costos tanto por efectos de molestia y de salud, como se presenta en la Tabla 10.

Tabla 10: Costos (en inglés denominados como “shadow prices”) para ruido de tránsito en Países Bajos (en euros del año 2010 por L_{DEN} , por persona, por año.[11])

L_{DEN}	Molestia	Salud	Total
51	13	0	13
52	26	0	26
53	38	0	38
54	51	0	51
55	64	0	64
56	77	0	77
57	89	0	89
58	102	0	102
59	115	0	115
60	128	0	128
61	141	0	141
62	153	0	153
63	166	0	166
64	179	0	179
66	192	0	192
65	205	0	205
67	217	0	217
68	230	0	230
69	243	0	243
70	256	0	256
71	268	72	341
72	281	80	361
73	294	89	383
74	307	98	405
75	320	106	426
76	332	115	447
77	345	124	469
78	358	132	490
79	371	141	511
80	383	149	533
≥ 81	396	158	554

Se debe notar que en ambos casos, el cálculo se realiza por persona y no por vivienda, por lo que se debe considerar un factor para considerar el número total de personas (normalmente 2 en el contexto europeo).

5.1.4. Impacto económico del ruido en la Unión Europea

Según la Agencia Europea de Medio Ambiente, varios estados miembros de la Unión Europea han realizado su propio análisis de los costes asociados a la exposición al ruido. En Suecia, el coste social del ruido por tránsito vehicular se estimó en más de 16 millones de

coronas suecas. En el Reino Unido, el Grupo Intergubernamental de ACB calculó el costo social del ruido ambiental solo en Inglaterra entre 7 y 10 mil millones de libras esterlinas al año[16]. Esto sitúa al ruido en una magnitud similar a los accidentes de tránsito (9.000 millones de libras esterlinas) y significativamente mayor al impacto del cambio climático (1.000 a 4.000 millones de libras esterlinas). En el mismo informe, se estimó que los efectos más graves del ruido en la salud, como el impacto sobre las enfermedades cardiovasculares, costaban entre 2.000 y 3.000 millones de libras esterlinas al año. Además, se estimó que el impacto sobre la productividad relacionado con factores como la reducción de la calidad del trabajo como resultado del cansancio o el ruido que actúa como una distracción cuesta 2.000 millones de libras esterlinas cada año. En Suiza, los costes externos del ruido del transporte se han estimado en aproximadamente 1.500 millones de euros, de los cuales el 81 % es atribuible al tránsito vehicular, el 15 % al ferrocarril y el 4 % al ruido de las aeronaves[19].

5.2. Salud y social

En la Directiva 2002/49/CE de la Comisión Europea se constata la falta de información sustancial para ruido industrial ya reportada por la OMS[28] cuando dice:

En la actualidad, se dispone de escasos conocimientos sobre los efectos nocivos del ruido industrial, por lo que no es posible proponer un método común de evaluación. Asimismo, en los estudios no se han evaluado las especificidades de los países y, por tanto, no han podido incluirse en el presente anexo.

Además, respecto a las relaciones entre ruido industrial y efectos nocivos en la salud comenta:

[A]unque se ha constatado que existe un vínculo entre el ruido ambiental y los siguientes efectos nocivos, actualmente no hay pruebas suficientes que permitan determinar un método común para evaluar tales efectos nocivos: accidentes cerebrovasculares, hipertensión, diabetes y otros efectos en la salud metabólica, deterioro de las facultades cognitivas en los niños, de la salud mental y el bienestar psicológico y de la capacidad auditiva, tinnitus, complicaciones en el parto. Por último, a pesar de que se ha establecido un vínculo entre el ruido ferroviario y de aeronaves y las enfermedades cardíacas isquémicas (ECI), en el caso de ambas fuentes resulta prematuro cuantificar el aumento del riesgo de padecer estas enfermedades.

Esto abre la posibilidad de continuar el estudio en futuras revisiones de la END y en la misma directiva se hace explícito al continuar con:

Las relaciones dosis-efecto introducidas por futuras revisiones del presente anexo se referirán, en particular, a lo siguiente:

- la relación entre las molestias y el L_{DEN} para el ruido industrial,

- la relación entre las alteraciones del sueño y el L_{DEN} para el ruido industrial.

