



UNIVERSIDAD PERUANA
CAYETANO HEREDIA

PATOLOGÍAS EXTRA-AUDITIVAS RELACIONADAS A LA EXPOSICIÓN A RUIDO OCUPACIONAL

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA
OPTAR EL GRADO DE MAESTRA EN
MEDICINA OCUPACIONAL Y DEL MEDIO
AMBIENTE

MARIA DEL CARMEN ANAYA JUCHARO
CLAUDIA ELIZABETH BENAVIDES LUYO

LIMA – PERÚ

2026

ASESOR

Mg. Henry Alexander Cueva Vasquez

JURADO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

MG. ANGIE KIMBERLY BORJAS FELIX
PRESIDENTE

MG. CARLOS JOSE BOBADILLA BAZAN
VOCAL

MG. ISELLE LYN SABASTIZAGAL VELA
SECRETARIA

DEDICATORIA.

A Dios presente en nuestro camino.
A nuestros padres, familia y amigos, por ser el soporte durante este proceso.

AGRADECIMIENTOS.

A nuestro asesor y docente, el Dr. Henry Alexander Cueva Vásquez, por su tiempo,
dedicación y paciencia.
A la Universidad Peruana Cayetano Heredia, por formarnos en esta etapa.

FUENTES DE FINANCIAMIENTO.

Autofinanciado.



UNIVERSIDAD PERUANA
CAYETANO HEREDIA

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Los egresados:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES
1.	ANAYA JUCHARO MARIA DEL CARMEN
2.	BENAVIDES LUYO CLAUDIA ELIZABETH

Pertenecientes al programa de la **MAESTRÍA EN MEDICINA OCUPACIONAL Y DEL MEDIO AMBIENTE**, autores del trabajo titulado: **PATOLOGÍAS EXTRA-AUDITIVAS RELACIONADAS A LA EXPOSICIÓN A RUIDO OCUPACIONAL**, el cual ha sido elaborado, sustentado y aprobado, según corresponda, para optar por el grado de **MAESTRA EN MEDICINA OCUPACIONAL Y DEL MEDIO AMBIENTE** bajo la modalidad de **TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**.

En calidad de docentes asesores de la Universidad Peruana Cayetano Heredia:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES DEL DOCENTE	FACULTAD	NIVEL DE ASESORÍA
1.	CUEVA VASQUEZ HENRY ALEXANDER	FAMED	ASESOR

Declaramos que el contenido del presente documento es original y que las citas y referencias a otros autores cumplen con las normas académicas establecidas. En ese sentido, hacemos constar que:

- El documento presenta un porcentaje de similitud de **20%**, según el reporte emitido por el software **Turnitin®** (Identificador de entrega: **3014378318**; fecha de entrega: **18-08-2026**).
- Tras una revisión detallada del reporte y del contenido del trabajo en cuestión, no se han identificado indicios de plagio.
- Se certifica que el documento respeta los principios de integridad académica y cumple con los requisitos institucionales de originalidad.

Lugar y fecha: **Lima, 18 de agosto de 2026**

Firma del asesor
N° DNI: 43112815
ORCID: 0000-0003-2256-3536

Firma del Co-asesor
N° DNI:
ORCID:

ÍNDICE

RESUMEN
ABSTRACT

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	METODOLOGIA	5
III.	DESARROLLO DEL ESTUDIO	10
III.I.	EFFECTOS EXTRA-AUDITIVOS DEL RUIDO OCUPACIONAL.....	27
a)	Enfermedades cardiovasculares.....	27
b)	Efectos neuropsicológicos y del sistema nervioso.....	37
c)	Efectos metabólicos, gastrointestinales e inmunológicos:.....	50
d)	Efectos otorrinolaringológicos extra-auditivos.....	59
III.II.	PREVENCIÓN Y CONTROL DEL RUIDO OCUPACIONAL	65
IV.	LIMITACIONES	68
V.	CONCLUSIONES	69
VI.	RECOMENDACIONES.....	69
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70
VIII.	ANEXOS	

RESUMEN

El ruido ocupacional constituye un factor de riesgo importante para la salud pública, especialmente en sectores como minería, construcción, manufactura y transporte, donde los trabajadores se exponen de manera crónica a niveles superiores a 85 dB(A). Tradicionalmente asociado a la hipoacusia, actualmente se reconoce que el ruido también ocasiona una amplia gama de efectos extra-auditivos que comprometen la salud integral del trabajador.

Múltiples estudios evidencian la exposición prolongada al ruido estimula al eje hipotalámico-hipofisario-adrenal (HHA) y el sistema nervioso simpático, lo que desencadena respuestas fisiopatológicas como hipertensión arterial, alteraciones del sueño, disfunciones cognitivas, enfermedades cardiovasculares, trastornos gastrointestinales y metabólicos, así como efectos inmunológicos. Estas condiciones impactan de manera directa en la calidad de vida, el rendimiento laboral y el gasto asociados a la salud ocupacional.

El diagnóstico de estas patologías representa un desafío clínico, ya que requiere una valoración interdisciplinaria que incluya historia laboral detallada, monitoreo de la exposición sonora, evaluación de marcadores clínicos y pruebas complementarias. Pese a la existencia de normativas, en muchos contextos se carece de vigilancia adecuada y se enfoca la prevención solo en la protección auditiva, ignorando otros efectos sistémicos.

Por ello, es imprescindible adoptar un enfoque preventivo integral que combine controles de ingeniería, reorganización del trabajo, programas de educación y uso eficaz de equipos de protección personal. Además, la aplicación de

programas de vigilancia médica que consideren tanto la audición como los efectos extra-auditivos es clave para una protección real y sostenida del trabajador expuesto al ruido ocupacional.

Palabras clave: Ruido ocupacional, pérdida auditiva inducida por ruido, diagnóstico, efectos extra-auditivos enfermedades cardiovasculares, estrés laboral, medidas de prevención en salud (Fuente: DeCS BIREME)

ABSTRACT

Occupational noise is a major public health risk, particularly in sectors such as mining, construction, manufacturing, and transportation, where workers are chronically exposed to noise levels exceeding 85 dB(A). Traditionally associated with hearing loss, noise is now recognized as causing a wide range of non-auditory effects that compromise workers' overall health.

Numerous studies show that prolonged exposure to noise stimulates the hypothalamic-pituitary-adrenal (HPA) axis and the sympathetic nervous system, triggering pathophysiological responses such as high blood pressure, sleep disturbances, cognitive impairments, cardiovascular disease, gastrointestinal and metabolic disorders, as well as immunological effects. These conditions have a direct impact on quality of life, work performance, and occupational health-related costs.

Diagnosing these conditions presents a clinical challenge, as it requires an interdisciplinary assessment that includes a detailed occupational history, monitoring of noise exposure, evaluation of clinical markers, and additional tests. Despite the existence of regulations, many settings lack adequate surveillance, and prevention efforts focus solely on hearing protection, ignoring other systemic effects.

Therefore, it is essential to adopt a comprehensive preventive approach that combines engineering controls, work reorganization, education programs, and the effective use of personal protective equipment. Furthermore, the implementation of medical surveillance programs that consider both hearing

and non-hearing effects is key to providing real and sustained protection for workers exposed to occupational noise.

