



doi: 10.4321/s0465-546x2022000100004

Revisión sistemática

# **Pérdida auditiva y exposición laboral a ruido en minería: una revisión sistemática**

## Occupational hearing loss and noise exposure in mining: a systematic review

Beatriz Casal-Pardo<sup>1</sup>

Norma Elisa Jasso-Gascón<sup>2</sup>

Rebeca Preciados-Sola<sup>2</sup>

Karina Reinoso-García<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Hospital Universitario Puerta del Hierro, Servicio de Prevención y Riesgos Laborales, Majadahonda, España.

<sup>2</sup>Hospital Universitario Ramón y Cajal, Servicio de Prevención y Riesgos Laborales, Madrid, España.

<sup>3</sup>Hospital Universitario Gregorio Marañón, Servicio de Prevención y Riesgos Laborales, Madrid, España.

---

### **Correspondencia**

Beatriz Casal Pardo  
[beatriz.casal@salud.madrid.org](mailto:beatriz.casal@salud.madrid.org)

---

**Recibido:** 15.03.2022

**Aceptado:** 28.03.2022

**Publicado:** 30.03.2022

---

### **Contribución de autoría**

Cada una de las autoras ha contribuido por igual a la realización de la presente revisión.

---

### **Agradecimientos**

A Juan Manuel Castellote, profesor de la Universidad Complutense de Madrid por tutorizar esta revisión. Javier Sanz-Valero profesor en la Escuela Nacional de Medicina del Trabajo del Instituto de Salud Carlos III (Madrid, España) por sus aclaraciones sobre la metodología de las revisiones sistemáticas.

Este trabajo se ha desarrollado dentro del Programa Científico de la Escuela Nacional de Medicina del Trabajo del Instituto de Salud Carlos III en convenio con la Unidad Docente de la Comunidad de Madrid.

---

### **Financiación**

Este trabajo no contó con ningún tipo de financiación.

---

### **Conflicto de intereses**

Las autoras de esta revisión declaran ausencia de conflicto de intereses.

---

### **Cómo citar este trabajo**

Casal-Pardo B, Jasso-Gascón NE, Preciados-Sola R, Reinoso-García K. Pérdida auditiva y exposición laboral a ruido en minería: una revisión sistemática. *Med Segur Trab (Internet)*. 2022;68(266):36-55. doi: 10.4321/s0465-546x2022000100004

## Resumen

**Objetivo:** Revisar y analizar la pérdida auditiva derivada de la exposición laboral a ruido en los trabajadores del sector de la minería.

**Método:** Análisis crítico de los trabajos recuperados mediante revisión sistemática en MEDLINE (PubMed), EMBASE, Cochrane Library, Scopus, Web of Science, LILACS, MEDES y TESEO hasta noviembre de 2021. La ecuación de búsqueda se formuló mediante los descriptores «Mining», «Occupational noise» y «Occupational Hearing Loss», utilizando también los DeCs, Entry Terms, términos del Diccionario Embase relacionados y los filtros: «2006» y «English», «Spanish», «French» y «Portuguese». La calidad de los artículos se evaluó mediante el cuestionario STROBE y el nivel de evidencia y grado de recomendación mediante los criterios SIGN.

**Resultados:** De las 703 referencias recuperadas (todas digitalmente) tras aplicar los criterios de inclusión y exclusión, se seleccionaron 13 artículos. La evaluación mediante STROBE dio una media de 14.90 y según los criterios SIGN se obtuvo un grado de evidencia 3 y recomendación D. La obsolescencia de las publicaciones fue moderada (semiperiodo de Burton-Kebler: 6.00; índice de Price: 23,08%).

**Conclusiones:** Los trabajos revisados presentaron un índice de obsolescencia adecuado sin embargo, su grado de evidencia y recomendación impidieron asegurar por completo la validez y fiabilidad de las observaciones realizadas. Los resultados mostraron asociación entre la exposición laboral a ruido y la pérdida auditiva entre los trabajadores del sector minero.

---

**Palabras clave:** Minería; Ruido en el Ambiente de Trabajo; Pérdida Auditiva Ocupacional.

## Abstract

**Objective:** To systematically review and analyze the occupational noise induced hearing loss in the mining industry workers.

**Method:** Critical analysis of studies retrieved by systematic review of MEDLINE (PubMed), EMBASE, Cochrane Library, Scopus, Web of Science, LILACS, MEDES and TESEO through November 2021. The search strategy was developed by means of the descriptors «Mining», «Occupational Noise» and «Occupational Hearing Loss», as well as by using related DeCs Terms, entry Terms, Embase's dictionary and the filters «from 2006» and English», «Spanish», «French» y «Portuguese ». Study quality was assessed using the STROBE questionnaire, and the level of evidence and grade of recommendation via the SIGN criteria.

**Results:** Out of 703 references identified (all digitally) and after applying the inclusion and exclusion criteria, 13 articles were selected. The STROBE evaluation yielded a mean score of 14.90, and the SIGN criteria a 3 level of evidence and a D grade of recommendation. Article obsolescence was moderate (Burton-Kebler half-life: 6.00; Price index: 23.08%).

**Conclusions:** This systematic review revealed an adequate level of obsolescence but degrees of evidence and recommendation limit the validity and reliability of the observations. Results indicated an association between occupational noise exposure and hearing loss in workers from the mining industry.

---

**Keywords:** Mining; Occupational Noise; Occupational Hearing Loss Noise - Induced.

## Introducción

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define a una persona con pérdida auditiva a aquella que difiere del umbral auditivo normal (umbrales auditivos de 20 dB o mejores en ambos oídos). Esta pérdida auditiva se estima que afecta hasta a un 5% de la población mundial<sup>(1)</sup>.

Existen diversos agentes causales que se relacionan directamente con la pérdida auditiva: factores genéticos, envejecimiento, medicamentos y otras sustancias ototóxicas, entre otros. Entre estas causas, el ruido es el agente que con mayor preponderancia se relaciona con la pérdida auditiva. La exposición a ruido tanto intermitente como continua puede producir de forma progresiva y gradual una alteración auditiva, llegando a ocasionar incluso sordera entre las personas expuestas.

Ya en 1713 Bernardo Ramazzini describió en su obra “De Morbis Artificum Diatriba” cómo los trabajadores del cobre expuestos al ruido que generaba el golpeteo del martillo sobre el metal perdían la audición a través de los años. Sin embargo, no es hasta la revolución industrial, cuando se observa que el ruido es un factor de riesgo a tomar en cuenta en la producción de alteraciones de salud de los trabajadores, ya que es el momento en el que se comienza a sustituir la fuerza humana por máquinas, que generan un aumento en los niveles de ruido en las diferentes áreas de trabajo<sup>(2)</sup>. En la actualidad, se ha objetivado que el ruido no solo produce efectos negativos sobre el aparato auditivo, sino también sobre otros elementos del organismo como: daños en el sistema cardiaco, ritmo circulatorio, tensión arterial, sistema respiratorio, sistema digestivo o el sistema neurovegetativo. En la esfera biopsicosocial se sabe que perjudica las fases del sueño, la comunicación oral, las relaciones personales e indirectamente el rendimiento en el trabajo debido a un aumento del estrés y la irritabilidad<sup>(2)</sup>.

Actualmente, se tiene un mayor conocimiento de los efectos adversos del ruido, su correlación con el tiempo de exposición, como se menciona en la revisión realizada por Zhou *et al.* en China<sup>(3)</sup> en donde se confirma la asociación directa entre el nivel y el tiempo de exposición a ruido con el grado de pérdida auditiva de los trabajadores, y a su vez la relación con los factores individuales tales como sexo y edad; así como se describen las medidas de prevención necesarias para evitarlo, como se refleja en la revisión realizada por Moroe *et al.* en África donde se concluye la gran necesidad de implantar programas para la conservación auditiva en el sector de la minería como recurso preventivo y así disminuir la incidencia de pérdida auditiva en los trabajadores de este sector<sup>(4)</sup>.

Dada la importancia del sector de la minería en la economía mundial, se establece desde la OIT el Convenio 176 sobre seguridad y salud en las minas de 1995, que especifica las medidas preventivas a adoptar por el empleador para asegurarse de evaluar y tratar los riesgos del trabajo, así como de llevar a cabo de manera sistemática la vigilancia de la salud de los trabajadores expuestos a los riesgos propios de las actividades mineras<sup>(5)</sup>. El ruido ocupacional sigue siendo un tema de actualidad. Tal es así que se ha desarrollado una amplia normativa para la protección de los trabajadores ante este riesgo de exposición como lo menciona, la Directiva 2003/10/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 6 de febrero de 2003, que determina las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (ruido) así como protección auditiva para los trabajadores expuestos y su formación, disminuyendo cualquier riesgo para el oído<sup>(6)</sup>.

En 2015, el 25% de la población mundial presentó pérdida de audición debida al ruido excesivo en su ámbito laboral<sup>(7)</sup> y según datos de la CDC, dentro del ámbito de la industria, la minería ocupa el sector con mayor prevalencia de daño auditivo<sup>(8)</sup>.

Ya que se trata de una consecuencia irreversible en el trabajador su única solución son las medidas preventivas que puedan establecerse, por lo que en el sector de la minería en España se encuentra el RD 863/1985 del 02 de abril sobre Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera, artículo 169, con las medidas que tengan como objeto garantizar la seguridad y salud de los trabajadores<sup>(9)</sup>. Además, la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA) plantea que aquellos trabajadores que se encuentren expuestos ocho horas al día a 85 db deberán de integrarse en un programa de protección auditiva<sup>(10)</sup>. Dentro de este programa se incluyen las pruebas audiométricas, los requisitos para realizar estas pruebas y la calibración de equipos.

En España, la normativa vigente se encuentra enmarcada en el “Real Decreto 286/2006, el 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido” buscando la misma finalidad que la Directiva 2003/10/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 6 de febrero de 2003<sup>(11)</sup>.

Existen muchos estudios respecto a los efectos del ruido en general y también sobre la eficacia de las diferentes medidas preventivas existentes para la protección auditiva tanto en la población minera como industrial en general. Según el Centro de Control de Enfermedades de los Estados Unidos, se realizó un estudio en trabajadores expuestos a ruido ocupacional de alto riesgo, en donde se comparó la prevalencia de pérdida auditiva en nueve sectores de la industria, encontrándose que el sector de la minería tuvo la más alta prevalencia de trabajadores con cualquier grado de daño auditivo (17%), seguido por los sectores de la construcción (16%) y la manufactura (14%)<sup>(12)</sup>, motivo por el cual se considera necesaria una actualización en lo relativo a dicho tema en base a estudios que valoren específicamente las alteraciones auditivas debidas al ruido en el sector de la minería. Con ello se espera mejorar el conocimiento respecto a la correcta evaluación del riesgo de estos trabajadores y una mejora en el diseño de estrategias preventivas. Por ello la presente revisión sistemática tiene como objetivo valorar y analizar los artículos originales publicados sobre la exposición laboral al ruido y la pérdida auditiva en los trabajadores del sector de la minería.