En caso necesario, podrán presentarse relaciones dosis-efecto específicas para:

- viviendas con aislamiento especial contra el ruido, según la definición del anexo VI,
- viviendas con fachada tranquila, según la definición del anexo VI,
- distintos climas o culturas,
- grupos de población vulnerables,
- ruido industrial tonal,
- ruido industrial impulsivo y otros casos especiales.

Esto reafirma lo que se estableció en el presente estudio de la escasez de trabajos concernientes al estudio de este tipo de fuentes. Además, se debe considerar que producto los diferentes tipos de estudio de las áreas salud y social considerando experimentos, encuestas, exámenes de salud, correlación de datos geográficos, entre otros deben encontrarse mayor relación entre las distintas zonas geográficas, tomando en cuenta la diversidad de tipos de ruido provenientes de estos tipos de fuentes en conjunto con la variabilidad temporal tanto de permanencia de la fuente (a largo, mediano y corto plazo de presencia de ruido) como de horario de presencia.

6 Propuesta de métodos de cuantificación de beneficios

Para la implementación de algún método de cuantificación de beneficios, es primordial considerar los posibles datos de entrada para una buena representación de las características espaciales de las viviendas o personas afectas al contaminante.

Para el caso del método hedónico, se deben considerar a lo menos los siguientes puntos:

- Ubicación geo-espacial de las propiedades a considerar. Se debe conocer con precisión la ubicación de cada propiedad porque los impactos de una fuente pueden variar en distancias muy pequeñas dependiendo de su composición espectral. Por lo tanto, si la ubicación de la propiedad es imprecisa, el impacto acústico de la fuente no se puede definir con precisión.
- Precios de venta de viviendas actualizados. Las estimaciones de los agentes inmobiliarios y las valoraciones profesionales pueden no reflejar los precios reales del mercado, Todo esto puede dar lugar a que se produzcan precios engañosos del “Índice de depreciación por ruido” (NDSI).
- Datos digitales a gran escala (GIS). Estos datos deben identificar la ubicación de características como fuentes fijas emisoras de ruido y densidad poblacional como datos base. Además, también es necesario obtener información sobre la altura de terreno, para calcular o estimar los niveles de ruido de la fuente para cada propiedad. Estos datos son esenciales, pero es importante tener en cuenta que su calidad y disponibilidad variarán dependiendo de la zona del país en donde se necesiten.
- Datos censales. Para precisar la calidad del barrio que rodea a cada inmueble es necesario obtener información sobre características como las tasas de desempleo local y el promedio de personas que residen en una vivienda. Los censos nacionales como en el que se utiliza en el caso de análisis descrito en Subsección 4.1.2, son puntos de apoyo para completar los datos necesarios.
- Información sobre la ubicación de los atributos. Dentro de los análisis más rigurosos para calcular las variables de accesibilidad, es necesario obtener información sobre la ubicación precisa de los atributos ambientales, de los alrededores y estructurales

Como se presenta en la Subsección 4.1.2, una buena práctica para la utilización de grandes datos es la confirmación mediante encuestas y mediciones de ruido, y aunque tuvieron la limitante en la determinación del valor de las vivienda, se logra establecer una depreciación a causa del contaminante ruido.

por otro lado, en el antecedente presentado en la Subsección 4.1.3, se utilizaron exclusivamente datos a gran escala, estimaciones de niveles de ruido de las fuentes de ruido y

geo-datos (GIS), pudiendo determinar entre un 3 % y un 7 % de decaimiento en los precios de las viviendas.