Keywords: Occupational noise, noise-induced hearing loss, diagnostics, extra-auditory effects cardiovascular diseases, occupational stress, preventive health measures (Source: MeSH NLM)

I. INTRODUCCIÓN

El ruido ocupacional es identificado como uno de los más importantes riesgos ocupacionales en una amplia variedad de industrias, debido a su capacidad para generar efectos adversos tanto auditivos como extra-auditivos⁽¹⁾. Durante décadas, la hipoacusia inducida por ruido ha sido el foco principal de atención en este ámbito, pero hoy en día se sabe que la exposición continua a niveles elevados de ruido en el espacio laboral también puede desencadenar una serie de patologías no auditivas⁽²⁻⁷⁾. Estos efectos extra-auditivos, aunque menos evidentes que la pérdida auditiva, afectan considerablemente la calidad de vida y desempeño laboral de los colaboradores, repercutiendo en su productividad y los costos asociados para las organizaciones⁽⁸⁻¹²⁾.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) señala que el sometimiento crónico al ruido contribuye de manera directa e indirecta a la aparición de múltiples trastornos de salud⁽¹³⁾. Entre estos destacan alteraciones cardiovasculares como hipertensión arterial y enfermedad coronaria, trastornos psicológicos como ansiedad, estrés crónico y depresión, así como problemas de sueño que afectan la recuperación física y mental⁽¹⁴⁻¹⁶⁾. Estas patologías, asociadas al ruido ocupacional, no solo comprometen la salud de los trabajadores, sino que también repercute en su economía significativamente debido al aumento en el ausentismo laboral, la disminución en la productividad y los costos relacionados con tratamientos médicos⁽¹⁶⁻¹⁸⁾.

El riesgo de desarrollar enfermedades relacionadas con el ruido está influenciado por varios factores, incluidos la intensidad, frecuencia y tiempo de exposición. Niveles superiores a los 85 decibelios dB (A), particularmente en ambientes industriales como la minería, construcción, manufactura y transporte, son considerados peligrosos. El tipo de ruido al que los trabajadores están expuestos ya sea continuo, intermitente o impulsivo, influye significativamente en su impacto sobre la salud, afectando al sistema nervioso, cardiovascular y otros órganos⁽¹⁹⁾. Según el modelo de Basner, el ruido puede generar efectos negativos a través de dos mecanismos principales. La vía indirecta ocurre cuando el ruido es percibido como molesto, generando respuestas emocionales y de estrés que activan el sistema nervioso autónomo y el eje hormonal, favoreciendo enfermedades crónicas. La vía directa que no requiere percepción consciente ya que el ruido activa de forma automática el sistema nervioso central, incluso durante el sueño o con niveles bajos de exposición. Ambas vías explican cómo el ruido afecta la salud más allá del oído, especialmente en contextos de exposición prolongada u ocupacional⁽²⁰⁾.

En términos fisiopatológicos, el ruido excesivo actúa como un agente estresor que estimula tanto el sistema nervioso simpático como el eje hipotalámico-hipofisario-adrenal, generando respuestas hormonales y autonómicas que afectan diversos sistemas del cuerpo, a nivel cardiovascular, la exposición a niveles de ruido que superan a 80 dB(A) se relaciona con un incremento en el riesgo de desarrollar hipertensión, este efecto se explica por la interacción del ruido como un factor estresante

crónico, lo que estimula una liberación de hormonas como cortisol y catecolaminas, y contribuye a cambios en la presión arterial y la función vascular⁽¹⁵⁾, mientras que la liberación sostenida de cortisol puede favorecer el desarrollo de trastornos metabólicos y cardiovasculares.

Asimismo, los efectos psicológicos del ruido, como el estrés crónico, están asociados con una mayor incidencia de ansiedad, irritabilidad, depresión y trastornos del sueño, algunos estudios también sugieren una posible conexión entre la exposición al ruido y la aparición del neuroma acústico,⁽²¹⁾ aunque los datos no son definitivos, teniendo un impacto significativo más allá de la pérdida auditiva que puede conllevar a disminuir la capacidad de los trabajadores para desempeñar sus tareas de manera eficiente y segura⁽²²⁾.

Desde una perspectiva metabólica, el ruido crónico puede inducir estrés oxidativo, un proceso que afecta la salud celular y está vinculado con enfermedades como la diabetes ⁽²³⁾. Además, aunque aún se requiere más investigación, hay evidencia de que el ruido podría contribuir una producción elevada de especies reactivas de oxígeno consiguientemente daño tisular ⁽¹⁰⁾, y ello conlleva a modificaciones epigenéticas, incluyendo alteraciones en la metilación del ADN y en la expresión de microARN, indicando un efecto a nivel molecular⁽²⁴⁾.

A nivel global, las cifras son alarmantes^(17,25,26). La Administración de Seguridad y Salud Ocupacional de los Estados Unidos (OSHA) refiere que más de 22 millones de personas que laboran anualmente enfrentan exposición a niveles de ruido que pueden considerarse peligrosos en sus

ambientes laborales ⁽⁹⁾ y en entornos laborales contribuye a un rango de pérdida auditiva que oscila entre el 7 % y el 21 % en la población trabajadora. Esta problemática muestra una tendencia decreciente en naciones industrializadas, mientras que en los países en desarrollo sigue siendo significativamente elevada⁽²⁷⁾. En América Latina, los datos epidemiológicos muestran una prevalencia significativa de enfermedades ocupacionales relacionadas con el ruido, y ocurre especialmente en industrias como la manufactura, la construcción y la minería. Por ejemplo, en países como México, Brasil y Argentina, entre el 30% y el 50% de las enfermedades ocupacionales reportadas están vinculadas con la exposición al ruido^(28,29).

El reconocimiento para el diagnóstico de las patologías relacionadas al ruido, particularmente las extra-auditivas, representa un desafío para la salud ocupacional debido a su naturaleza multifactorial. Si bien la pérdida auditiva puede diagnosticarse mediante pruebas audiométricas específicas, como la audiometría tonal, los efectos no auditivos suelen requerir una evaluación más exhaustiva. La detección de hipertensión inducida por ruido, por ejemplo, implica monitoreos regulares de la presión arterial, mientras que los trastornos psicológicos requieren herramientas de evaluación psiquiátrica o psicológica para identificar niveles de estrés, ansiedad o depresión.

Ante el enfoque, la promoción y prevención en salud resultan esenciales para disminuir los efectos del ruido dentro del entorno laboral. Las medidas

técnicas, como la insonorización de equipos, el uso de barreras acústicas y el mantenimiento adecuado de maquinaria, son esenciales para disminuir la exposición a ruido. Del mismo modo, los programas de vigilancia auditiva, combinados con el uso adecuado de protectores auditivos, permiten detectar tempranamente los daños y prevenir su progresión. Sin embargo, la educación y sensibilización de los trabajadores sobre los riesgos relacionados a ruido ocupacional también juegan una función esencial en la creación de una cultura de prevención que promueva entornos laborales saludables.

El objetivo principal de esta revisión será identificar y describir las patologías extra-auditivas asociadas al ruido ocupacional, abordando su epidemiología, fisiopatología, criterios diagnósticos, opciones de tratamiento y/o medidas de prevención. En un contexto donde los riesgos ocupacionales relacionados con el ruido continúan siendo una preocupación global, este análisis buscará contribuir al desarrollo de estrategias que minimicen el efecto del ruido en la salud del trabajador y mejoren su calidad de vida y reduzcan las pérdidas económicas derivadas de estas patologías.