## Métodos

### Diseño

El presente trabajo es un estudio descriptivo transversal incluyendo un análisis crítico de los registros recuperados mediante revisión sistemática.

La estructura de esta sigue la guía de comprobación para revisiones sistemáticas Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses (PRISMA)<sup>(13,14)</sup>.

### Fuentes de obtención de los datos

Los datos se obtuvieron de la consulta directa y acceso en línea, a las siguientes bases de datos bibliográficas del ámbito de las ciencias de la salud: Cochrane Library, Embase, Literatura Latinoamericana y del Caribe en Ciencias de la Salud (LILACS), Medicina en Español (MEDES), Medline a través de la plataforma Pubmed, Scopus, Web of Science, y la Base de Datos de Tesis Doctorales (TESEO).

### Unidad de análisis

Se trabajó con los artículos publicados y recuperados desde las mencionadas bases de datos bibliográficas.

### Tratamiento de la información

Para definir los términos de la búsqueda se consultó el Thesaurus de los Descriptores en Ciencias de la Salud (DeCS) desarrollado por el Centro Latinoamericano y del Caribe de Información en Ciencias Médicas (BIREME) y su equivalencia con el establecido por la U.S. National Library of Medicine, los Medical Subject Headings (MeSH) así como el Thesaurus y el diccionario de la base de datos bibliográficos Embase<sup>(15)</sup>.

A partir del estudio jerárquico de estos Thesaurus y sus fichas de indización se confeccionaron las siguientes ecuaciones de búsqueda:

**a. Población** – “Mineros (Miners)”: Personas que trabajan en una mina para extraer el mineral o minerales de la tierra. Dentro de este grupo se seleccionó la población adulta. Se incluyó este matiz en la ecuación de búsqueda y no en el cribado de los resultados mediante filtros con el fin de recuperar el máximo número de registros posible.

("mining"[Mesh] OR "mining"[Title/Abstract] OR "miners"[MeSH] OR "miner"[Title/Abstract] OR "mine worker"[Title/Abstract] OR "mineworker"[Title/Abstract] NOT "minors"[MeSH] NOT "minors"[Title/Abstract] NOT "child"[MeSH] NOT "adolescent"[MeSH] NOT "child"[Title/Abstract] NOT "adolescent"[Title/Abstract] NOT "juvenile"[Title/Abstract] NOT ("animals"[MeSH] NOT "humans"[MeSH]) NOT ("animals"[Title/Abstract] NOT "humans"[Title/Abstract]))

**b. Intervención** – "Ruido en el Ambiente de Trabajo (Noise, Occupational)": Ruidos presentes en situaciones laborales e industriales. Se consideró pertinente incluir en la ecuación el término "ruido (noise)", para evitar despreciar literatura. En el caso de aparecer el término "ruido (noise)" junto con alguno de los definitorios de la población de interés consideramos que con alta probabilidad se trataría de una exposición ocupacional.

("Noise, Occupational" [Mesh] OR "Noise, Occupational" [Title/Abstract] OR "noise"[Title/Abstract] OR "noise"[MeSH])

**c. Resultado** – "Pérdida Auditiva Provocada por Ruido (Hearing Loss Noise-Induced)": Pérdida auditiva producida por exposición a ruidos fuertes o exposición crónica a niveles de sonidos por encima de los 85 dB. A menudo, la pérdida auditiva se da en la escala de frecuencias de 4000-6000 Hz. De nuevo con el fin de no perder literatura pertinente se incluyó también el descriptor "Pérdida Auditiva (Hearing Loss)".

("Hearing loss"[Mesh] OR "hearing loss"[Title/Abstract] OR "Hearing Impairment"[Title/Abstract] OR "Deaf"[Title/Abstract] OR "retrocochlear loss"[Title/Abstract] OR "hypoacusia"[Title/Abstract] OR "hardness of hearing"[Title/Abstract] OR "Hearing Loss, Noise-Induced"[Title/Abstract] OR "auditory defect"[Title/Abstract] OR "hearing damage"[Title/Abstract] OR "hearing difficulty"[Title/Abstract] OR "hypoacusia"[Title/Abstract] OR "impaired hearing"[Title/Abstract])

Las ecuaciones finales de búsqueda se desarrollaron mediante la unión booleana de las 3 ecuaciones: Población AND Intervención AND Resultado. La primera de ellas se generó para su empleo en Pubmed utilizando concretamente las ecuaciones previas. A continuación se aplicaron los filtros: español ("Spanish"), inglés ("English"), portugués ("Portuguese") y francés ("French") y "MEDLINE".

Esta estrategia se adaptó, posteriormente, a las características propias del resto de bases de datos consultadas. En las bases de datos LILACS, MEDES y TESEO fue necesaria la búsqueda de los términos en español.

La búsqueda abarcó desde el 1 de enero de 2006 hasta el 5 de noviembre de 2021 y se completó con el examen del listado bibliográfico de los artículos que fueron seleccionados.

## Selección final de los artículos

Se escogieron, para la revisión y análisis crítico, los artículos que cumplieron los siguientes criterios:

- Inclusión: artículos originales, adecuarse a los objetivos de la búsqueda, publicación posterior al 1 de enero de 2006 y redactados en inglés, español, francés o portugués.
- Exclusión: artículos cuyo texto completo no pueda conseguirse, en los que no exista relación entre la intervención y el resultado a estudio (criterio de causalidad: exposición laboral a ruido) y los que incluyan población no adulta (menores de 18 años).

La selección de artículos pertinentes se realizó por las autoras de la presente revisión, de forma que cada uno era valorado por dos autoras de forma separada. Para dar por válida la inclusión de los artículos, se estableció que la valoración de la concordancia entre dos de las autoras (índice Kappa) debía ser superior a 0,60<sup>(16)</sup>. Siempre que se cumpliera esta condición, las posibles discordancias se solucionarían mediante consenso entre todas las autoras de la revisión.

## Corrección documental, nivel de evidencia y grado de recomendación

La adecuación de los artículos seleccionados, desde el punto de vista de su corrección estructural, se valoró mediante las pautas para estudios observacionales STROBE (Strengthening the Reporting of Observational studies in Epidemiology)<sup>(17)</sup> que contiene una lista de 22 puntos de control esenciales

en artículos de este tipo. Para cada artículo seleccionado, se asignó un punto por cada ítem presente (en caso de no ser aplicable no puntuó y se calificó como “NA” (No Aplica). Cuando un ítem estuvo compuesto por varios apartados, éstos se evaluaron de forma independiente, dándole el mismo valor a cada uno de ellos. Posteriormente se realizó un promedio (siendo éste el resultado final de ese ítem), de tal forma que en ningún caso se superó la valoración total de un punto por ítem. La valoración se llevó a cabo por las 4 autoras simultáneamente y las discordancias fueron solventadas por consenso en ese mismo momento con el fin de que las valoraciones mediante el STROBE fuesen homogéneas y, por tanto, comparable. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 1.

Para conocer el nivel de evidencia y su grado de recomendación se usaron las recomendaciones del Scottish Intercollegiate Guidelines Network Grading Review Group (SIGN)<sup>(18)</sup>.

### **Extracción de los datos**

La depuración de los registros duplicados (presentes en más de una base de datos) se ejecutó mediante el programa multiplataforma ZOTERO (gestor de referencias bibliográficas desarrollado por el Center for History and New Media de la Universidad George Mason).

### **Análisis de los datos**

Los datos relacionados con la recuperación de la información se presentaron mediante su frecuencia y porcentaje. Los artículos se expusieron por orden alfabético del autor.

Para determinar la actualidad de los estudios, se calculó el semiperiodo de Burton-Kebler (BK) y el índice de Price (IP).

Para conocer el BK se calculó la mediana de la edad según rango temporal analizado y el IP mediante el porcentaje de artículos con edad inferior a los 5 años.

La medida de la concordancia para conocer la pertinencia de la selección de los artículos se realizó mediante el IK. Se consideró válida esta relación entre autores cuando su valor fuera superior al 60% (fuerza de la concordancia buena o muy buena).

Las puntuaciones del cuestionario STROBE se analizaron mediante la media, ya que no se pudo rechazar la hipótesis de normalidad en la distribución de las puntuaciones (Anderson-Darling,  $p=0.7839$ ); su máximo y su mínimo. La evolución de este puntaje, en relación a los años de publicación, se obtuvo mediante el análisis de correlación de Pearson.

### **Aspectos éticos**

Todos los datos fueron obtenidos de los artículos aceptados para la revisión. Por tanto, y conforme con la Ley 14/2007, de investigación biomédica<sup>(19)</sup>, no fue necesaria la aprobación del Comité de Ética al utilizar datos secundarios.

## **Resultados**

### **Selección de artículos**

Al aplicar las ecuaciones de búsqueda se recuperaron un total de 703 registros: 3 en Cochrane Library (0.43%), 203 en Embase (28.88%), 142 vía Pubmed (20.20%), 170 en Scopus (24.18%), 185 en Web of Science (26.32%). No se obtuvo ningún resultado en las bases de datos LILACS, MEDES o TESEO.

Tras aplicar los filtros de idioma, “MEDLINE” vía Pubmed, “Web of Science Core Collection” en Web of Science y “not MEDLINE” en Scopus, se redujeron a 453 resultados: 84 (18.54%) en MEDLINE (vía Pubmed), 3 (0.66%) en Cochrane Library, 43 (9.49%) en Embase, 180 (39.74%) en Web of Science Core Collection y 143 (31.57%) en Scopus (excluyendo MEDLINE).

Se detectaron 140 registros repetidos mediante Zotero que fueron eliminados y 13 registros manualmente no disponibles en los idiomas seleccionados que fueron descartados, quedando 300 registros.

Los 300 registros serán sometidos a una revisión por pares, aplicando los criterios de inclusión y exclusión previamente expuestos. La revisión por pares se realizará por las autoras agrupadas 2 a 2. Los resultados serán: 18 registros incluidos por unanimidad, 270 excluidos por unanimidad y 12 registros con discordancias respecto a la pertinencia de su inclusión. Estas diferencias se resolverán mediante consenso entre las 4 autoras descartando 11 registros y conservando 1 de ellos. Se seleccionarán los restantes 13 artículos para su revisión y análisis crítico.

La estructura de esta revisión sistemática ha seguido la guía de comprobación para revisiones sistemáticas Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA), de la cual hemos obtenido el siguiente diagrama de flujo.