Para el caso del método disposición a pagar, se debe considerar:

- Diseño de muestra espacial. Para seleccionar el tamaño de la muestra bajo análisis, se recomienda usar como apoyo básico los datos oficiales del Censo para población y vivienda. La población afectada debe además contabilizarse mediante un sistema de información geográfica (GIS), que es también una herramienta usada en el análisis Hedónico. Se deben considerar la densidad de viviendas y la cantidad de fuentes asociadas a esa área.
- Las condiciones geo-espaciales de interés para establecer la valorización del método. Las condiciones laborales, espaciales, de densidad de población, entre otras, varían enormemente entre regiones del país, siendo necesario realizar un estudio acotado a las realidades de interés por región, capital regional o por comunas de ser necesario.
- Se recomienda utilizar los datos recogidos por Nijland et al.[43], en su resumen de los tipos de cuestionarios que han tenido éxito en las investigaciones sobre la sensibilidad al ruido, dado que la generación de la encuesta que será entregada a los afectados puede tener sesgos de no contener las preguntas adecuadas y de no llegar a identificar el nivel de molestia de los afectados.
- Formato de resultados. “monto/vivienda/dB/año” es el formato más usado en la bibliografía del método disposición a pagar. Cabe resaltar que Navrud et al.[40], propone un ajuste para las estimaciones (de no ser posible realizar encuestas) mediante la paridad de poder adquisitivo nacional, que es un valor que se debe revisar anualmente.

Cada método tiene su grado de complejidad y validación al momento de ser implementado. Para el caso del método hedónico, la complejidad de obtención de datos importantes como la valorización de las viviendas a considerar se ha identificado como el antecedente más complejo de obtención, no obstante, dado a la basta meta-data que se puede utilizar para estimar una valorización de beneficios, se puede realizar a escala nacional los posibles casos a considerar sin depender de un esfuerzo mayor a un análisis de grandes datos.

Por otro lado para el método disposición a pagar, la generación de los datos es el mayor problema. Una encuesta que permita reflejar de manera clara la molestia de la población, la realidad social y espacial en que se encuentran se ha declarado un verdadero desafío. Además, por la variabilidad de población, el factor económico, disponibilidad de áreas verdes entre otras, normalmente se realiza en áreas acotadas, como regiones o capitales regionales. Por otro lado, obtener un valor “monto/vivienda/dB/año” se vuelve relativamente fácil si se superan las limitantes ya mencionadas, dado a la obtención inmediata de la información proporcionada por la comunidad encuestada, dando una radiografía real de la valorización de beneficios por el control de ruido, y el cual se puede generalizar a otros sectores a partir de la homologación de sectores a partir de la paridad de poder adquisitivo nacional.

Como se muestra en el antecedente Subsección 4.1.1, con una determinación de atributos acotados, que posiblemente se pueden utilizar en varios sectores de una región o capital

regional, se logró establecer una estimación del valor económico de 2.12 USD/dB/mes, lo que posiblemente puede aumentar si la población de alcance aumenta.

Considerando los antecedentes presentados, establecer una preferencia en la propuesta de método de cuantificación de beneficios, es variable según el área que se desea analizar junto a las complicaciones que conlleva cada uno de los métodos.

Si es posible, establecer una encuesta que demuestre antecedentes ricos para la estimación, se logra tener una muestra en encuestas representativa en los sectores de análisis y es posible mediante la paridad de poder adquisitivo nacional extrapolar los datos obtenidos, el método disposición a pagar será una buena forma para estimarlos. Esto mediante una estrategia de transferencia de beneficios, que según Nijland[43], es la aplicación de valores monetarios (como disposición a pagar) de un estudio de valoración a un entorno alternativo, a menudo en otra zona geográfica distinta a la que se realizó el estudio original.

Si se puede, recolectar una gran cantidad de datos relacionados con los factores económicos, sociales, salud, antecedentes censales y de valorización de las viviendas, y se puedan georreferenciar junto a antecedentes geo-espaciales, en que se encuentra la ubicación de áreas verdes, cercanía de fuentes de ruido fijas, y cantidad de viviendas. Es posible establecer una valorización de beneficios mediante el método hedónico, tanto a nivel país como para sectores urbanos regionales, pero perdiendo valor en la percepción de las comunidades.

Como se indica en la Subsección 5.1.2, es el método hedónico el que se utiliza para estimar la valorización de ruido para fuentes móviles y a nivel país, y el “Índice de depreciación por ruido”(NSDI), el valor porcentual de la depreciación de las viviendas por el cambio en la calidad sonora en un decibel. Y, como se indica en Subsección 5.1.3, el método disposición a pagar se utiliza en un área más acotada, como capitales regionales, y presenta una valorización “Monto/vivienda/dB/año” entendible por varios especialistas al momento de tomar decisiones.