II. METODOLOGIA

Tipo y diseño de investigación

El presente estudio corresponde a una investigación básica, de enfoque cualitativo y diseño documental, desarrollada mediante una revisión narrativa de la literatura científica. Este tipo de revisión permite integrar y sintetizar la evidencia disponible sobre un tema específico, facilitando la

comprensión del estado actual del conocimiento y la identificación de los principales hallazgos reportados en la literatura científica.

La revisión se orientó a recopilar, analizar y sintetizar la evidencia relacionada con las patologías extra-auditivas asociadas a la exposición al ruido ocupacional, considerando los diferentes sistemas afectados, los mecanismos fisiopatológicos implicados y las principales implicancias para la salud ocupacional.

Estrategia de búsqueda bibliográfica

Se realizó una búsqueda estructurada de literatura científica en las bases de datos electrónicas PubMed, MEDLINE, EMBASE, Scopus y Web of Science, seleccionadas por su amplia cobertura de publicaciones biomédicas y de salud ocupacional.

La estrategia de búsqueda combinó términos MeSH y palabras clave relacionadas con la exposición al ruido ocupacional y sus efectos extra-auditivos, utilizando operadores booleanos (AND, OR y NOT) para optimizar la recuperación de la evidencia científica.

En PubMed se empleó la siguiente estrategia de búsqueda:

("occupational noise"[Title/Abstract]) AND ("extra-auditory effects"[Title/Abstract] OR "non-auditory effects"[Title/Abstract] OR "cardiovascular"[Title/Abstract] OR "stress"[Title/Abstract] OR "sleep disorders"[Title/Abstract] OR "gastrointestinal"[Title/Abstract] OR "endocrine"[Title/Abstract] OR "cognitive"[Title/Abstract] OR "immune

system"[Title/Abstract]) NOT ("hearing loss"[Title/Abstract] OR "auditory damage"[Title/Abstract]) AND (2015:2025[PDat])

Las estrategias de búsqueda fueron adaptadas a la sintaxis específica de las demás bases de datos, manteniendo los mismos conceptos de búsqueda. Asimismo, se revisaron las listas de referencias de artículos relevantes con el propósito de identificar estudios adicionales de interés.

La búsqueda se limitó a publicaciones comprendidas entre los años 2015 y 2025, con el fin de recopilar la evidencia científica más reciente acerca de las patologías extra-auditivas relacionadas con la exposición ocupacional al ruido.

Una vez obtenidos los resultados de la búsqueda, se procedió a revisar los títulos y resúmenes de las publicaciones recuperadas para determinar su pertinencia respecto al objetivo del estudio. Posteriormente, se realizó la lectura completa de aquellos artículos considerados potencialmente relevantes.

La selección se efectuó considerando la relación entre la exposición al ruido ocupacional y la presencia de efectos extra-auditivos en población trabajadora, priorizando estudios que aportaran información sobre epidemiología, mecanismos fisiopatológicos, manifestaciones clínicas, implicancias laborales y estrategias de prevención.

Cuando se identificaron múltiples publicaciones derivadas de una misma población de estudio, se priorizó aquella que presentaba mayor calidad

metodológica, un periodo de seguimiento más amplio o información más completa. (Anexo 1)

Criterios de inclusión

Se incluyeron artículos científicos que cumplieron los siguientes criterios:

- Estudios originales, revisiones sistemáticas, metaanálisis y revisiones narrativas relacionados con la exposición al ruido ocupacional y sus efectos extra-auditivos.
- Investigaciones realizadas en población trabajadora o con exposición ocupacional al ruido.
- Publicaciones en idioma inglés o español.
- Artículos publicados entre enero de 2015 y diciembre de 2025.
- Estudios con acceso al texto completo.
- Investigaciones que abordaran uno o más efectos extra-auditivos, incluyendo alteraciones cardiovasculares, neuropsicológicas, trastornos del sueño, alteraciones endocrinas y metabólicas, alteraciones gastrointestinales, inmunológicas o cognitivas.

Criterios de exclusión

- Estudios centrados exclusivamente en pérdida auditiva inducida por ruido, tinnitus u otros efectos auditivos sin abordar manifestaciones extra-auditivas.
- Investigaciones realizadas únicamente en población pediátrica o población general sin exposición ocupacional al ruido.

- Cartas al editor, resúmenes de congresos, editoriales, opiniones de expertos y documentos sin revisión por pares.
- Publicaciones duplicadas entre las bases de datos consultadas.
- Artículos cuyo texto completo no estuvo disponible.

Extracción de la información

La información relevante de los estudios incluidos fue organizada mediante una matriz de extracción de datos elaborada para la presente investigación. Para cada publicación se registraron las principales características metodológicas, incluyendo autor, año de publicación, país, diseño del estudio, población evaluada, características de la exposición al ruido, principales desenlaces extra-auditivos investigados y hallazgos más relevantes.

Finalmente, la evidencia recopilada fue analizada mediante una síntesis narrativa, integrando los principales hallazgos reportados por los estudios incluidos.

La información se organizó en función de las principales patologías extra-auditivas asociadas al ruido ocupacional, incluyendo alteraciones cardiovasculares, neuropsicológicas, trastornos del sueño, alteraciones gastrointestinales, endocrinas, metabólicas e inmunológicas. Asimismo, se describieron los mecanismos fisiopatológicos propuestos, las manifestaciones clínicas, las implicancias para la salud ocupacional y las estrategias de prevención descritas en la literatura especialmente según lo indicado por la normativa peruana.

Durante la interpretación de los resultados se consideró la heterogeneidad existente entre los estudios, las diferencias en los métodos de evaluación de la exposición al ruido, la presencia de posibles factores de confusión y la coexistencia de otros agentes ocupacionales que podrían influir en los desenlaces observados.

III. DESARROLLO DEL ESTUDIO

Desde el inicio de los tiempos, el sonido ha sido esencial para el desarrollo humano, ya que actuar como señal de alerta ante peligros permitía dar una respuesta pertinente a cada situación. Sin embargo, cuando un sonido se vuelve desagradable, nocivo o no deseado según el contexto, se le define como ruido ⁽³⁰⁾.

En la actualidad, la exposición no solo tiene un efecto perjudicial auditivo, sino también en otros sistemas lo cual puede repercutir a corto o largo plazo en el trabajador expuesto, acumulando a largo plazo daños irreversibles a lo que anteriormente se conceptualizaba solo como daño a predominio auditivo siendo el más característico la hipoacusia inducida a ruido.

En la siguiente revisión se detalla sobre los hallazgos principales de estudios y revisiones donde se haga mención del efecto negativo extra-auditivo relacionado por el ruido ocupacional en trabajadores dentro de los cuales se abordará la afectación cardiovascular, efectos neuropsicológicos y del sistema nervioso, efectos metabólicos, gastrointestinales e inmunológicos y efectos otorrinolaringológicos extra-auditivos los cuales no suelen ser una

consideración en la protección laboral pudiendo provocar consecuencias lo cual podría verse evidenciado en la ausencia de la calidad y desempeño del trabajador ya sea a corto como en el largo plazo.