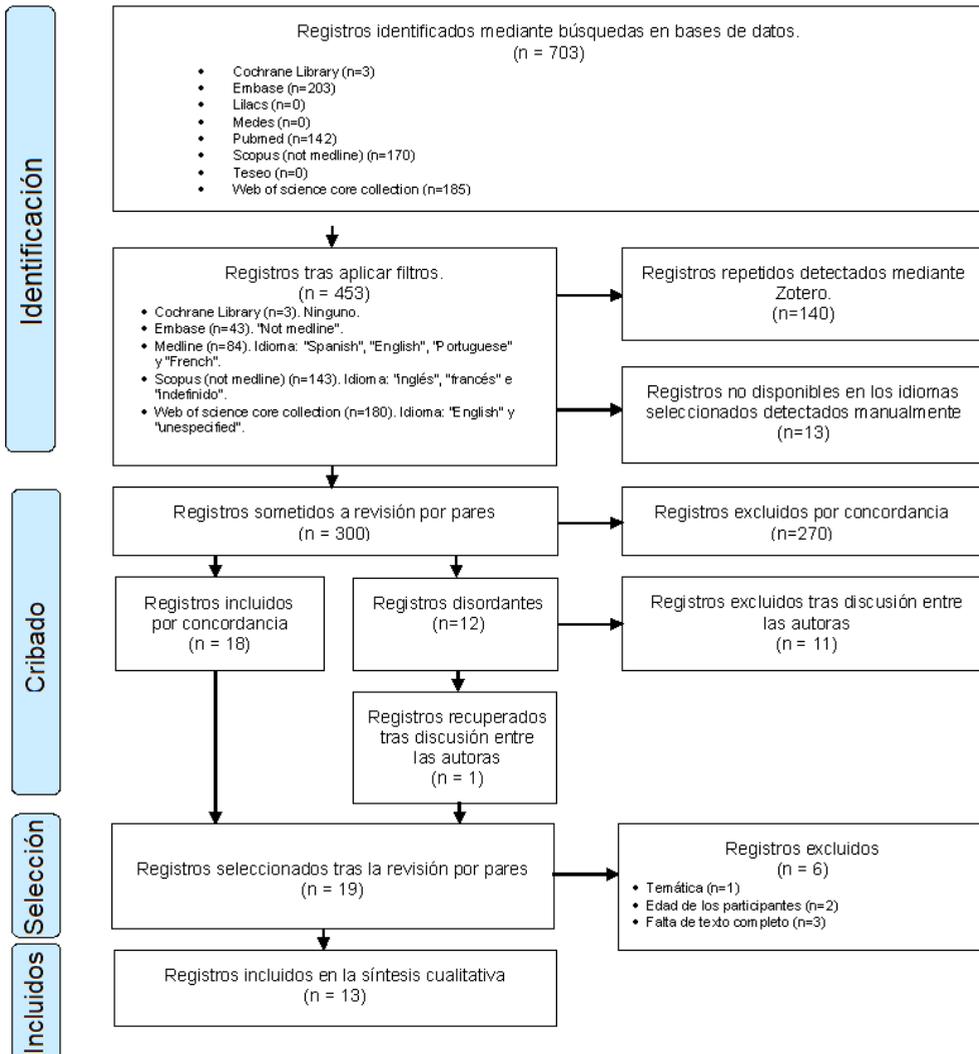


Figura 1: Diagrama de flujo de la identificación y selección de los artículos

**Tabla 1:** Análisis de calidad documental (valoración de la guía STROBE).

Artículo	Puntuación del cuestionario <sup>a</sup>																						TOTAL	% <sup>b</sup>
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22		
Brigic <i>et al.</i> <sup>(20)</sup>	0.5	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	NA	0.33	0.5	1	0.33	0	1	0	0	0	0	12.66	60.28
Chadambuka <i>et al.</i> <sup>(21)</sup>	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0.4	0.33	0.5	1	0.33	1	1	1	1	0	1	17.56	79.81
Grobler <i>et al.</i> <sup>(22)</sup>	0.5	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0.6	0.33	0.66	1	0.33	1	1	1	1	1	1	18.42	83.72
Gyamfi <i>et al.</i> <sup>(23)</sup>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.6	0.33	0.5	1	0.66	1	1	1	1	1	1	20.09	91.31
Kerketta <i>et al.</i> <sup>(24)</sup>	0.5	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0.6	0.33	0.5	1	0	0	1	0	1	0	1	14.93	67.86
Kerketta <i>et al.</i> <sup>(25)</sup>	0.5	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0.33	0.33	1	0.66	1	1	0	1	0	0	15.88	71.90
Liu <i>et al.</i> <sup>(26)</sup>	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0.6	0.33	0.5	1	0.66	1	1	1	1	1	1	19.09	86.77
Musiba. <sup>(27)</sup>	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0.2	0.33	0.5	1	0.33	1	1	1	1	0	0	16.36	74.36
Nikulin <i>et al.</i> <sup>(28)</sup>	0.5	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	NA	0.33	0.5	1	0	0	1	0	0	0	0	11.33	53.95
Ntlhakana <i>et al.</i> <sup>(29)</sup>	0.5	1	1	0	1	0.5	1	1	0	1	1	0.4	0.66	0.66	1	0.66	1	1	1	1	0	1	16.38	74.45
Onder <i>et al.</i> <sup>(30)</sup>	0.5	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0.6	0.66	0.5	1	0.33	0	1	0	1	0	0	13.59	61.77
Tripathya y Rao <sup>(31)</sup>	0.5	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	NA	0.33	0	1	0.33	1	1	0	0	0	0	10.16	48.38
Yılmaz. <sup>(32)</sup>	0.5	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	NA	0.33	0	1	0	0	1	0	1	0	0	7.83	37.28

<sup>a</sup> 0= no cumple el ítem ni ninguna de sus partes; 1= cumple el ítem en su totalidad; 0 a 1= cumple parcialmente el ítem; NA: no aplica.

<sup>b</sup> Porcentaje de cumplimiento total de ítems excluyendo los que no aplican (NA).

Tabla 2: Resumen de la evidencia.

Autores Año País	Diseño Población	Tamaño muestral Edad Periodo	Exposición	Variables recogidas	Desenlace	Resultados/ conclusiones
Brigic <i>et al.</i> <sup>(20)</sup> 2012 Bosnia Herzegovina	Transversal Trabajadores en minas a cielo abierto.	N1=589 (2004) N2=798 (2007) N3=880 (2009) Edad no consta Periodo: 2004--2010	Exposición laboral a ruido estimada mediante programa predictivo expresada en dBA.	Tipo de trabajador, años trabajados.	Efectos perjudiciales para la salud: pérdida auditiva (categorizada en niveles), trastorno de estrés postraumático, neurosis, insomnio, hipertensión, bradicardia, taquicardia, obesidad, angina, hiperlipoproteíemia, síndrome postinfarto de miocardio, evaluado mediante cuestionarios.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se recomienda cambiar el límite legal que obliga a la protección auditiva de 85 dBA a 83 dBA.</li> </ul>
Chadambuka <i>et al.</i> <sup>(21)</sup> 2013 Zimbabwe	Transversal Trabajadores de la industria minera.	N=169 Edad: 19--63 años Periodo: Febrero a Marzo de 2012	Exposición laboral a ruido medida con audímetro Kample (Modelo 27) en diferentes posiciones dentro del lugar de trabajo.	Variables demográficas, de conocimiento de la protección auditiva, síntomas relacionados con la pérdida auditiva, prácticas relacionadas con la protección auditiva, puesto de trabajo.	Grado y tipo de pérdida auditiva inducida por ruido según la clasificación de Goodman y Carhart.	<ul style="list-style-type: none"> <li>La planta de procesamiento, minería subterránea y taller subterráneo presentaron niveles de ruido superiores a los 90dBA permitidos (94, 102 y 103 dBA) para un periodo de 8h.</li> <li>36.7% presentaron pérdida auditiva debida a ruido (66.% leve, 27.4% moderada, 6.5% severa). La prevalencia de la pérdida auditiva aumentó con la edad y la duración de la exposición. La mayoría de ellos (58.1% trabajaban bajo tierra)</li> </ul>
Grobler <i>et al.</i> <sup>(22)</sup> 2020 Sudáfrica	Cohorte retrospectivo Trabajadores en una de las 7 minas del AngloGold Ashanti Group.	N1 (no expuestos) =951 N2 (expuestos a >85dBA)=1632 Edad: 19-61 años Periodo: 2001-2008	Exposición laboral al ruido diferenciando en 4 grupos: en superficie >=85dBA, subterránea >=85dBA, sin exposición al ruido y exposición incierta.	Edad, puesto de trabajo, experiencia, raza y género.	Pérdida auditiva determinada por audiometría (RA 600 Tipo 4) y cascos TDH39 determinando el umbral auditivo con bajas y altas frecuencias en ambos oídos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>El aumento anual en el umbral auditivo fue significativo (Regresión mixta: p&lt;0.001) para cada grupo de exposición tanto ajustando como no por edad. El aumento fue significativamente mayor en el grupo expuesto a ruido.</li> <li>El ruido es un factor significativamente influyente en la pérdida auditiva laboral.</li> <li>Los valores basales de umbral auditivo eran significativamente mayores en el grupo expuesto a ruido.</li> </ul>
Gyamfi <i>et al.</i> <sup>(23)</sup> 2016 Ghana	Transversal Trabajadores de una de las 5 canteras del Distrito Este de Ashanti, con >6 años de antigüedad.	N=400 Edad: 18-70 años Periodo: Abril a Junio de 2012	Exposición laboral al ruido medida con audiómetro Casella.	Edad, duración de la exposición, género, características basales tales como religión y uso de cascos.	Pérdida auditiva determinada con audiometría de tonos puros, clasificada según su severidad en leve, moderada, moderada severa, severa y profunda. Se comprobó la presencia de una cuña a 4kHz.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Todas las máquinas empleadas en las diferentes canteras generaban ruido por encima de los límites establecidos en Ghana de 85 dBA con niveles entre 85.5 y 102.7 dBA.</li> <li>176 (44%) de los respondedores presentaban un umbral auditivo &gt;25dBA. Un 18% de ellos moderado (41-55dBA) y un 2% severo (71-90dBA).</li> <li>Edad, duración del trabajo y uso de cascos son predictores independientes de la pérdida auditiva.</li> <li>Edad y duración actúan como factores de riesgo y presentaron una interacción significativa (Regresión lineal: p=0.05)</li> <li>El uso de cascos es protector frente a la pérdida de audición (OR=0.45%; CI=0.25-0.84)</li> </ul>
Kerketta <i>et al.</i> <sup>(24)</sup> 2016 India	Cohorte retrospectiva Trabajadores en minas de cromita a cielo abierto.	N=500 Edad: 29-59 años Periodo: 2002-2008	Exposición laboral a ruido estimada en función del número de años trabajados: 8 categorías de 5 en 5 años hasta >35.	Puesto de trabajo y edad de los trabajadores.	Pérdida auditiva (25-49 dBA y >40 dBA) para 4,6 y 8kHz en oído derecho e izquierdo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>No hay diferencia significativa respecto a la pérdida auditiva entre oído derecho e izquierdo para las diferentes frecuencias (T Student para datos apareados: 4kHz, p=0.728; 6kHz, 0.796; 8kHz, p=0.416), diferentes edades, años trabajados o puestos de trabajo (ANOVA: p=0.000 para cada todas las categorías)</li> <li>La pérdida auditiva varía con los años trabajados (ANOVA: p=0.000). El grupo más significativo es 25-30 años para el oído derecho y 30-35 para el izquierdo (Análisis de Gabriel).</li> <li>La pérdida auditiva varía en función del puesto de trabajo (ANOVA: p=0.000). La zona de trabajo es la más significativa (Análisis de Gabriel).</li> </ul>
Kerketta <i>et al.</i> <sup>(25)</sup> 2012 India	Transversal Trabajadores en minas de cromita a cielo abierto.	N=500 Edad: 29-59 años. Periodo 2002-2008	Exposición laboral a ruido medida con sonómetro digital situado a 1.2-1.5 m sobre la superficie y a 6m de la carretera evitando variaciones de sonido ambiental >10 dBA.	Sonido ambiental, sonido máximo medido durante al menos el 10% de tiempo registrado y sonido equivalente durante un periodo, las tres calculadas por estimación. Se diferenció también entre: edad, experiencia laboral, zonas de trabajo.	Pérdida auditiva medida mediante audiometría (TRIVENI TAM-25 6025A) determinando el umbral auditivo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los trabajadores fueron expuestos a niveles de ruido que superaban los 95dBA fijados para maquinarias de movimiento de tierras de gran y mediano peso durante más del 10% del tiempo monitorizado.</li> <li>La pérdida auditiva aumentaba cada 10 años de edad y cada 5 años de experiencia laboral a altas frecuencias.</li> <li>La edad y los años de experiencia se asociaron significativamente con la pérdida auditiva para frecuencias de 4,6 y 8kHz. (Chi cuadrado p&lt;0.001 y p&gt;0.001).</li> <li>La pérdida auditiva solo se asoció significativamente con la zona de trabajo para 6kHz (Chi cuadrado, p=0.042).</li> </ul>