Independiente del método que se implemente para la estimación del método de beneficios socio-económicos en Chile, sería una propuesta interesante implementar el método hedónico a nivel nacional, obteniendo los datos pertinentes, y validando la información procesada con encuestas realizadas mediante el método disposición a pagar, juntando la percepción macro de los datos recopilados, con la visión local de la población, comparando y rectificando el método propuesto.

7 Conclusiones

Se identificaron las palabras claves que se utilizó en la consulta de información en bases de datos internacionales con el fin de almacenar información relevante relacionada con los beneficios sociales y económicos derivados del control de ruido de fuentes fijas, identificando el origen de la información y los tipos de beneficios identificados.

Se encontraron pocos estudios orientados solo a las fuentes de ruido identificadas como fuentes de ruido fijas, donde principalmente el ruido de tránsito es el tipo de ruido en que hay más documentación asociada a beneficios sociales y económicos.

Se describieron los perjuicios en salud, sociales y económicos derivados del no control de ruido, siendo la mitigación del contaminante un beneficio claro a la población.

El sensación de molestia causada por el ruido, es la que tiene más estudios en las fuentes de ruido tanto fijas como móviles, siendo esta afectación una de las importantes en los ámbitos de salud y social.

Se observó una gran concentración de estudios en parques eólicos, considerando varios problemas derivados por el ruido por varios residentes de zonas cercanas a parques eólicos. Al ser una tendencia de la última década, la cantidad de estudios de alta calidad y las posibles revisiones bibliográficas, estudios sistemáticos y de meta análisis será mayor. No se espera esto mismo (al menos en la misma magnitud) para otras áreas, donde no se observa tendencia en gran cantidad de estudios.

Tanto para el aspecto social como para efectos nocivos de la salud, se constató que varios organismos internacionales han sido cautos en tomar acciones de política pública extendida por el ruido industrial, pero lo plantean como desarrollo a futuro, producto que las publicaciones no concuerdan con los criterios planteados. Como antecedentes de los últimos años se van registrando más estudios sobre todo de parques eólicos, que debido a su mayor molestia provocada no es del todo transferible a otras fuentes de ruido. Se debe considerar que de acuerdo a lo descrito y de las distintas fases e iteraciones de los estudios bajo el marco de la END, para el año 2022 donde los Estados miembros de la Unión Europea deberían publicar nuevos resultados de ruido industrial, se podría obtener una mejor base de datos de ruido que mejore los estudios a gran escala tanto de salud como de aspectos sociales. Si bien la información europea es la más completa del mundo a gran escala, no se debe perder en cuenta de las limitantes y del espacio para mejora que publican algunos autores como King et al.[30] y Murphy[37].

En relación la estimación económica del costo por ruido, se describieron experiencias encontradas con el método hedónico y disposición a pagar, encontrados a nivel nacional e internacional, identificando los factores considerados en cada estudio y sus conclusiones, presentando una síntesis de los estudios observados en la Tabla 5.

Se identificaron los métodos de cuantificación monetaria más ocupados de manera internacional, describiendo sus características principales. Y se propusieron los métodos de

disposición a pagar y hedónico para una posible implementación a nivel nacional, entregando la posibilidad de utilizar una combinación de ambos métodos dado lo heterogéneo que es la composición socio-económica del país.

A Tipos de encuestas comúnmente utilizadas

Según lo comentado por Nijland[43], la sensibilidad al ruido se puede medir mediante diferentes cuestionarios, donde los más utilizados son el de un elemento, el de nueve elementos de Zimmer et al[57]. y el de veintiún elementos Weinstein[53].

La encuesta de nueve elementos de Zimmer et al.[57], presentada en 1998, propone una serie de nueve elementos con un rango de cuatro respuestas: Muy en desacuerdo, algo en desacuerdo, algo de acuerdo y muy de acuerdo. Donde se realizan las siguientes afirmaciones:

- Tener una conversación mientras la radio está encendida me molesta.
- Noto fuentes de ruido molestas más tarde que otras personas.
- Evito eventos de ocios ruidosos como partidos de fútbol o ferias.
- Me despierto al menor ruido
- Puedo trabajar rápidamente y con concentración incluso en un entorno ruidoso.
- Cuando estoy en la ciudad y de compras, ignoro el ruido de la calle.
- Después de una noche en un local ruidoso me siento agotado.
- Cuando quiero dormir casi ningún ruido me molesta.
- El fin de semana me gusta estar en lugares tranquilos.