A través de los años los ambientes laborales se han desarrollado al punto de sistematizar ciertos procesos los cuales facilitan la labor del trabajador para la simplificación de tareas aumentando la productividad y aliviando la carga laboral, sin embargo, muchos de estos procesos son realizados por maquinaria o la intervención de instrumentos que, si bien facilitan y optimizan parte del trabajo, podrían producir otros tipos de repercusiones en el trabajador y en el ambiente laboral identificado en diversos sectores como en el sector minero, manufacturera, construcción, comercio, etc⁽³¹⁾.

Antes de abocarnos a la influencia, relación y sus repercusiones de este fenómeno en la fisiología del individuo, debemos de caracterizarlo. Para comprender las implicancias del ruido debemos comprender inicialmente que es el sonido. Este se define como una energía provocada por la vibración de un cuerpo u objeto que se transmite por un medio, como el agua o el aire, etc, dentro de la concepción de esta definición, la conversión de este proceso para el oído es en sonidos, además que este posee características representativas como la intensidad y frecuencia⁽³²⁾.

Hablamos de daño auditivo cuando la exposición de ruido es mayor a 85 dB (A) dentro de un turno laboral de 8 horas⁽³²⁾, pero alguna vez nos hemos preguntado, ¿realmente el único daño por el riesgo físico del ruido es el daño

auditivo?, ¿cuál es o existe un umbral que se debe sobrepasar para provocar un daño en otros órganos o sistemas que no sea el daño auditivo?, generando esto un espacio de dudas. Sin embargo, existe importancia en entender el mecanismo de lo que es el ruido en sí bajo un enfoque fisiopatológico.

Activación del sistema nervioso simpático

Hemos de considerar que el Sistema Nervioso Autónomo (SNA) es un componente fundamental del Sistema Nervioso Periférico (SNP) ya que dentro de sus tantas funciones cumple el rol importante en la regulación de respuestas fisiológicas frente a factores de estrés. Entre estos factores, la exposición aguda a diferentes tipos de ruido es un desencadenante importante en su activación, lo que desencadena una serie de repercusiones sobre la salud⁽²⁰⁾.

El ruido intenso y persistente es percibido por el cerebro como una amenaza potencial, lo que desencadena la activación del eje hipotalámico-hipofisario-adrenal (HHA), además de la liberación de catecolaminas⁽⁶⁾. Esta activación inicia una serie de respuestas fisiológicas incluyendo el incremento de la frecuencia cardíaca con consecuente incremento de exigencia en oxígeno y el gasto cardíaco, asimismo la elevación de la presión arterial conllevando una mayor vasoconstricción aumentando la resistencia vascular periférica⁽²⁰⁾; por otro lado, se incrementa la actividad metabólica dando inicio a la movilización de reservas energéticas para afrontar la situación de estrés y por último, pero no menos importante la modulación de la respuesta inmunológica pudiéndose alterar la función

inmune, favoreciendo procesos inflamatorios, siendo esto evidente en algunos estudios donde se observa que hay un aumento de citoquinas como la proteína C reactiva de elevada sensibilidad y glutatión peroxidasa^(3,33).

Sin embargo, hay que tener en cuenta que cuando el Sistema Nervioso Simpático (SNS) permanece estimulado por largos periodos debido a exposición constante a ruido ambiental o laboral conducen a efectos negativos en distintos sistemas del organismo como el sistema cardiovascular, donde algunos estudios ya se ha evidenciado relación con hipertensión arterial^(7,34), incremento del riesgo de infarto agudo de miocardio (IAM) y enfermedad arterial coronaria⁽³⁵⁾; el sistema endocrino y metabólico elevando los niveles de glucosa circulante y predisposición a diabetes tipo 2 y como ya se había mencionado la afectación al sistema nervioso central donde desencadena estrés crónico, ansiedad, insomnio y deterioro cognitivo^(11,36).

Liberación de hormonas del estrés

La exposición a estímulos estresantes como el ruido activa el eje HHA, conlleva a la liberación de hormonas del estrés, principalmente cortisol, adrenalina y noradrenalina, las cuales cumplen una función importante en la adaptación del organismo ante situaciones estresantes, pero cuando su liberación es crónica, pueden generar diversos problemas de salud^(37,38).

En el caso del cortisol, denominada también como la hormona del estrés, es producida por las glándulas suprarrenales ante el estímulo del eje HHA. Si

bien cumple un rol importante para la regulación del metabolismo aumentando la disponibilidad de glucosa para afrontar situaciones de estrés, modula la respuesta inmune aumentando la inflamación y la actividad del sistema inmunológico, también tiene sus repercusiones ante una sobreproducción prolongada frente a una exposición prolongada a ruido lo que aumenta del riesgo de síndrome metabólico y obesidad, disfunción del sistema inmune y mayor predisposición a infecciones, trastornos psiquiátricos como depresión y ansiedad e incluso afecta la función cognitiva en niveles elevados pudiendo producir pérdida de memoria y dificultades en la toma de decisiones^(11,16,36).

En el caso de la adrenalina y noradrenalina, estas responden rápidamente ante un estímulo al estrés, su liberación en el organismo evidencia un incremento inmediato de la frecuencia cardíaca y la presión arterial, vasoconstricción periférica para redirigir sangre a órganos vitales y estímulo del metabolismo para liberar energía rápidamente⁽³⁾. Su liberación de estas hormonas se mantiene por exposición crónica al ruido predisponiendo a un riesgo de enfermedades cardiovasculares y trastornos metabólicos^(5,39).

Estrés oxidativo e inflamación sistémica

La exposición crónica al ruido ambiental u ocupacional se reconoce actualmente como un estresor ambiental capaz de desencadenar una serie de respuestas neuroendocrinas y moleculares que contribuyen al desarrollo de diversas enfermedades crónicas. El mecanismo fisiopatológico inicial ha sido descrito en el denominado “noise reaction model”, en el cual el

estímulo acústico es reconocido por el sistema nervioso central como un factor de estrés que activa circuitos corticales y subcorticales relacionados con la respuesta al estrés. Esta activación conduce a la estimulación del eje HHA y del sistema nervioso simpático, con la consecuente liberación de catecolaminas y cortisol, dando consigo una respuesta fisiológica sistémica que, cuando es persistente, puede producir efectos adversos en múltiples órganos y sistemas ^(40,41).

La activación sostenida de estas vías neuroendocrinas desencadena posteriormente una serie de alteraciones moleculares caracterizadas por la producción excesiva de especies reactivas de oxígeno (ROS) y el desencadenamiento de procesos inflamatorios. El estrés oxidativo resulta de la pérdida del equilibrio entre la producción de radicales libres y los mecanismos antioxidantes celulares, fenómeno que puede originarse a partir de diversas fuentes intracelulares, incluyendo disfunción mitocondrial, activación de NADPH oxidasa y alteraciones en las enzimas productoras de óxido nítrico ^(41,42). En este sentido, se ha descrito que la exposición a ruido puede inducir desacoplamiento del óxido nítrico sintasa endotelial y neuronal (eNOS y nNOS), lo que reduce la biodisponibilidad de óxido nítrico y favorece la producción de superóxido, contribuyendo a la disfunción endotelial y al desarrollo de alteraciones vasculares⁽⁴⁰⁾.

El estrés oxidativo inducido por el ruido también puede actuar como un modulador clave de la respuesta inflamatoria. Las ROS activan diferentes vías de señalización intracelular y factores de transcripción redox-dependientes que modulan la expresión de genes proinflamatorios,

promoviendo la liberación de citocinas como interleucina-6 (IL-6), factor de necrosis tumoral alfa (TNF- α) y otras moléculas mediadoras de la inflamación. Este proceso contribuye al establecimiento de un estado de inflamación sistémica de bajo grado que se ha relacionado con la evolución de enfermedades cardiovasculares, metabólicas y neurológicas relacionadas con la exposición a factores ambientales^(41,43).