Autores Año País	Diseño Población	Tamaño muestral Edad Periodo	Exposición	Variables recogidas	Desenlace	Resultados/ conclusiones
Liu <i>et al.</i> <sup>(26)</sup> 2016 China	Transversal Empleados de Datun Xuzhou Coal Company (empresa minera del carbón) con >10 años de antigüedad.	N1 (expuestos)= 360 N2 (control)= 378 Edad no consta Periodo: no consta	Exposición laboral a ruido medida con audímetro Noise Pro, Quest, Oconomowoc, WI).	Edad, sexo, duración del trabajo, hábito tabáquico, hábito alcohólico, uso de equipo de protección estado de salud pasado y actual, tensión arterial sistólica, diastólica, hipertensión, historia familiar de enfermedades cardiovasculares y uso de fármacos ototóxicos, glucosa capilar, colesterol total, HDL, LDL, triglicéridos.	Pérdida auditiva determinada mediante audiometría de tonos puros bilateral para baja frecuencia y alta frecuencia repetidas al menos 3 veces.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Todos los trabajadores incluidos en el estudio fueron expuestos a ruido entre los 60 y 110 dBA.</li> <li>• La pérdida auditiva para frecuencias bajas fue significativamente mayor en el grupo expuesto a ruido que en el control. (OR 1.81, 95% CI= 1.10-2.96, p=0.015).</li> <li>• Se encontró una muesca auditiva entre los 3 y 6 kHz.</li> <li>• Los valores umbral para altas frecuencias fueron significativamente peores.</li> </ul>
Musiba. <sup>(27)</sup> 2015 Tanzania	Transversal Trabajadores de una compañía mayor de minería de oro.	N=246 Edad: >19 años. Periodo: no consta	Exposición laboral a ruido calculada como los dBA medios ponderados durante 8h.	Sexo, edad, años de exposición, trabajadores en superficie o bajo tierra.	Pérdida auditiva aceptable, moderada y pobre determinada mediante audiometría (Modelo Interacústico A216).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La prevalencia de pérdida auditiva inducida por ruido fue 47% (37% leve y 12% audición pobre)</li> <li>• 70% presentaban una exposición laboral a ruido previa y 51% tenían pérdida auditiva inducida por el ruido. Este grupo presentaba una proporción más alta de audición pobre (17%, Chi cuadrado, p&lt;0.05).</li> <li>• Se encontró una diferencia significativa entre trabajadores subterráneos y en superficie, presentando los primeros mayor prevalencia de pérdida auditiva (Chi cuadrado, p&lt;0.01).</li> <li>• El grupo de edad más joven (20-29) presentó la prevalencia más alta de pérdida auditiva inducida por ruido (60%).</li> <li>• El grupo con &gt;10 años de experiencia fue el más afectado por la pérdida auditiva inducida por ruido (72%) y también con mayor proporción de audición pobre (37%, Chi cuadrado, p&lt;0.05)</li> </ul>
Nikulin <i>et al.</i> <sup>(28)</sup> 2021 Rusia	Transversal Trabajadores en una mina de carbón.	N=15 Edad: 23-55 años Periodo: no consta	Exposición laboral a ruido medida con sonómetro durante el trayecto al puesto de trabajo una vez en la mina.	Puesto de trabajo, el tiempo empleado en llegar y abandonar el puesto.	Cambio en el umbral permanente inducido por el ruido (NIPTS) determinado mediante audiometría.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conveniencia de emplear dosímetros personalizados que tengan en cuenta la exposición a ruido durante los desplazamientos dentro del puesto de trabajo.</li> <li>• Los efectos de la exposición al ruido deben evaluarse usando en el umbral permanente inducido por el ruido incluyendo el tiempo de llegada y abandono del puesto.</li> <li>• Si se tiene en cuenta la exposición al ruido durante la llegada y abandono del puesto de trabajo la exposición a ruido (dBA) es mayor y genera una consecuente pérdida auditiva mayor.</li> </ul>
Ntlhakana <i>et al.</i> <sup>(29)</sup> 2021 Sudáfrica	Cohorte prospectiva Mineros de platino.	N1= 12 605 (2014) N2= 12 602 (2015) N3= 12 599 (2016) N4= 12591 (2017) N5= 12 592 (2018) Edad: no consta Periodo: 2014-2018	Exposición laboral a ruido clasificado en rangos de dBA.	Edad, sexo, cantidad de polvo de polvo de platino a la que se está expuesto.	Pérdida auditiva determinada mediante audiometría y umbral auditivo generando las categorías: leve, moderada, moderada-severa, severa y profunda. Porcentaje de pérdida auditiva: leve, moderada y severa.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 72.4% estuvieron expuestos niveles de ruido &gt;=85dBA.</li> <li>• El 10% presentaron pérdida auditiva severa y un umbral &gt;=26dBA. No hubo diferencias entre esta media entre las cohortes.</li> <li>• Edad, sexo y exposición laboral a ruido pueden usarse para predecir el deterioro auditivo y calcular la contribución de cada variable durante un periodo de tiempo determinado, (Regresión múltiple, p&lt;0.001 para todas las variables). La cantidad de polvo no presentó un papel significativo (Regresión múltiple: p=0.270 y 0.850)</li> <li>• El cambio en el umbral auditivo de los trabajadores es gradual en el tiempo y debido a la combinación de factores de riesgo, no solamente la exposición laboral a ruido.</li> </ul>
Onder <i>et al.</i> <sup>(30)</sup> 2012 Turquía	Transversal Trabajadores en el transporte y trituración de piedra.	N=23 Edad: 18-53 años Periodo: 2009	Exposición laboral a ruido medido con "Extech 407764 Sound Level Meter" (70 a 109 dBA dividido en 4 categorías).	Experiencia laboral, edad y puesto de trabajo.	Pérdida auditiva (si/no).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pérdida auditiva puede expresarse como una variable dependiente de la exposición al ruido (Chi cuadrado: p=0.0023).</li> <li>• La pérdida auditiva no puede predecirse mediante: edad (Chi cuadrado: p= 0.1518), experiencia (Chi cuadrado: p= 0.1965) o el puesto de trabajo (Chi cuadrado: 0.0625).</li> <li>• Los parámetros más influyentes en la pérdida auditiva son exposición al ruido y puesto de trabajo.</li> <li>• Los trituradores con 4-11 años de experiencia tienen alta probabilidad de pérdida auditiva debido a la alta exposición a ruido (90-99dBA)</li> </ul>
Tripathya y Rao <sup>(31)</sup> 2015 India	Transversal Trabajadores en una mina de bauxita	N=200 Edad: >20 años Periodo: no consta	Exposición laboral a ruido (no cuantificada).	Puestos de trabajo.	Pérdida auditiva evaluada mediante audiometría y evaluaciones audiométricas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La pérdida auditiva está probablemente relacionada con el nivel de ruido, la frecuencia y la exposición.</li> </ul>
Yilmaz <sup>(32)</sup> 2012 Turquía	Transversal Trabajadores en minas de carbón.	N=639 Edad no consta Periodo 2007	Exposición laboral a ruido medido mediante el valor LAQ para trabajadores en ambientes ruidosos.	No constan.	Pérdida auditiva determinada por audiometría y otoemisiones acústicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 214 trabajadores con problemas auditivos: 83 fueron derivados a hospitales por sospecha de pérdida auditiva, y 8 fueron diagnosticados de pérdida auditiva ocupacional.</li> <li>• La pérdida auditiva temporal depende del nivel de ruido en la mina.</li> <li>• La pérdida auditiva permanente depende de la duración de la exposición al ruido.</li> </ul>

## Discusión

La presente revisión sistemática ha culminado con la detección de 13 artículos originales en los que directa o indirectamente se investiga la relación entre exposición laboral a ruido y la pérdida auditiva en trabajadores del ámbito de la minería. Antes de concluir si ésta existe o no y si es causal o de otro tipo existen diversas cuestiones que se deben de tener en cuenta.

### Selección de los artículos revisados

Existen limitaciones en el estudio, que son comunes a búsquedas de este tipo. La búsqueda de la evidencia se realiza únicamente en bases de datos. No se indaga en la literatura gris, ni tampoco en la bibliografía de los registros obtenidos en ninguna de las etapas del proceso de selección de los mismos. Si bien es difícil saber si esto repercute o no en los resultados y conclusiones obtenidos, es conocido que aquellos artículos con escaso tamaño muestral o resultados contrarios a los encontrados hasta el momento es más difícil que lleguen a ser publicados. Respecto a la literatura gris y a las publicaciones, hay que indicar que cuando ofrecen resultados negativos, son estudios de difícil publicación<sup>(33)</sup>. Por ello pueden haberse quedado fuera de la búsqueda estudios de este perfil, con lo que los estudios hallados sobreestimen la verdadera relación entre la exposición laboral reglada al ruido en el campo de la minería y la pérdida auditiva o su magnitud.