Por otro lado, Weinstein[53], presenta una serie de veintiún elementos donde se define una escala a la sensibilidad al ruido, con un rango de seis posibles respuestas, donde 1 es fuertemente de acuerdo y 6 fuertemente desacuerdo.

A continuación, se presenta el listado de los 21 elementos a considerar.

- No me importaría vivir en una calle ruidosa si el apartamento que tengo es bonito.
- Soy más consciente del ruido de lo que solía ser.¹
- A nadie debería importarle mucho si alguien sube su estéreo a todo volumen de vez en cuando.
- En el cine, los susurros y el sonido de los empaques de comida me molestan.¹
- El ruido me despierta fácilmente.¹

¹Se debe considerar la cuantificación contraria (a mayor cuantificación, mayor relevancia de los efectos del ruido para la persona encuestada) con respecto a otras preguntas donde a menor cuantificación, los efectos del ruido tienen mayor relevancia para los encuestados.

- Si hay mucho ruido donde estoy estudiando, trato de cerrar la puerta o ventana o moverme a otro lugar.¹
- Me molesta cuando mis vecinos hacen ruido.¹
- Me acostumbro a la mayoría de los ruidos sin mucha dificultad.
- ¿Cuánto le importaría si un apartamento en el que estas interesado en alquilar estuviera ubicado frente a la estación de bomberos?¹
- A veces los ruidos me ponen nervioso y me irritan.¹
- Incluso la música que normalmente me gusta me molesta si estoy intentando concentrarme.¹
- No me molestaría escuchar los sonidos de la vida cotidiana de los vecinos (pasos, cañerías, etc.).
- Cuando quiero estar solo, me molesta escuchar ruidos externos.¹
- Soy bueno para concentrarme sin importar lo que suceda a mí alrededor.
- En una biblioteca, no me importa si la gente mantiene una conversación si lo hace en silencio.
- A menudo hay ocasiones en las que deseo un silencio total.¹
- Debería exigirse a las motocicletas que tengan silenciadores más grandes.¹
- Me resulta difícil relajarme en un lugar ruidoso.¹
- Me enoja con las personas que hacen ruidos que me impiden quedarme dormido o hacer el trabajo.¹
- No me importaría vivir en un apartamento con paredes delgadas.
- Soy sensible al ruido.¹