La evidencia experimental respalda este modelo fisiopatológico. En modelos animales expuestos a ruido de aeronaves se ha observado aumento significativo del estrés oxidativo vascular y cerebral, acompañado de infiltración de células inmunes y activación de NADPH oxidasa (NOX-2), lo que conduce a disfunción endotelial y alteraciones de regulación en la presión arterial⁽⁴⁴⁾. Similar en otros estudios experimentales, han demostrado que la exposición al ruido podría potenciar los efectos de factores de riesgo cardiacos preexistentes, amplificando la inflamación vascular y el estrés oxidativo en tejidos cardíacos, vasculares y cerebrales⁽⁴⁵⁾.

Además del daño vascular, el estrés oxidativo inducido por el ruido cumple un rol relevante sobre la lesión en estructuras neurosensoriales. Diversos estudios han demostrado que la producción excesiva de ROS y citocinas proinflamatorias puede inducir apoptosis a las células ciliadas del oído interno, contribuyendo al desarrollo de hipoacusia inducida por ruido y otros trastornos auditivos⁽⁴⁶⁾. Asimismo, se ha propuesto que la desregulación de mecanismos epigenéticos, como la alteración en la expresión de microARN implicados en la regulación de la respuesta oxidativa e inflamatoria, podría

participar en la modulación del daño celular inducido por la exposición acústica⁽⁴⁷⁾.

Por otra parte, los sistemas celulares cuentan con mecanismos de defensa frente al daño oxidativo. Entre ellos destaca la vía regulada por el factor de transcripción (Nrf2) también conocido como factor nuclear eritroide 2 relacionado con el factor 2, que controla la expresión de numerosas enzimas antioxidantes y citoprotectores. La activación de esta vía constituye un mecanismo adaptativo fundamental frente a diversos estresores ambientales, incluyendo el ruido, al limitar la acumulación de ROS y modular la respuesta inflamatoria⁽⁴²⁾.

En conjunto, la exposición crónica al ruido desencadena una cascada fisiopatológica caracterizada por activación neuroendocrina, aumento del estrés oxidativo y establecimiento de inflamación sistémica, procesos que interactúan entre sí y contribuyen al desarrollo de múltiples efectos extra-auditivos del ruido, incluyendo alteraciones cardiovasculares, metabólicas y neurológicas. Este eje fisiopatológico representa un mecanismo central para comprender el vínculo entre la exposición del ruido y el aumento del riesgo de enfermedades crónicas en poblaciones expuestas a largo plazo.

Ámbito laboral

El ruido ocupacional es un problema significativo en múltiples sectores industriales y de servicios, donde la exposición prolongada a altos niveles de sonido se relaciona con daños auditivos permanentes y otros efectos adversos

en la salud. Diferentes estudios han identificado que los sectores más afectados incluyen la industria manufacturera, transporte, la milicia, construcción, agricultura y la minería⁽¹⁹⁾. Cada uno de estos sectores presenta características particulares respecto a fuentes de ruido y niveles de exposición^(12,48).

Según su comportamiento temporal, el ruido ocupacional puede clasificarse en continuo, intermitente e impulsivo. Esta distinción no es solo descriptiva, ya que la estructura temporal de la exposición influye en la magnitud y el tipo de daño asociado. En términos generales, el ruido impulsivo tiende a producir un mayor deterioro que el ruido continuo de igual energía, debido a sus picos breves de alta intensidad⁽⁴⁹⁾. Asimismo, su relevancia no se limita al daño auditivo, pues también se han descrito efectos extra-auditivos. En un estudio experimental realizado durante trabajo mental, la exposición a ruido impulsivo de 65 dB (A) LAeq produjo mayor molestia que un ruido estable del mismo nivel sonoro ($F=16,9$; $p<0,001$), además de mayor carga de trabajo percibida ($F=7,8$; $p=0,001$), mayor falta de energía ($F=5,1$; $p=0,009$) y aumento del cortisol ($t=-3,4$; $p=0,002$), lo que evidencia una respuesta de estrés más marcada incluso a intensidades moderadas⁽⁸⁾. Por otro lado, en un estudio en trabajadores coreanos, los operarios de fábrica expuestos a ruido continuo con una media de 82 dB(A) presentaron mayor pérdida auditiva en las frecuencias de 2, 3 y 4 kHz que los bomberos con exposición más intermitente e irregular, diferencia que se mantuvo significativa tras el ajuste por edad, tiempo de empleo y tabaquismo ($p<0,0001$). Además, entre quienes tenían 10 años de empleo, las pérdidas

auditivas medias en los trabajadores de fábrica ya se encontraban en rango de deterioro >25 dB(A)⁽⁵⁰⁾. En conjunto, estos hallazgos sugieren que la valoración del riesgo ocupacional no debe limitarse al nivel promedio de ruido, sino considerar también su patrón temporal, ya que este puede condicionar tanto el daño auditivo como respuestas extra-auditivas de estrés fisiológico.

En el sector manufacturero, el ruido se origina principalmente en las líneas de producción automatizadas, prensas, tornos, fresadoras y otras maquinarias, las cuales pueden generar niveles superiores a 85 dB(A), lo que incrementa el riesgo de hipoacusia ocupacional cuando no se implementan medidas de control adecuadas^(51,52). Alcívar encontró en los trabajadores de una empresa metalúrgica peruana una alta prevalencia de pérdida auditiva inducida por ruido (PAIR), especialmente aquellos expuestos a niveles mayores de 90 dB(A) durante más de ocho horas diarias⁽⁵³⁾. En este sector, la exposición no solo proviene del funcionamiento continuo de la maquinaria, sino también de los impactos generados por piezas metálicas durante los procesos de ensamblaje. Aunque tradicionalmente la atención se ha centrado en el daño auditivo, en la actualidad existe evidencia que respalda la presencia de efectos extra-auditivos. En este sentido, Sakthivel, en un estudio realizado en la industria siderúrgica, encontró que ante constante exposición al ruido se relaciona con fatiga, cefalea, incremento de la frecuencia cardíaca durante la jornada laboral y una asociación significativa con la presión arterial sistólica y diastólica en las áreas de mayor ruido⁽⁵⁴⁾. De manera similar, en una fábrica

de neumáticos, Cho et al.⁽⁵⁵⁾ observaron que los trabajadores del turno nocturno con mayor exposición al ruido presentaron una probabilidad 3,36 veces mayor de desarrollar insomnio en comparación con aquellos con menor exposición (OR = 3,36; IC 95%: 1,083–10,405), mientras que, en trabajadores de manufactura automotriz del sur de China, una mayor exposición acumulada al ruido se asoció con mayor probabilidad de sobrepeso u obesidad (OR = 1,57; IC 95%: 1,21–2,04), relación que además fue más marcada en quienes realizaban trabajo por turnos y nocturno⁽⁵⁶⁾. En conjunto, estos hallazgos sugieren que la exposición prolongada al ruido en la industria manufacturera no solo favorece la aparición de pérdida auditiva progresiva, sino también alteraciones del sueño, cardiovasculares y metabólicas, cuya magnitud puede verse influida por factores individuales como el sexo, la edad y la presencia de enfermedades preexistentes, afectando de manera integral la salud, la comunicación y el desempeño laboral del trabajador^(57,58).