Llama la atención la ausencia de resultados en las bases de datos LILACS, MEDES o TESEO. Se considera que esto indicase un déficit en la validez de la misma. Sin embargo, Latinoamérica solo es productora del 5.3% del volumen mineral mundial en 2017. Entre 1984 y 2017 ocupa el 4º puesto en la producción minera mundial por continentes<sup>(34)</sup>. Parece lógico pensar que la falta de artículos proveniente de este continente se explique, al menos en parte, por su escasa presencia en la producción minera global. Paralelamente LILACS, MEDES y TESEO son bases de datos no internacionales, la cuantía de su indexación es menor, algo que sin duda influye en la diferencia de registros obtenidos<sup>(35)</sup>.

De los 703 registros obtenidos en la búsqueda inicial solo 13 han sido finalmente incluidos. Dicho de otro modo, un 98.15 % han sido desechados. El motivo predominante para la exclusión de registros es la no pertinencia de la temática. Se detecta gran volumen de estudios enfocados a la eficacia de medidas preventivas individuales, por ejemplo tapones para los oídos<sup>(36)</sup>, pero también otras colectivas, como el control del ruido producido por la maquinaria en el momento de su diseño<sup>(37)</sup>. Podríamos achacar este hecho a defectos en la creación de las ecuaciones de búsqueda pero se considera que, si bien no se encuentran entre los estudios revisados registro alguno que declare conflicto de intereses como tal, la prevalencia de estudios cuyo objetivo es demostrar la efectividad de medidas preventivas invita a pensar en que influyan en los objetivos de las investigaciones en trabajadores de la minería.

Como ya dicen los autores Brigid *et al.*, Gyamfi *et al.* y Kerketta *et al.* existe escaso cumplimiento de las leyes que definen los valores limítrofes de ruido al que están expuestos los trabajadores en el sector de la minería<sup>(20,23,24)</sup>. Si esto es así, es fácil que no se realicen más estudios por el compromiso e imposibilidad de tener que exponer en que en la población estudiada no se cumplen ciertas normas, siendo los resultados de muy difícil expresión o que lleguen a publicarse. Esto se enmarca en los denominados sesgos de publicación en los que se prima publicar a los trabajos en los que se hallan resultados positivos<sup>(33)</sup>, tal como antes se ha mencionado en lo relativo a carencias de hallazgos. La falta de artículos respecto a la pérdida auditiva en trabajadores de la minería es sin duda otra limitación.

### Tipología y calidad de los artículos revisados

La evaluación de la corrección documental mediante el listado de verificación STROBE da lugar a puntuaciones heterogéneas. Revisando los artículos se observan diferencias en el planteamiento y metodología de los diferentes estudios. Estas desigualdades se atribuyen a la disparidad de países contribuyentes. En cambio, no justifican puntuaciones nulas en los ítems del cuestionario. Tan solo 2 de los 13 artículos revisados<sup>(20,23)</sup> consideran la existencia de posibles sesgos estadísticos y solo 3 artículos discuten sobre la posibilidad de generalizar sus resultados a otras poblaciones<sup>(22,23,26)</sup>. También son escasos los artículos en los que se detallan las fuentes de financiación o los posibles conflictos de intereses, concretamente 6 de 13 artículos totales, es decir, menos de la mitad<sup>(21-25,29)</sup>. Un número no desprecia-

ble de artículos carece de limitaciones detalladas en su texto<sup>(20,24,25,28,30-32)</sup>. La calidad documental no es sinónimo de calidad de la evidencia pero la ausencia de la primera hace cuestionar la segunda. El grado de evidencia de una revisión sistemática depende del grado de evidencia de los artículos que la componen. Por tanto, la ausencia de mayor número de artículos pertinentes o de mejor calidad implica una limitación en los resultados de esta revisión, algo común a revisiones de esta índole como otros autores ya han reflejado<sup>(33)</sup>.

Dado que la aplicación del criterio de exclusión por fecha de publicación es realizado de forma diferida tras la búsqueda inicial de los registros y manualmente por las autoras se puede observar que existe un grueso considerable, aunque no cuantificado, de artículos publicados antes del año 2000. A pesar de la probable contribución a la evidencia pasada de estos registros, las normativas actuales tanto internacionales como nacionales datan de 1995<sup>(5)</sup>, 2003<sup>(6)</sup> y 2006<sup>(11)</sup> respectivamente, lo cual orienta a un probable cambio en el paradigma preventivo y a la escasa contribución a la evidencia empleada en la actualidad. Pese a ello la exclusión de estos artículos implica una modificación del efecto que debemos puntualizar, en años anteriores a nuestro periodo de inclusión sí se han publicado mayor número de artículos, de nuevo no cuantificados, a cerca del deterioro auditivo entre empleados del sector minero. Además implica que la obsolescencia descrita no es representativa de la evidencia global existente y probablemente un decaimiento y no un estancamiento de la investigación sobre nuestro tema.

Los 13 estudios incluidos son de distintos tipos, siendo 10 de ellos estudios de tipo transversal<sup>(20,21,23,25-28,30-32)</sup> y 3 de ellos de tipo cohortes<sup>(22,24,29)</sup>. Se observa la falta de estudios con mayor nivel de evidencia. Los estudios transversales implican la imposibilidad de demostrar causalidad debido a la ausencia de secuencia temporal. En el caso de los estudios de cohortes, las características específicas de sus muestras<sup>(23,26)</sup> o los pequeños tamaños muestrales<sup>(28-30)</sup> pueden impedir que sean representativas de la población general. Hay que tener presente que los estudios de intervención son escasos en la investigación del ámbito laboral debido a las cuestiones éticas que entrañan. A pesar de que la certeza aportada por los estudios transversales y de cohortes no es la óptima no hay que olvidar que aportan evidencia e indican la necesidad y conveniencia de futuras investigaciones, sin embargo, la imposibilidad de realizar estudios de intervención aleatorizada o la falta de artículos con mayor grado de evidencia no deja de ser una limitación.

### Características de las poblaciones y muestras

El país que aporta mayor número de artículos es India, con 3 estudios (23.08%)<sup>(24,25,31)</sup>. El resto de artículos provienen del continente africano, 5 estudios (38.46%)<sup>(21-23,27,29)</sup>; Turquía, con 2 estudios (15.38%)<sup>(30,32)</sup>; Rusia con uno (7.69%)<sup>(26)</sup>; China con uno (7.69%)<sup>(28)</sup> y Bosnia Herzegovina con otro (7.69%)<sup>(20)</sup>. Según datos recogidos desde 1984 hasta 2017, Asia es históricamente el continente con mayor producción minera, seguido por Norteamérica. Si observamos la clasificación por países China encabeza esta lista, seguida por Estados Unidos y Rusia<sup>(34)</sup>. En base a estos datos y a la conocida faceta investigadora del país sería de esperar que Estados Unidos, o incluso China, fuesen los países con mayor investigación en exposición laboral a ruido en mineros y deterioro auditivo. En contraposición, sorprende la escasez de artículos encontrados provenientes de ambos países. Entre 1984 y 2017 aproximadamente la mitad de la producción minera proviene de países en vías de desarrollo<sup>(34)</sup>, esto sí sería consistente con el origen de los artículos incluidos en la presente revisión. Es posible que exista una verdadera falta de investigación en este sector por parte de los mencionados países. Se considera un sesgo de cara a la interpretación de nuestros resultados.

Las poblaciones analizadas en cada uno de los artículos varía. Es crucial mencionar que 12 de los 13 artículos incluidos (92.31%) emplean muestras formadas por trabajadores de la minería no únicamente mineros. Esto incluye también a: operadores de motoniveladoras, ayudantes, perforadores, conductores de camiones cisterna, empleados de mantenimiento, trabajadores de la zona industrial, planta de procesado y servicio técnico entre otros. Solo Ntlhakana *et al* escoge para conformar su muestra exclusivamente a los mineros<sup>(29)</sup>. El interés de este dato reside en que la exposición al ruido difiere según el puesto de trabajo. Musiba. encuentra diferencias significativas entre la magnitud de la exposición a ruido entre trabajadores de superficie y trabajadores del subsuelo<sup>(27)</sup>. Sus resultados resultan parcialmente consistentes con los de Strauss *et al*. que encuentran también diferencias significativas entre los

puestos de trabajo pero solo para bajas frecuencias<sup>(39)</sup>. Si bien, solo Onder *et al.* difiere al concluir que la pérdida auditiva no puede predecirse en función del puesto de trabajo, la potencia de su estudio es mucho menor<sup>(30)</sup>.

Paralelamente se observan otras desigualdades en las poblaciones a estudio. Definen su población como trabajadores de la industria minera en general Chadambuka *et al.*<sup>(21)</sup>, Gyamfi *et al.*<sup>(23)</sup>, Brigic *et al.*<sup>(20)</sup> y Kerketta *et al.*<sup>(24,25)</sup> pero evalúan su hipótesis en minas a cielo abierto. El resto de los artículos escogen trabajadores de minas con producción específica: bauxita<sup>(31)</sup>, platino<sup>(29)</sup>, oro<sup>(22,27)</sup> y carbón<sup>(26,28,32)</sup>. Entre 1984 y 2017 la principal producción minera por volumen es con diferencia los combustibles fósiles<sup>(34)</sup>. Esta revisión no incluye artículos sobre la extracción de petróleo debido a la mecanización de su extracción. Por lo que parece plausible que los trabajadores de carbón sean los que componen más muestras. Esto apoya que los artículos encontrados representen la situación de la industria minera pero no la corrección de la búsqueda. El motivo de diferencias entre los países con mayor importancia en la industria minera y aquellos de los que provienen mayoritariamente los artículos revisados podría ser una búsqueda inadecuada pero también la existencia de literatura gris no encontrada, la ausencia de interés investigador en este contexto e incluso la existencia de actividades laborales no registradas explícitamente como minería. Nuevamente existen diferencias significativas respecto a la exposición laboral a ruido, así como la pérdida auditiva al comparar a los empleados que trabajan en superficie y bajo tierra<sup>(27)</sup>, algo que impide combinar sus resultados. Paralelamente el estudio de empleados de minas de producción específica limita la validez externa de los resultados obtenidos.

En lugar de describir los posibles sesgos Liu *et al.* escoge una población con características específicas con el fin de evitarlos. Estudia empleados de Datun Xuzhou Coal Company (empresa minera del carbón) con más de 10 años de carrera, sin medicación hipertensiva o ototóxica, patología auditiva o factores de riesgo como haber trabajado en ascensores o la noche o estar expuestos a explosivos<sup>(26)</sup>. Si bien esta metodología garantiza, en la medida de lo posible, la validez interna de los resultados, se mide lo que realmente se pretende medir; limita la validez externa, dificulta la generalización de los resultados a una población mayor donde evidentemente estos factores confusores o sesgos sí existen.