Referencias

- [1] Alayrac, M., C. Marquis-Favre, S. Viollon, J. Morel y G. Le Nost: *Annoyance from Industrial Noise: Indicators for a Wide Variety of Industrial Sources*. The Journal of the Acoustical Society of America, 128(3):1128, 2010, ISSN 00014966.
- [2] Axelsson, Gösta, Leo Stockfelt, Eva Andersson, Anita Gidlof-Gunnarsson, Gerd Sallsten y Lars Barregard: *Annoyance and Worry in a Petrochemical Industrial Area—Prevalence, Time Trends and Risk Indicators*. International Journal of Environmental Research and Public Health, 10(4):1418--1438, Abril 2013, ISSN 1660-4601.
- [3] Baker, Daniel: *Application of Noise Guidance to the Assessment of Industrial Noise with Character on Residential Dwellings in the UK*. Applied Acoustics, 93:88--96, Junio 2015, ISSN 0003682X.
- [4] Basner, Mathias y Sarah McGuire: *WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Effects on Sleep*. International Journal of Environmental Research and Public Health, 15(3):519, Marzo 2018, ISSN 1660-4601.
- [5] Bue Bjørner, Thomas: *Combining Socio-Acoustic and Contingent Valuation Surveys to Value Noise Reduction*. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 9(5):341--356, Septiembre 2004, ISSN 13619209.
- [6] Casey, Joan A., Rachel Morello-Frosch, Daniel J. Mennitt, Kurt Fristrup, Elizabeth L. Ogburn y Peter James: *Race/Ethnicity, Socioeconomic Status, Residential Segregation, and Spatial Variation in Noise Exposure in the Contiguous United States*. Environmental Health Perspectives, 125(7):077017, Julio 2017, ISSN 0091-6765, 1552-9924.
- [7] Clark, Charlotte, Clare Crumpler y Hilary Notley: *Evidence for Environmental Noise Effects on Health for the United Kingdom Policy Context: A Systematic Review of the Effects of Environmental Noise on Mental Health, Wellbeing, Quality of Life, Cancer, Dementia, Birth, Reproductive Outcomes, and Cognition*. International Journal of Environmental Research and Public Health, 17(2):393, Enero 2020, ISSN 1660-4601.
- [8] Clark, Charlotte y Katarina Paunovic: *WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Cognition*. International Journal of Environmental Research and Public Health, 15(2):285, Febrero 2018, ISSN 1660-4601.
- [9] Clark, Charlotte y Katarina Paunovic: *WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Quality of Life, Wellbeing and Mental Health*. International Journal of Environmental Research and Public Health, 15(11):2400, Octubre 2018, ISSN 1660-4601.
- [10] Commission, European: *Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 Relating to the Assessment and Management of Environmental Noise - Declaration by the Commission in the Conciliation Committee on the Directive Relating to the Assessment and Management of Environmental Noise*, 2002.
- [11] Conference of European Directors of Roads: *Technical Report 2017-03 State of the Art in Managing Road Traffic Noise: Cost-Benefit Analysis and Cost-Effectiveness Analysis*. CEDR's Secretariat, 2017, ISBN 979-10-93321-28-8.
- [12] Davy, John L., Kym Burgemeister y David Hillman: *Wind Turbine Sound Limits: Current Status and Recommendations Based on Mitigating Noise Annoyance*. Applied Acoustics, 140:288--295, Noviembre 2018, ISSN 0003682X.

- [13] Doolan, Con: *A Review of Wind Turbine Noise Perception, Annoyance and Low Frequency Emission*. Wind Engineering, 37(1):97--104, Febrero 2013, ISSN 0309-524X, 2048-402X.
- [14] Dreger, Stefanie, Steffen Schüle, Lisa Hilz y Gabriele Bolte: *Social Inequalities in Environmental Noise Exposure: A Review of Evidence in the WHO European Region*. International Journal of Environmental Research and Public Health, 16(6):1011, Marzo 2019, ISSN 1660-4601.
- [15] European Environment Agency.: *Good Practice Guide on Noise Exposure and Potential Health Effects*. Publications Office, LU, 2010.
- [16] European Environment Agency.: *Noise in Europe 2014*. Publications Office, LU, 2014.
- [17] European Environment Agency.: *Environmental Noise in Europe, 2020*. Publications Office, LU, 2020.
- [18] European Environment Agency. y European Topic Centre for Air Pollution and Climate Change Mitigation.: *Unequal Exposure and Unequal Impacts: Social Vulnerability to Air Pollution, Noise and Extreme Temperatures in Europe*. Publications Office, LU, 2018.
- [19] FOEN: *External Effects of Transport*, 2010.
- [20] Fredianelli, Luca, Stefano Carpita y Gaetano Licitra: *A Procedure for Deriving Wind Turbine Noise Limits by Taking into Account Annoyance*. Science of The Total Environment, 648:728--736, Enero 2019, ISSN 00489697.
- [21] Freiberg, Alice, Christiane Schefter, Maria Girbig, Vanise C. Murta y Andreas Seidler: *Health Effects of Wind Turbines on Humans in Residential Settings: Results of a Scoping Review*. Environmental Research, 169:446--463, Febrero 2019, ISSN 00139351.
- [22] Galilea, Patricia y Juan de Dios Ortúzar: *Valuing Noise Level Reductions in a Residential Location Context*. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 10(4):305--322, Julio 2005, ISSN 13619209.
- [23] grue, Berit: *Housing Prices - Impacts of Exposure to Road Traffic and Location*, 1997.
- [24] Guski, Rainer, Dirk Schreckenberg y Rudolf Schuemer: *WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Annoyance*. International Journal of Environmental Research and Public Health, 14(12):1539, Diciembre 2017, ISSN 1660-4601.
- [25] Huang, Zezhou, Ruishan Chen, Di Xu y Wei Zhou: *Spatial and Hedonic Analysis of Housing Prices in Shanghai*. Habitat International, 67:69--78, Septiembre 2017, ISSN 01973975.
- [26] Istamto, Tiffany, Danny Houthuijs y Erik Lebrecht: *Willingness to Pay to Avoid Health Risks from Road-Traffic-Related Air Pollution and Noise across Five Countries*. Science of The Total Environment, 497-498:420--429, Noviembre 2014, ISSN 00489697.
- [27] Janssen, Sabine A, Henk Vos, Arno R Eisses y Eja Pedersen: *A Comparison between Exposure-Response Relationships for Wind Turbine Annoyance and Annoyance Due to Other Noise Sources*. J. Acoust. Soc. Am., 130(6):9, 2011.
- [28] Jarosińska, Dorota, Marie Ève Héroux, Poonum Wilkhu, James Creswick, Jos Verbeek, Jördis Wothge y Elizabet Paunović: *Development of the WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: An Introduction*. International Journal of Environmental Research and Public Health, 15(4):813, Abril 2018, ISSN 1660-4601.
- [29] Jensen, Cathrine Ulla: *The Vindication of Don Quijote. The Impact of Noise and Visual Pollution from Wind Turbines on Local Residents in Denmark*. Pdf, 2013.
- [30] King, E A y Enda Murphy: *Environmental Noise - 'Forgotten' or 'Ignored' Pollutant?* Applied Acoustics, página 5, 2016.