El sector construcción constituye uno de los ámbitos laborales con mayor exposición al ruido ocupacional debido al uso constante de martillos neumáticos, sierras eléctricas, excavadoras y otra maquinaria pesada. Los niveles de ruido en este sector pueden alcanzar hasta 100 dB(A) y, en algunos casos, superar los 110 dB(A) durante actividades como la demolición o la perforación de concreto^(59,60). Un desafío particular en este ámbito es la movilidad de los trabajadores entre distintas obras, lo que dificulta la implementación de programas de monitoreo de la exposición al ruido a largo plazo⁽⁶¹⁾. Asimismo, la exposición intermitente a ruidos de

alto impacto puede asociarse a un deterioro auditivo acelerado, incluso en etapas tempranas de la vida laboral ⁽⁶²⁾. Además, la interferencia del ruido en la comunicación entre los operarios podría contribuir a errores en la coordinación de tareas, incrementando así el riesgo de accidentes laborales ^(63,64).

En la industria minera, el empleo de equipos como perforadoras, detonaciones y sistemas de ventilación en espacios reducidos puede generar niveles elevados de ruido, que en determinadas actividades pueden superar los 100 dB(A) e incluso alcanzar valores superiores a 110 dB(A)⁽⁶⁵⁾. Investigaciones previas han señalado que los trabajadores de este sector enfrentan un riesgo elevado de desarrollar hipoacusia ocupacional y otros problemas auditivos debido a las combinaciones mixtas como del ruido con la exposición a vibraciones^(66,67). La estructura de las minas subterráneas favorece la amplificación, reflexión y persistencia del sonido, intensificando la exposición y elevando los niveles de presión sonora a valores perjudiciales. La exposición reiterada a detonaciones controladas y la interacción frecuente con maquinaria de gran tamaño también generan efectos negativos sobre el sistema auditivo, aumentando la probabilidad de una pérdida auditiva irreversible a largo plazo^(68,69).

El sector del transporte también presenta un alto riesgo de exposición al ruido ocupacional, afectando a trabajadores como conductores de autobuses, trenes y camiones, la exposición al ruido proviene del motor, las vibraciones estructurales, así como el tráfico circundante, lo que induce daños auditivos

acumulativos y afecta la capacidad de concentración de los conductores^(70,71). Aunque los niveles de ruido en el transporte pueden no ser tan elevados como en la minería o la construcción, la exposición constante durante jornadas laborales prolongadas representa un riesgo significativo y esto se observa en la población de conductores de vehículos pesados están expuestos de manera crónica al ruido intracabina generado por el motor y por el entorno vial, exposición que no solo se ha relacionado con daño auditivo, sino también con efectos extra-auditivos, especialmente cardiovasculares y de estrés fisiológico. En un estudio comparativo realizado en Puducherry, los conductores de bus presentaron presión arterial sistólica y diastólica significativamente mayores que los trabajadores de oficina utilizados como grupo control, y además se observó una correlación positiva entre el nivel de expuesto a ruido y la presión arterial⁽⁷²⁾. Hallazgo similar en conductores de buses urbanos de Hamadan, la frecuencia cardiaca aumentó de 74.22 ± 4.11 a 79.23 ± 8.59 latidos por minuto tras la jornada, y la exposición al ruido se asoció de manera independiente con dicha respuesta fisiológica ($\beta = 0.193$; $p < 0.001$)⁽⁷⁰⁾. Asimismo, en operadores de transporte público de Chihuahua, la exposición ocupacional al ruido alcanzó picos de 106.7 dB(A) y se asoció con incremento de la presión arterial y de los triglicéridos, lo cual sugiere un posible incremento del riesgo cardiovascular⁽⁷³⁾. En conjunto, estos hallazgos respaldan que ante exposición constante al ruido en conductores profesionales podría contribuir no solo al deterioro auditivo, sino también a respuestas cardiovasculares y metabólicas adversas. En trabajadores ferroviarios, especialmente en

personal de operación, la exposición al ruido puede alcanzar niveles elevados; en maquinistas de tren diésel se ha reportado un Leq de 90,3 dBA en cabina y picos de hasta 120 dB(A) por el silbato, asociados además con cambios en la presión arterial sistólica y diastólica⁽⁷⁴⁾.

La industria metalmecánica enfrenta un problema similar debido al uso de prensas, maquinaria de corte, equipos de conformado y otros procesos industriales que pueden generar exposiciones peligrosas al ruido, con niveles frecuentemente superiores a 85 dB(A) y, en algunos operarios de maquinaria, entre 85 y 105 dB(A). Esta exposición incrementa el riesgo de lesiones auditivas permanentes; por ejemplo, en trabajadores de la industria del acero expuestos a niveles equivalentes >85 dB(A), la probabilidad de hipoacusia inducida por ruido fue 6.55 veces mayor que en trabajadores no expuestos (OR = 6.55; IC 95%: 4.13–10.40)⁽⁷⁵⁾. Además, la afectación no se limita al sistema auditivo, ya que en una planta siderúrgica se observó que 57% de los trabajadores superaban los valores límite recomendados, con una exposición media de 88.5 dB(A), asociándose el ruido elevado con fatiga (54%), cefalea crónica (5%) y aumento de la frecuencia cardiaca durante la jornada⁽⁵⁴⁾.

Los efectos del ruido ocupacional van más allá de la pérdida auditiva, ya que también pueden afectar el rendimiento laboral y la salud mental. La exposición prolongada al ruido puede incrementar los valores de cortisol y otros indicadores de estrés, contribuyendo al desarrollo de enfermedades cardiovasculares. Asimismo, el ruido interfiere en la comunicación efectiva entre los trabajadores, lo que puede dificultar la coordinación de tareas en

ambientes ruidosos y resultar en riesgos operacionales. En estos contextos, los trabajadores suelen verse obligados a aumentar la intensidad de la voz para comunicarse, fenómeno conocido como efecto Lombard, que incrementa el esfuerzo vocal y puede favorecer la aparición de fatiga vocal y otros trastornos de la voz a lo largo de los turnos laborales.

Se ha observado que, en entornos con altos niveles de ruido, los trabajadores pueden presentar trastornos del sueño, fatiga y dificultades en la elección de decisiones, que impacta negativamente en la seguridad y la productividad. A ello se suma que el esfuerzo vocal sostenido para mantener la comunicación en ambientes ruidosos contribuyendo con síntomas como ronquera, sequedad de garganta o cansancio al hablar, especialmente en ocupaciones donde la coordinación de tareas depende de la interacción verbal constante.

La ausencia de barreras acústicas, la falta de rotación en turnos de alta exposición y la insuficiente fiscalización del cumplimiento de normativas laborales contribuyen a agravar la situación. En algunos sectores, el incumplimiento de regulaciones en materia de ruido compromete tanto la seguridad auditiva de los empleados como el bienestar general y calidad de vida a largo plazo.