La edad de la población incluida en principio es mayor de los 18 años, al ser este uno de los criterios de inclusión de los artículos. Sin embargo, 4 de los 13 artículos no precisan los rangos de edad de sus muestras<sup>(20,26,29,32)</sup>. Durante la búsqueda de la evidencia publicada se encuentran 2 artículos con población mayor de 15 y 16 años<sup>(39,40)</sup> que a pesar de su pertinencia temática y correcta evidencia documental son excluidos por coherencia con los criterios de inclusión. Se decide por consenso entre las autoras relegar ambos a las discusiones de esta revisión. La exclusión de artículos empleando como criterio la edad de sus participantes puede ser otro de los causantes del pequeño volumen de artículos incluidos, así como de la escasa evidencia recavada. Resulta complejo determinar si existen artículos realizados en menores. En cualquier caso, aunque así fuese sus resultados serían cuanto menos cuestionables debido a las implicaciones éticas y legales de la explotación infantil por no mencionar las condiciones de trabajo o la actuación de la edad como factor de confusión entre una población tan heterogénea.

Los periodos estudiados, de los que provienen los datos muestrales, son como máximo de 7 años<sup>(22)</sup>. Los años de los que se obtienen más datos para estudio es el decenio entre 2001 y 2010 comprendiendo 6 artículos<sup>(20,22,24,25,30,32)</sup>. En 4 artículos revisados no se especifica el periodo de estudio<sup>(26-28,31)</sup>. Llama la atención el lapso de tiempo entre el periodo de estudio, 2001-2010; y la fecha de publicación del artículo, 2020, en el caso de Gobler *et al.*<sup>(22)</sup>.

Respecto al tamaño muestral y la potencia estadística de los estudios, el estudio con mayor tamaño muestral y, por tanto, mayor potencia estadística a igualdad de error alfa definido y magnitud del efecto del ruido es el de Nthakana *et al.*, con 5 cohortes de entre 12591 y 12605 trabajadores<sup>(29)</sup>. En contraposición, el que contó con menos participantes es el de Nikulin *et al.* con 15 participantes<sup>(28)</sup>. La magnitud de estas diferencias impide que podamos dar el mismo peso a los resultados y conclusiones de ambos artículos. Se considera la falta de potencia estadística una limitación para nuestra revisión porque impide la comparabilidad de nuestros resultados más allá de la dirección de las asociaciones encontradas y, además, su déficit impide obtener valores de asociación más precisos así como detectar asociaciones más sutiles.

## Definición y cuantificación de la exposición

En todos los artículos recopilados la exposición cuyos efectos se quieren examinar es la exposición laboral a ruido. Sin embargo, existe variabilidad en su definición así como en los métodos de cuantificación de la misma entre los diferentes estudios. En general, se define la exposición laboral al ruido como una variable cuantitativa, expresada en decibelios. En algunos artículos estos valores son posteriormente categorizados<sup>(22,29,30)</sup>. Entre los artículos que se cuantifica se emplean distintos métodos que van desde programas predictivos<sup>(20)</sup> a audímetros<sup>(21,23,25,26)</sup>. Kerketta *et al.* clasifica a los participantes en función del número de años trabajados en su historia laboral y asume que la exposición al ruido es proporcional<sup>(24)</sup>. Otros como Brigic *et al.* estiman los niveles de exposición mediante un programa predictivo<sup>(20)</sup>. Pero también existen artículos en los que se define como una variable dicotómica, como el de Tripathy y Rao, que simplemente tienen en cuenta la presencia o ausencia de exposición laboral a ruido<sup>(31)</sup>. Profundizando en lo que se considera exposición laboral a ruido, Nikulin *et al.* considera parte de ella la exposición durante el trayecto al puesto de trabajo, una vez el trabajador se encuentra en la mina<sup>(28)</sup>. La diferencia en la definición de la variable exposición conlleva una imposibilidad para comparar numéricamente las medidas de asociación obtenidas, es decir, una limitación para nuestra revisión, ya que sin duda modifica el efecto. La pérdida auditiva observada por Nikulin *et al.* será mayor ya que la exposición definida también lo es<sup>(28)</sup>. No tener en cuenta esa exposición infraestima la misma y sobreestima la asociación entre exposición y desenlace. Un mismo efecto será asociado a una menor exposición. Sería interesante el empleo de dosímetros individuales para una medición más precisa de la exposición como sugieren Nikulin *et al.*<sup>(28)</sup>.

Así mismo, no solo la definición de la variable exposición y la heterogeneidad en los métodos de cuantificación de las variables dificultan la comparabilidad de los resultados. La diferencia de los valores de los umbrales de exposición a ruido permitidos en cada país donde son realizados los estudios son diferentes y esto también influye en los resultados. Tanto Chamdambuka *et al.*<sup>(21)</sup> como Gyamfi *et al.*<sup>(23)</sup> y Kerketta *et al.*<sup>(25)</sup> subrayan que los niveles de ruido a los que está expuesta su muestra son superiores a los permitidos por la ley de ese país, diferenciándose no solo del resto de poblaciones estudiadas sino también de la exposición legal nacional. Como solución Chamdambuka *et al.* propone una estandarización en la diferencia de los valores limítrofes legales de ruido permitido en el ambiente laboral<sup>(21)</sup>.

## Definición y cuantificación del desenlace

Algo similar ocurre con la variable desenlace, la pérdida auditiva. La pérdida auditiva inducida por la exposición es una variable desenlace común a todos los artículos revisados, si bien no el único desenlace observado. Brigic *et al.* incluyen también otros efectos perjudiciales para la salud<sup>(20)</sup>. Liu *et al.* objetivan la prevalencia de la hipertensión<sup>(26)</sup>. Nuevamente se define esta variable como cuantitativa, expresada en medida en decibelios y medida con audiometría, a excepción de Onder *et al.* que solo recogen la presencia o ausencia de alteraciones auditivas<sup>(30)</sup>. Algunos estudios la categorizan posteriormente<sup>(23,27,29)</sup>, otros directamente<sup>(21)</sup>.

La audiometría es el método que se utiliza en mayor número de artículos y en los servicios de vigilancia de la salud para realizar la evaluación auditiva de los trabajadores. Sin embargo, no todos los artículos revisados emplean este método para la cuantificación de la pérdida auditiva, así como tampoco se utilizan los mismos modelos de audímetros. Se ha especificado el uso de: Kample<sup>(21)</sup>, Casella<sup>(23)</sup>, digital<sup>(25)</sup>, Noise Pro Quest Oconomowoc WI<sup>(26)</sup> o Extech 407764 Sound Level Meter<sup>(30)</sup>. El aparato empleado no parece que induzca sesgos o modifique el efecto medido. Sí podrían hacerlo, en cambio, las mediciones inadecuadas al inducir un sesgo de información diferencial. Yilmaz<sup>(32)</sup> abre la posibilidad al uso de las emisiones otoacústicas como método para la evaluación de la audición de los trabajadores expuestos al ruido en la minería, ya que evita los resultados erróneos que puede proporcionar la audiometría al ser independiente del factor humano.

Otro dato que dificulta la comparabilidad de las mediciones es el empleo de diferentes frecuencias durante la determinación del umbral auditivo<sup>(22-25,27,29)</sup>.

Solo 3 estudios diferencian entre uno u otro oído al momento de recabar la información y exponer sus resultados: Grobler *et al.*<sup>(22)</sup>, Kerketta *et al.*<sup>(24)</sup> y Liu *et al.*<sup>(26)</sup>. Podría parecer innecesario, ya que en teoría

la exposición de ambos oídos es la misma. Sin embargo, cobra importancia cuando se encuentran diferencias entre ambos, ya que indican la presencia de un factor modificador del efecto que debiera investigarse y describirse. Estas diferencias podrían deberse a una mala medición o a factores protectores o de riesgo entre ambos oídos por ejemplo mala colocación de medidas preventivas, alteraciones basales individuales, lateralidad de la exposición.

Únicamente, Gyamfi *et al.* evalúa específicamente la presencia de la cuña de Carhart, una disminución de la audición entorno a los 4000 Hz, característica de los audiogramas de sorderas profesionales<sup>(23)</sup>. Liebenberg *et al.* describe que la presencia de la cuña de Carhart es diferente entre expuestos y no expuestos a ruido<sup>(40)</sup>. La conveniencia de recoger este dato reside en que respalda que la exposición a ruido sea laboral y que la pérdida auditiva esté vinculada a ella.

Resulta llamativo que en determinados estudios no se disponga de una audiometría inicial en la valoración de los trabajadores de las minas. Implica desconocer si el trabajador tiene un daño auditivo preexposición<sup>(32)</sup>, lo cual cobra importancia por ejemplo de cara a categorizar como accidentes de trabajo algunos desenlaces, la determinación del riesgo de los trabajadores, sus limitaciones para el puesto de trabajo o la necesidad de adecuación. Musiba tienen en cuenta la importancia de conocer la preexposición laboral a ruido para conocer el origen del efecto evaluado. En su estudio observan que el 70% de sus participantes presentan una exposición laboral a ruido previa y 51% de ellos ya padecían pérdida auditiva inducida por el ruido en el momento de la incorporación a su puesto de trabajo. Este grupo presenta una proporción más alta de audición pobre (17%)<sup>(27)</sup>. Como se deduce de estos datos la presencia de un deterioro auditivo preexposición actúa como sesgo en el estudio de la asociación entre exposición laboral a ruido y pérdida auditiva, de ahí la importancia de cuantificarlo para una correcta interpretación de los resultados. De no ser así estaría infraestimándose la exposición y por tanto sesgando los resultados hacia la significación.

### **Otras variables modificadoras del efecto: sexo, edad, raza, puesto de trabajo, tiempo en llegar a este puesto una vez en el lugar de trabajo, antigüedad o experiencia laboral, medidas preventivas y exposición a polvo**

Por suerte, la mayoría de los estudios revisados recogen otras variables además de exposición y desenlace que permiten una correcta interpretación de los resultados y conclusiones expuestas en ellos. La exposición al ruido en la minería no es el único factor que influye en la pérdida auditiva de los trabajadores. Estudios incluidos en esta revisión revelan que existe una modificación del efecto debido a edad, raza o el sexo<sup>(29)</sup>. Esto concuerda con los resultados de Strauss *et al.* tras el estudio de 40123 mineros sudafricanos<sup>(39)</sup>. No obstante, la variable con mayor influencia en la pérdida de la audición continua siendo la exposición al ruido en el puesto de trabajo, si bien resulta innegable que está influida, aunque en menor medida, por el resto de las variables demográficas del trabajador<sup>(20-22, 24, 25, 28, 30, 31)</sup>.