- [31] Kumar, Kavisha, Hugo Ledoux, Richard Schmidt, Theo Verheij y Jantien Stoter: *A Harmonized Data Model for Noise Simulation in the EU*. ISPRS International Journal of Geo-Information, 9(2):121, Febrero 2020, ISSN 2220-9964.
- [32] Liu, Yong, Bo Xia, Caiyun Cui y Martin Skitmore: *Community Response to Construction Noise in Three Central Cities of Zhejiang Province, China*. Environmental Pollution, 230:1009--1017, Noviembre 2017, ISSN 02697491.
- [33] Michaud, David S., Leonora Marro y James McNamee: *The Association between Self-Reported and Objective Measures of Health and Aggregate Annoyance Scores toward Wind Turbine Installations*. Canadian Journal of Public Health, 109(2):252--260, Abril 2018, ISSN 0008-4263, 1920-7476.
- [34] Miedema, Henk M. E. y Henk Vos: *Noise Annoyance from Stationary Sources: Relationships with Exposure Metric Day-Evening-Night Level (DENL) and Their Confidence Intervals*. The Journal of the Acoustical Society of America, 116(1):334--343, Julio 2004, ISSN 0001-4966.
- [35] Ministerio del Medio Ambiente: *Decreto Supremo N° 38 de 2011 Del Ministerio Del Medio Ambiente "Norma de Emisión de Ruido Generados Por Fuentes Que Indica"*, 2011.
- [36] Morel, J., C. Marquis-Favre y L. A. Gille: *Noise Annoyance Assessment of Various Urban Road Vehicle Pass-by Noises in Isolation and Combined with Industrial Noise: A Laboratory Study*. Applied Acoustics, 101:47--57, Enero 2016, ISSN 0003682X.
- [37] Murphy, Enda: *Current State-of-the-Art and New Directions in Strategic Environmental Noise Mapping*. página 11, 2020.
- [38] Murphy, Enda y Eoin A. King: *An Assessment of Residential Exposure to Environmental Noise at a Shipping Port*. Environment International, 63:207--215, Febrero 2014, ISSN 01604120.
- [39] Murphy, Enda y Eoin A. King: *Environmental Noise Pollution: Noise Mapping, Public Health, and Policy*. Elsevier, Amsterdam ; Boston, first edition edición, 2014, ISBN 978-0-12-411595-8.
- [40] Navrud, Ståle: *The State-of-the-Art on Economic Valuation of Noise*. página 68, 2002.
- [41] Ng, Cheuk Fan: *Effects of Building Construction Noise on Residents: A Quasi-Experiment*. Journal of Environmental Psychology, 20(4):375--385, Diciembre 2000, ISSN 02724944.
- [42] Nieuwenhuijsen, Mark, Gordana Ristovska y Payam Dadvand: *WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Adverse Birth Outcomes*. International Journal of Environmental Research and Public Health, 14(10):1252, Octubre 2017, ISSN 1660-4601.
- [43] Nijland, Hans y Bert van Wee: *Noise Valuation in Ex-Ante Evaluations of Major Road and Railroad Projects*. página 11, 2008.
- [44] Nijland, Hans Arnold: *Theory and Practice of the Assessment and Valuation of Noise from Roads and Railroads in Europe*. TRAIL Research School, Delft, 2008, ISBN 978-90-5584-104-2.
- [45] Onakpoya, Igho J., Jack O'Sullivan, Matthew J. Thompson y Carl J. Heneghan: *The Effect of Wind Turbine Noise on Sleep and Quality of Life: A Systematic Review and Meta-Analysis of Observational Studies*. Environment International, 82:1--9, Septiembre 2015, ISSN 01604120.
- [46] Organization, World Health: *Environmental Health Inequalities Resource Package*, 2019.
- [47] Ottoz, Elisabetta, Lorenzo Rizzi y Francesco Nastasi: *Recreational Noise: Impact and Costs for Annoyed Residents in Milan and Turin*. Applied Acoustics, 133:173--181, Abril 2018, ISSN 0003682X.