Factores de riesgo

El impacto del ruido ocupacional en la salud depende de múltiples factores, entre los cuales destacan la intensidad del ruido, el tiempo de exposición y la susceptibilidad individual. Estos elementos determinan el grado de daño

auditivo y las posibles afecciones extra-auditivas que pueden desarrollarse con la exposición prolongada. La ausencia de barreras acústicas, la falta de rotación en turnos de alta exposición y la insuficiente fiscalización del cumplimiento de normativas laborales contribuyen a agravar la situación. En algunos sectores, el incumplimiento de regulaciones en materia de ruido pone en riesgo la seguridad en salud de los empleados y su calidad de vida a largo plazo⁽⁷⁶⁾.

La intensidad del ruido se mide en decibeles (dB), donde valores superiores a 85 dB(A) pueden inducir daño auditivo si la exposición es prolongada. En entornos industriales, los niveles pueden superar los 120 dB(A), asociándose a trauma acústico agudo e irreversible por daño a las células ciliadas del órgano de Corti⁽⁷⁷⁾.

El tiempo de exposición es otro factor determinante en la patogénesis del daño auditivo. Si el nivel de ruido asciende a 100 dB(A), el tiempo máximo de exposición permisible se reduce a 2 horas, y si se alcanzan 110 dB(A), la exposición no debe superar los 30 minutos sin dispositivos de protección auditiva adecuados⁽⁴⁾. En muchas industrias, el incumplimiento de estos límites incrementa el riesgo de daño auditivo acumulativo. La sobreexposición crónica al ruido incrementa la probabilidad de desarrollar hipoacusia neurosensorial irreversible, que puede manifestarse clínicamente con disminución progresiva de la percepción auditiva y tinnitus. Estudios longitudinales han evidenciado que los trabajadores expuestos a ruido constante pueden desarrollar pérdida auditiva clínicamente significativa en un período de cinco a diez años de exposición continua⁽⁷⁸⁻⁸⁰⁾.

La susceptibilidad individual es un determinante fundamental en la respuesta fisiológica al ruido ocupacional. No todos los trabajadores presentan la misma resistencia a la exposición auditiva crónica. Individuos con antecedentes de patologías metabólicas, hipertensión arterial o enfermedades cardiovasculares pueden experimentar un deterioro auditivo más acelerado debido a la alteración del flujo sanguíneo coclear y el daño oxidativo acumulativo en las células ciliadas ⁽⁷⁶⁾. Además, factores genéticos influyen en la susceptibilidad individual a la hipoacusia inducida por ruido, debido diversos polimorfismos en genes relacionados con mecanismos antioxidantes y homeostasis coclear se han asociado con mayor vulnerabilidad al daño auditivo⁽⁸¹⁾. Durante el embarazo, la exposición ocupacional a ruido intenso también puede afectar al feto; niveles superiores a 80 a 85 dB (A) se han relacionado con incremento del riesgo de parto prematuro⁽⁸²⁾. Asimismo, el feto puede responder a estímulos acústicos con alteraciones en la frecuencia cardíaca y la actividad motora, y exposiciones prenatales prolongadas a ruido elevado podrían afectar el desarrollo del sistema auditivo fetal^(83,84).

Los trabajadores jóvenes expuestos a ruido desde edades tempranas presentan un mayor riesgo de daño auditivo irreversible si no cuentan con medidas de protección adecuadas. La exposición crónica a ruido durante los primeros años de la vida laboral puede acelerar el envejecimiento auditivo, disminuyendo la reserva funcional del sistema auditivo y generando hipoacusia prematura. Por otro lado, los adultos mayores con historia de exposición prolongada a ruido presentan mayor prevalencia de presbiacusia

exacerbada, tinnitus persistente y dificultad en la discriminación del habla, que pone en riesgo la calidad de vida y la capacidad de comunicación en entornos laborales y sociales⁽⁸⁵⁾.

III.I. EFECTOS EXTRA-AUDITIVOS DEL RUIDO OCUPACIONAL

a) Enfermedades cardiovasculares

Epidemiología

La exposición crónica al ruido ocupacional se ha relacionado con efectos adversos sobre el sistema cardiovascular, siendo la hipertensión arterial el desenlace con evidencia más consistente. En una revisión sistemática con metaanálisis de 24 estudios observacionales, Bolm-Audorff et al. encontraron que la exposición ocupacional a ruido ≥ 80 dB(A) se asoció con mayor riesgo de hipertensión, con un tamaño de efecto combinado de 1.81 (IC95%: 1.51-2.18). Además, observaron una relación dosis-respuesta: 1.21 para exposiciones ≤ 80 dB(A), 1.77 para $>80-\leq 85$ dB(A) y 3.50 para $>85-\leq 90$ dB(A), lo que respalda un aumento progresivo del riesgo con mayores intensidades de exposición⁽⁴⁾.

Estos hallazgos son concordantes con el estudio transversal de Wang et al. en la cohorte Dongfeng-Tongji, que incluyó 22,450 participantes. En este estudio, una duración de exposición al ruido ocupacional de 20 años o más se asoció con mayor probabilidad de hipertensión (OR = 1.09; IC95%: 1.00-1.18), con una asociación más evidente en varones (OR = 1.16; IC95%:

1.03-1.31). En el subanálisis de 10,636 sujetos, la pérdida auditiva bilateral, considerada marcador indirecto de exposición prolongada a ruido intenso, se asoció con hipertensión (OR = 1.39; IC95%: 1.24-1.54). El metaanálisis incluido por los autores mostró un OR combinado de 1.25 (IC95%: 1.10-1.42) para la asociación entre ruido ocupacional e hipertensión⁽⁸⁶⁾.

La evidencia longitudinal también apoya esta relación. Skogstad et al., en un metaanálisis de estudios prospectivos, reportaron que la exposición a ruido en el trabajo se asoció con hipertensión con un HR de 1.68 (IC95%: 1.10-2.57). En el mismo análisis, la asociación con enfermedad cardiovascular global fue más modesta (RR = 1.34; IC95%: 1.15-1.56) y el efecto sobre mortalidad cardiovascular fue pequeño (HR = 1.12; IC95%: 1.02-1.24), lo que sugiere que la evidencia más robusta se concentra en hipertensión, mientras que para otros desenlaces cardiovasculares la magnitud del efecto es menor y la certeza más limitada⁽⁸⁷⁾.

De forma similar, la revisión sistemática de la OMS/OIT concluyó que la evidencia para cardiopatía isquémica incidente era de “evidencia limitada de nocividad”, con un RR = 1.29 (IC95%: 1.15-1.43), mientras que para hipertensión incidente (RR = 1.07; IC95%: 0.90-1.28), accidente cerebrovascular incidente (RR = 1.11; IC95%: 0.82-1.65) y mortalidad por enfermedad isquémica o Accidente Cerebrovascular (ACV), la evidencia fue considerada inadecuada o de baja certeza⁽⁸⁷⁾. Esta diferencia entre metaanálisis probablemente refleja variaciones en criterios de inclusión, definición de exposición, calidad metodológica y priorización de estudios longitudinales.

En población china, un metaanálisis de 11 estudios reportó que los trabajadores expuestos a ruido ocupacional presentaban 2.55 veces más riesgo de hipertensión en comparación con controles (OR = 2.55; IC95%: 1.94-3.36) y 2.27 veces más probabilidad de alteraciones electrocardiográficas (OR = 2.27; IC95%: 1.96-2.62). Sin embargo, estos resultados deben interpretarse con cautela por la presencia de sesgo de publicación y por el predominio de estudios transversales⁽⁸⁸⁾.