En lo que al sexo se refiere los estudios de Grobler *et al.*<sup>(22)</sup>, Gyamfi *et al.*<sup>(23)</sup>, Kerketta *et al.*<sup>(24)</sup>, Liu *et al.*<sup>(26)</sup> y Musiba<sup>(27)</sup> son los únicos en incluir tanto a trabajadores y trabajadoras. Incluyen dentro de su población a estudio a 8, 74, 19, 244 y 3 mujeres respectivamente. Se considera que la escasez de mujeres en las muestras viene dado por la baja prevalencia del sexo femenino en el sector de la minería, si bien más estudios serían convenientes para profundizar en si el sexo es no un modificador del efecto en esta asociación y cuantificar su influencia en caso de existir.

Respecto a la edad, Chadambuka *et al.* describe un aumento de la pérdida auditiva a mayor edad de los trabajadores<sup>(21)</sup>. Gobler *et al.* la describen como un modificador del efecto<sup>(22)</sup>. Si bien no suficientemente influyente como para mostrar un efecto inexistente, de no tenerse en cuenta se sobreestimaría la asociación entre la exposición laboral a ruido y la pérdida auditiva. Gyamfi *et al.* da un paso más objetivando y describiendo su interacción con la duración de la exposición<sup>(23)</sup>. Nthakana *et al.*, con una mayor potencia estadística, obtiene un valor claramente significativo en caso de considerar el previo dudoso. Los resultados expuestos resultan consistentes respecto a los de otros artículos no incluidos en esta revisión como Strauss *et al.* A partir de una cohorte retrospectiva con 33961 mineros expuestos a ruido en su puesto de trabajo Strauss *et al.* concluye que la edad es la variable con mayor influencia sobre la pérdida auditiva, tanto en el grupo expuesto como en el control<sup>(39)</sup>. Entre los artículos revi-

sados expone resultados contrarios al aumento de la pérdida auditiva generada por la edad. Musiba observa que el grupo más joven incluido en su muestra, (20-29 años), presenta la prevalencia más alta de pérdida auditiva inducida por ruido (60%). Explican estos resultados por la menor concienciación de este grupo respecto al uso de medidas preventivas<sup>(27)</sup>. Al ser el único de los artículos revisados cuyos resultados se contraponen a una asociación positiva entre edad y pérdida auditiva es razonable que en su muestra existe algún sesgo o modificador del efecto que enmascara la verdadera asociación entre exposición laboral a ruido y la pérdida auditiva en ese grupo de trabajadores.

En lo referente a la raza solo Grobler *et al.*<sup>(22)</sup> y Gyamfi *et al.*<sup>(23)</sup> recogen datos al respecto. Ninguno de ellos evalúa las posibles diferencias que podría inducir en cuanto a pérdida auditiva. Otros estudios que sí lo hacen, como Strauss *et al.*, uno de los mayores estudios que evalúan la pérdida auditiva inducida por exposición laboral a ruido en trabajadores de raza negra de la industria minera, encuentra que los participantes de raza negra presentan significativamente mejores umbrales auditivos para altas frecuencias y peores para bajas frecuencias respecto a los de raza blanca. La raza, por tanto, a pesar de no haberse evaluado como posible modificador del efecto en los artículos revisados, probablemente lo sea.

Otras variables influyentes en el grado de pérdida auditiva son: el puesto de trabajo, el tiempo en llegar a este puesto una vez en el lugar de trabajo y la antigüedad o experiencia laboral.

Kerketta *et al.*<sup>(24,25)</sup>, Musiba.<sup>(27)</sup>, Nikulin *et al.*<sup>(28)</sup> y Onder *et al.*<sup>(30)</sup> objetivan diferencias respecto al puesto de trabajo, aunque sin llegar a precisar qué puestos presentan mayor pérdida auditiva. Dado que los puestos de trabajo difieren también en cuanto a exposición podríamos pensar que ahí radica la explicación. Onder *et al.* expone que los trituradores con 4-11 años de experiencia tienen alta probabilidad de pérdida auditiva debido a la alta exposición a ruido (90-99 dBA)<sup>(30)</sup>. Musiba. objetiva una diferencia significativa entre trabajadores subterráneos y en superficie, presentando los primeros mayor prevalencia de pérdida auditiva<sup>(27)</sup>. Ambos datos apoyarían la idea. Otros estudios no incluidos en esta revisión obtienen resultados similares<sup>(39)</sup>.

Son más los estudios que muestran diferencias en lo referente a la duración de la exposición o la experiencia laboral, concretamente un mayor deterioro auditivo a mayor tiempo de exposición o años de experiencia. Estos artículos son los de: Chadambuka *et al.*<sup>(21)</sup>, Gyamfi *et al.*<sup>(23)</sup>, Kerketta *et al.*<sup>(24,25)</sup>, Musiba.<sup>(27)</sup> y Onder *et al.*<sup>(30)</sup>. Estos datos demuestran gradación, a mayor exposición laboral a ruido mayor pérdida auditiva. La gradación apoya la hipótesis de causalidad entre exposición laboral a ruido y desarrollo de pérdida auditiva, ya que es uno de los criterios de causalidad de Bradford Hill<sup>(41)</sup>.

Las diferentes debido a puesto de trabajo y duración de la exposición aumentaría la conveniencia de emplear dispositivos individuales para objetivar la exposición laboral a ruido exacta de cada trabajador como sugiere Nikulin *et al.*<sup>(28)</sup> para realizar una correcta vigilancia de la salud.

Las medidas preventivas no dejan de ser factores modificadores del efecto. El uso de equipos de protección individual para atenuar el ruido ocupacional están contempladas en dos de los artículos revisados<sup>(21,23)</sup>. Uno de ellos, Gyamfi *et al.* observa que el uso de cascos es protector frente a la pérdida de audición<sup>(23)</sup>. Mientras que, en contraposición, Chamdambuka *et al.* reporta que el 82.8% de su población confirma usar de forma constante los tapones y orejeras y, sin embargo, 36.7% terminaron con una pérdida auditiva relacionada con el ruido<sup>(21)</sup>. Por otra parte, Musiba. ubica una mayor pérdida auditiva en el grupo de trabajadores entre 20 y 29 años, atribuyendo este resultado principalmente a una menor concienciación entre este grupo de edad<sup>(27)</sup>.

Nthankana *et al.* considera un posible factor confusor no valorado hasta la fecha: la exposición a polvo de platino. Sin embargo, no obtiene resultados concluyentes<sup>(29)</sup>.

## **Relación entre exposición laboral al ruido y pérdida auditiva**

De los estudios incluidos en la presente revisión podemos extraer que existe como mínimo una asociación entre la exposición laboral a ruido y la pérdida auditiva entre los trabajadores de la minería. Ninguno de los artículos revisados observan datos contrario a esta afirmación y todos exponen datos a favor. Desgraciadamente no podemos asegurar causalidad debido a las diversas limitaciones de los

mismos. Los estudios transversales no aseguran secuencia temporal, condición indispensable para la causalidad<sup>(20, 21, 23, 25-28, 30-32)</sup>. En el caso de los estudios de cohortes, las particularidades de cada uno impiden afirmar causalidad en la población de trabajadores de la minería.

Kerketta *et al.* emplea como variable exposición los años trabajados, asumiendo que la exposición laboral a ruido es proporcional. Además no detalla ni discute esta limitación<sup>(24)</sup>. Concluir causalidad cuantificando la exposición de este modo parece aventurado. Además su población son trabajadores en minas de cielo abierto. Estrictamente esto impediría extrapolar los resultados a trabajadores de la minería en general, aún sabiendo que la exposición laboral a ruido es menor entre los trabajadores en superficie que en el subsuelo.

Grobler *et al.* y Nthankana *et al.* cuantifican adecuadamente exposición y desenlace<sup>(22,29)</sup>. Sin embargo, el artículo de Grobler *et al.* es únicamente válido para mineros de oro en Sudáfrica<sup>(22)</sup>. Además carecen de datos previos sobre los participantes y no pueden descartar la posibilidad de una exposición basal previa desprotegida que sobreestime el efecto de la exposición recogida. Todas estas limitaciones son detalladas por sus propios autores<sup>(22)</sup>. Nthankana *et al.* contempla el mismo sesgo de información diferencial y añade la falta de datos de seguimiento médico que actúen como factores de riesgo de pérdida auditiva como alergias, enfermedades de base o medicación<sup>(29)</sup> que de conocerse probablemente hubiesen disminuido el grado de asociación encontrado.

Otro motivo que induce a la prudencia respecto a la causalidad es que en ninguno de los 3 artículos de cohortes mencionados se aportan medidas de asociación o intervalos de confianza resultantes de comparar la pérdida auditiva entre expuestos y no expuestos a ruido<sup>(24, 25, 29)</sup>. Si bien es cierto que tras la presente revisión se puede afirmar que se cumplen varios de los criterios de causalidad de Bradford Hill<sup>(41)</sup> que apoyan la hipótesis causal. Existe plausibilidad biológica: pérdida de estereocilios, deformaciones y adherencia en las células peludas de la cóclea y alteraciones de la microcirculación coclear están presentes en la pérdida auditiva causada por la exposición al ruido<sup>(32)</sup>. Evidencia experimental: necropsias en mineros expuestos a altos niveles de ruido objetivaron diversas lesiones mecánicas en sus cócleas<sup>(42)</sup>. Analogía: la pérdida auditiva por exposición laboral a ruido está constataada en otras profesiones como motociclistas<sup>(43)</sup>, trabajadores de la industria siderúrgica<sup>(32)</sup>, ceramistas<sup>(44)</sup> o músicos<sup>(45)</sup>, no se trata de algo novedoso o exclusivo de los empleados en el sector de la minería. Gradualidad, porque a mayor experiencia laboral y tiempo de exposición se objetiva una mayor pérdida auditiva<sup>(21-23,25,26,28)</sup>. Y, por último, secuencia temporal. Podría dudarse de la secuencia temporal en el caso de los estudios de cohortes retrospectivos revisados<sup>(17,18)</sup> dado que algunos participantes ya presentaban pérdida auditiva al comenzarse ambos estudios, pero el estudio de Nthakana *et al.* los participantes no presentan deterioro auditivo al iniciarse la recogida de datos para su cohorte prospectiva<sup>(29)</sup>.

## Conclusiones y perspectivas

Existen dos conclusiones principales del estudio:

- De acuerdo con las recomendaciones sobre los objetivos de una revisión sistemática<sup>(46)</sup>, la presente revisión ha hallado 13 artículos respecto a pérdida auditiva asociada a exposición laboral al ruido en el ámbito de la minería publicados posteriormente a 2006.
- El grado de evidencia 3 y recomendación D no permiten asegurar por completo la validez y fiabilidad de las observaciones realizadas.