- [48] Shannon, Graeme, Megan F. McKenna, Lisa M. Angeloni, Kevin R. Crooks, Kurt M. Fristrup, Emma Brown, Katy A. Warner, Misty D. Nelson, Cecilia White, Jessica Briggs, Scott McFarland y George Wittemyer: *A Synthesis of Two Decades of Research Documenting the Effects of Noise on Wildlife: Effects of Anthropogenic Noise on Wildlife*. *Biological Reviews*, 91(4):982--1005, Noviembre 2016, ISSN 14647931.
- [49] Sherwin, Rosen: *Hedonic Prices and Implicit Markets: Product Differentiation in Pure Competition*. *Journal of Political Economy*, 82(1):34--55, Enero 1974, ISSN 0022-3808, 1537-534X.
- [50] Sordello, Romain, Ophélie Ratel, Frédérique Flamerie De Lachapelle, Clément Leger, Alexis Dambry y Sylvie Vanpeene: *Evidence of the Impact of Noise Pollution on Biodiversity: A Systematic Map*. *Environmental Evidence*, 9(1):20, Diciembre 2020, ISSN 2047-2382.
- [51] van Kempen, Elise, Maribel Casas, Göran Pershagen y Maria Foraster: *WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Cardiovascular and Metabolic Effects: A Summary*. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, página 59, 2018.
- [52] Vidaña-Vila, Ester, Leticia Duboc, Rosa Ma Alsina-Pagès, Francesc Polls y Harold Vargas: *BCNDataset: Description and Analysis of an Annotated Night Urban Leisure Sound Dataset*. *Sustainability*, 12(19):8140, Octubre 2020, ISSN 2071-1050.
- [53] Weinstein, Neil D: *Individual Differences in Reactions to Noise: A Longitudinal Study in a College Dormitory*. página 9, 1978.
- [54] WGHSEA: *Valuation of Noise. Position Paper DG Environment Working Group on Socio-Economic Aspects and Health, Brussels, 2003*.
- [55] World Health Organization Regional Office for Europe: *Environmental Noise Guidelines for the European Region*. 2018, ISBN 978-92-890-5356-3.
- [56] Zambrano-Monserrate, Manuel A. y María Alejandra Ruano: *Does Environmental Noise Affect Housing Rental Prices in Developing Countries? Evidence from Ecuador*. *Land Use Policy*, 87:104059, Septiembre 2019, ISSN 02648377.
- [57] Zimmer, Karin y Wolfgang, Ellermeier: *Ein Kurzfragebogen zur Erfassung der Lärmempfindlichkeit*.