Adicionalmente hay varias conclusiones secundarias:

- Todos los artículos incluidos concluyen a favor de la existencia de una asociación entre exposición laboral al ruido y pérdida auditiva en el mencionado colectivo.
- Ninguno cuantifica esta asociación o concluye causalidad.
- Respecto a factores modificadores de esta asociación, la edad y el puesto de trabajo actúan como modificadores del efecto interaccionando con la duración de la exposición y aumentando la pérdida auditiva.

- El uso de medidas preventivas es un claro factor protector.
- Los límites legales de ruido en los lugares de trabajo son un factor determinante.
- Los artículos revisados subrayan el no cumplimiento de las leyes o normativas relativas a los límites de ruido en el ámbito laboral y su importancia.

## Bibliografía

1. Who.int. 2022. *Deafness and hearing loss*. [online] Disponible en: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss> [Acceso 3 Febrero 2022].
2. Hernández A, González B. Alteraciones auditivas en trabajadores expuestos al ruido industrial. *Med Seg Trabajo* 2007; 50(208):09-19.
3. Zhou J, Shi Z, Zhou L, et al Occupational noise-induced hearing loss in China: a systematic review and meta-analysis *BMJ Open* 2020;10:e039576. doi: 10.1136/bmjopen-2020-039576.
4. Moroe N, Khoza-Shangase K, Kanji A, Ntlhakana L. The management of occupational noise-induced hearing loss in the mining sector in Africa: A systematic review – 1994 to 2016. *Noise & Vibration Worldwide*. 2018;49(5):181-190.
5. Convenio 176 sobre Seguridad y Salud en las minas, 1995, núm. 176, Organización Internacional del Trabajo.
6. Directiva 2003/10/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 6 de febrero de 2003, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (ruido) (decimoséptima Directiva específica con arreglo al apartado 1 del artículo 16 de la Directiva 89/391/CEE). *Diario Oficial n° L 042 de 15/02/2003 p. 0038 – 0044*.
7. Wolf J, Prüss-Ustün A, Ivanov I, Mudgal S, Corvalán C, Bos R et al. Preventing disease through a healthier and safer workplace. Geneva: World Health Organization; 2018. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
8. Masterson E, Bushnell P, Themann C, Morata T. Hearing Impairment Among Noise-Exposed Workers – United States, 2003–2012. *MMWR Morbidity and Mortality Weekly Report*. 2016;65(15):389-394.
9. Real Decreto 863/1985, de 2 de abril, por el que se aprueba el Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera. (Boletín Oficial del Estado, número 140, de 12 de junio de 1985).
10. OSHA. Occupational noise exposure, 1910.95(b). 2022 [Citado el 23 de Febrero de 2022]. Disponible en: <https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1910/1910.95>
11. Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido. (Boletín Oficial del Estado, número 60, de 11 de marzo de 2006).
12. Kirchner D, Evenson E, Dobie R, Rabinowitz P, Crawford J, Kopke R et al. Occupational Noise-Induced Hearing Loss. *Journal of Occupational & Environmental Medicine*. 2012;54(1):106-108.
13. MJ, Moher D, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. PRISMA 2020 explanation and elaboration: updated guidance and exemplars for reporting systematic reviews. *BMJ* 2021;372:n160. doi: 10.1136/bmj.n160.
14. MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ* 2021;372:n71. doi: 10.1136/bmj.n71-
15. Embase [Internet]. Embase.com. 2022 [Citado el 20 Febrero 2022]. Disponible en: <https://www.embase.com/#emtreeSearch/default>.
16. Wanden-Berghe C, Sanz-Valero J. Systematic reviews in nutrition: standardized methodology. *Br J Nutr*. 2012;107:S3-7. doi:10.1017/S0007114512001432.

17. Von Elm E, Altman DG, Egger M, Pocock SJ, Gøtzsche PC, Vandenbroucke JP, et al. The Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE) statement: guidelines for reporting observational studies. *Gac Sanit.* 2008;22:144-50. Doi:10.1157/13119325).
18. Harbour R, Miller J. A new system for grading recommendations in evidence based guidelines. *BMJ.* 2001;323:334-36. Doi:10.1136/bmj.323.7308.334.
19. Ley 14/2007, de 3 de julio, de Investigación biomédica. *Boletín Oficial del Estado* 159, de 4 de julio de 2007. <https://www.boe.es/eli/es/l/2007/07/03/14>.
20. Brigic A, Berbic N, Ahmetovic N, Kudumovic D. Analysis of noise affect in production processes at open pit mines to level of hearing impairment of employees. *HealthMED.* 2012;6(4):1494-501.
21. Chadambuka A, Mususa F, Muteti S. Prevalence of noise induced hearing loss among employees at a mining industry in Zimbabwe. *African Health Sciences.* 2013;13(4):899-906.
22. Grobler LM, Swanepoel DW, Strauss S, Becker P, Eloff Z. Occupational noise and age: A longitudinal study of hearing sensitivity as a function of noise exposure and age in South African gold mine workers. *S Afr J Commun Disord.* 2020;67(2):687.
23. Gyamfi CKR, Amankwaa I, Owusu Sekyere F, Boateng D. Noise Exposure and Hearing Capabilities of Quarry Workers in Ghana: A Cross-Sectional Study. *J Environ Public Health.* 2016;2016:7054276.
24. Kerketta S, Gartia R, Bagh S. Assessment of noise induced hearing loss of the mine workers of a chromite mines at Sukinda, Orissa, India. *Noise and Vibration Worldwide.* 2016;43(2):28-36.
25. Kerketta S, Gartia R, Bagh S. Hearing threshold, loss, noise levels and worker's profiles of an open cast chromite mines in Odisha, India. *Malaysian Journal of Medical Sciences.* 2012;19(4):64-72.
26. Liu J, Xu M, Ding L, Zhang H, Pan L, Liu Q, et al. Prevalence of hypertension and noise-induced hearing loss in Chinese coal miners. *Journal of Thoracic Disease.* 2016;8(3):422-9.
27. Musiba Z. The prevalence of noise-induced hearing loss among Tanzanian miners. *Occup Med (Lond).* 2015;65(5):386-90.
28. Nikulin AN, Dolzhikov IS, Stepanova LV, Golod VA. Assessment of noise impact on coal mine workers including way to/from workplace. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu.* 2021;(2):151-5.
29. Ntlhakana L, Nelson G, Khoza-Shangase K, Maposa I. Predicting standard threshold shifts for occupational hearing loss among miners at a large-scale platinum mine in South Africa. *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy.* 2021;121(8):397-404.
30. Onder M, Onder S, Mutlu A. Determination of noise induced hearing loss in mining: an application of hierarchical loglinear modelling. *Environmental Monitoring and Assessment.* 2012;184(4):2443-51.
31. Tripathy DP, Rao DS. Assessment of noise induced hearing loss (NIHL) of mine workers in a bauxite mine using fuzzy logic. En *San Francisco Marriott Marquis Hotel* San Francisco; United States; 2015. Disponible en: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84947584812&partnerID=40&md5=610c689c28fc73db19f9f7a867017443>.
32. Yılmaz AI. Determination of mining-induced hearing loss with otoacoustic emission method at Tki-Eli lignite field. *Journal of Mining Science.* 2012;48(2):376-81.
33. Delgado-Rodríguez M, Sillero-Arenas M. Systematic review and meta-analysis. *Medicina Intensiva [Internet].* 2018 [citado el 23 de Febrero de 2022];42(7):444-453. Disponible en: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0210569117302942?token=19D168E97E6B52BC9AF1873C4D17BB90BFEA840AEC25597E80B122E941987C192C243A9D0C78C8FC455664116E0F16A4&originRegion=eu-west-1&originCreation=20220223175406>
34. Reichl, C.; Schatz, M.; World Mining Data 2019. Minerals Production, Viena; 2019; 34: 26. Disponible en: <https://www.world-mining-data.info/wmd/downloads/PDF/WMD2019.pdf>.

- 35.** LILACS B. Base de datos LILACS : [Internet]. Metodologia.lilacs.bvsalud.org. 2022 [citado el 3 Febrero 2022]. Disponible en: <http://metodologia.lilacs.bvsalud.org/php/level.php?lang=es&component=19&item=3>.
- 36.** Wu M, Guffey S, Takacs B. Comparison of noise reduction of earplugs between fit test and coal mine work and observed variability of real-time noise reduction in coal mine work. *Work-a Journal of Prevention Assessment & Rehabilitation*. 2016;55(3):531-8.
- 37.** Camargo H, Peterson S, Kim B, Alcorn L. Development and field evaluation of noise controls for jumbo drills. En 2019. Disponible en: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.085084164162&partnerID=40&md5=a3194f6eb2933b2529916f0a99e01c2b>.
- 38.** Harbour R, Miller J. A new system for grading recommendations in evidence based guidelines. *BMJ*. 2001;323:334-36. doi:10.1136/bmj.323.7308.334.
- 39.** Strauss S, Swanepoel DW, Becker P, Eloff Z, Hall JW III. Noise and age-related hearing loss: A study of 40 123 gold miners in South Africa. *International Journal of Audiology*. Marzo de 2014;53:S66-75.
- 40.** Liebenberg A, Brichta AM, Nie VM, Ahmadi S, James CL. Hearing threshold levels of Australian coal mine workers: a retrospective cross-sectional study of 64196 audiograms. *International Journal of Audiology*. Octubre de 2021;60(10):808-19.
- 41.** De Irala Estévez J, Martínez-González MA, Seguí-Gómez M. *Epidemiología aplicada*. 1st ed. Barcelona: Ariel Ciencias Médicas; 2004.
- 42.** Úlehllová, L; Brani, M.; Janisch, R. (1989). Acoustic Trauma in Mineworkers Revealed by Temporal Bone Necropsy. *Acta Oto-Laryngologica*, 108(sup470), 97-108. doi:10.3109/00016488909138362.
- 43.** McCombe A, Binnington J. Hearing loss in Grand Prix motorcyclists: occupational hazard or sports injury?. *British Journal of Sports Medicine*. 1994;28(1):35-37.
- 44.** Mostaghaci M, Mirmohammadi S, Mehrparvar A, Bahaloo M, Mollasadeghi A, Davari M. Effect of Workplace Noise on Hearing Ability in Tile and Ceramic Industry Workers in Iran: A 2-Year Follow-Up Study. *The Scientific World Journal*. 2013;2013:1-7.
- 45.** Di Stadio A, Dipietro L, Ricci G, Della Volpe A, Minni A, Greco A et al. Hearing Loss, Tinnitus, Hyperacusis, and Diplacusis in Professional Musicians: A Systematic Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2018;15(10):2120.
- 46.** Hagger MS. What makes a 'good' review article? Some reflections and recommendations. *Health Psychol Rev*. 2012;6:141-46. doi:10.1080/17437199.2012.70