En conjunto, la literatura disponible sugiere que el ruido ocupacional es un factor de riesgo cardiovascular modificable, con evidencia más sólida para hipertensión arterial y evidencia más heterogénea para cardiopatía isquémica, alteraciones electrocardiográficas, enfermedad cerebrovascular y mortalidad cardiovascular^(4,86-89).

Mecanismos fisiopatológicos

El ruido ocupacional actúa como agente estresor físico y psicosocial crónico capaz de inducir respuestas neuroendocrinas y hemodinámicas persistentes. Los mecanismos previamente descritos, explican como se instaura la disfunción endotelial desencadenando a largo plazo frente a una exposición prolongada el desarrollo de hipertensión y enfermedad cardiovascular, teniendo como síntomas iniciales el aumento de la frecuencia cardiaca e incremento de la presión arterial con consecuente elevación de carga hemodinámica cardiovascular^(87,89,91).

La activación sistémica contribuye también a inflamación sistémica de bajo grado, alteraciones metabólicas y disfunción vascular, mecanismos plausibles no solo en la génesis de hipertensión sino también de cardiopatía isquémica donde se evidencia un deterioro de la función endotelial, rigidez arterial y aterogénesis. Estos mecanismos son biológicamente plausibles para explicar la asociación observada en algunos estudios longitudinales^(87,89).

Alteración del sueño y efectos cardiometabólicos

Aunque este mecanismo ha sido descrito principalmente para ruido ambiental y aeronáutico, es relevante como vía fisiopatológica general del ruido crónico. Estudios recientes en cohortes de enfermeras expuestas a ruido aeronáutico nocturno observaron una asociación modesta con hipertensión incidente; por ejemplo, Peters et al. reportaron un HR ajustado de 1.11 (IC95%: 1.01-1.23) para exposición a $L_{night} \geq 45$ dB frente a niveles <45 dB(A)⁽⁹²⁾. Si bien estos resultados no corresponden a exposición ocupacional estricta, refuerzan la plausibilidad biológica de que la alteración del sueño pueda contribuir al riesgo hipertensivo asociado al ruido.

Interacción con otros factores de riesgo

La magnitud del efecto cardiovascular del ruido puede aumentar cuando coexisten otros factores, como tabaquismo, edad, vibración, calor, trabajo por turnos, solventes, monóxido de carbono, metales pesados, obesidad o

enfermedad metabólica. Una revisión sistemática sobre efectos combinados concluyó que hipertensión, sobrecarga cardiovascular y disminución del rendimiento pueden intensificarse por estas coexposiciones, aunque la evidencia para efectos no auditivos aún es limitada⁽⁹³⁾.

Manifestaciones clínicas

La principal manifestación cardiovascular asociada al ruido ocupacional es la hipertensión arterial. Este hallazgo es el más consistente entre estudios transversales, de cohorte y metaanálisis, especialmente con exposiciones iguales o superiores a 80-85 dB(A) y con mayor duración acumulada de exposición^(4,86,87).

La cardiopatía isquémica también ha sido relacionada con el ruido ocupacional, aunque con menor consistencia. La revisión OMS/OIT estimó un RR de 1.29 (IC95%: 1.15-1.43) para cardiopatía isquémica incidente en trabajadores expuestos a ≥ 85 dB(A), pero calificó la certeza de la evidencia como baja y la fuerza de asociación como limitada ⁽⁸⁷⁾. De manera concordante, Skogstad et al. hallaron una asociación modesta entre ruido ocupacional y enfermedad cardiovascular global (RR = 1.34; IC95%: 1.15-1.56)⁽⁸⁹⁾.

En cuanto a alteraciones electrocardiográficas, el metaanálisis de Yang et al. informó una mayor probabilidad de ECG anormal en trabajadores expuestos (OR = 2.27; IC95%: 1.96-2.62)⁽⁸⁸⁾. No obstante, este resultado procede principalmente de estudios chinos y de diseño transversal, por lo

que debe ser interpretado con prudencia y no equipararse automáticamente a enfermedad cardiovascular clínica establecida.

La relación entre ruido ocupacional y accidente cerebrovascular es menos concluyente. El metaanálisis de la OMS/OIT reportó para ACV incidente un RR = 1.11 (IC95%: 0.82-1.65), sin demostrar una asociación robusta⁽⁸⁷⁾. Por ello, actualmente no puede afirmarse con la misma certeza que el ruido ocupacional sea un factor causal establecido para enfermedad cerebrovascular, aunque existen hipótesis fisiopatológicas plausibles.

Patologías cardiovasculares o vasculares adicionales

Además de la hipertensión y la cardiopatía isquémica, algunos estudios recientes sugieren asociaciones con otros desenlaces vasculares o cardiometabólicos, aunque la evidencia es todavía emergente.

En el ámbito cardiometabólico, una revisión con metaanálisis que incluyó 44,698 individuos encontró que la exposición al ruido se asoció con moderado riesgo de síndrome metabólico (RR ajustado = 1.27; IC95%: 1.02-1.60). Asimismo, se observaron incrementos para componentes específicos, como presión arterial (RR = 1.11; IC95%: 1.02-1.21) y glucosa sanguínea (RR = 1.11; IC95%: 1.06-1.17). Al excluir un estudio de baja calidad, el subgrupo de ruido ocupacional mostró un RR = 2.21 (IC95%: 1.41-3.44)⁽⁹⁴⁾. Aunque el síndrome metabólico no constituye una enfermedad cardiovascular en sentido estricto, representa un importante mediador del riesgo vascular.

En trabajadoras embarazadas, la exposición ocupacional al ruido también se ha vinculado con algunas complicaciones vasculares del embarazo. Un metaanálisis encontró asociación con preeclampsia (RR = 1.07; IC95%: 1.04-1.10), aunque no con trastornos hipertensivos del embarazo en general (RR = 1.10; IC95%: 0.96-1.25) ni con diabetes gestacional⁽⁹⁵⁾. Más recientemente, un estudio de cohorte basado en registros nórdicos encontró que la exposición ocupacional >80 dB(A), comparada con <70 dB(A), se asoció con mayor odds de diabetes gestacional (OR = 1.26; IC95%: 1.04-1.51) y con una asociación limítrofe para preeclampsia leve (OR = 1.22; IC95%: 0.99-1.51), sin asociación con hipertensión gestacional ni preeclampsia severa⁽⁹⁶⁾. Estos resultados son de interés, pero deben presentarse como evidencia emergente y no como efecto establecido.

Diagnóstico

Desde una perspectiva clínica, la principal alteración cardiovascular asociada a la exposición crónica al ruido ocupacional es la hipertensión arterial, considerada el desenlace clínico más consistente descrito en la literatura. A diferencia de la pérdida auditiva inducida por ruido, que presenta una relación causal directa con la exposición acústica, las alteraciones cardiovasculares suelen desarrollarse de forma progresiva y multifactorial, generalmente tras exposiciones prolongadas y acumulativas. En este contexto, la hipertensión asociada al ruido no presenta características clínicas específicas que permitan diferenciarla de otras formas de hipertensión primaria, como consecuencia el diagnóstico se basa

en los criterios clínicos habituales utilizados en la práctica médica. Sin embargo, en trabajadores con exposición constante a niveles elevados de ruido, la identificación de cifras tensionales elevadas debe motivar la consideración de factores ocupacionales como posibles contribuyentes al riesgo cardiovascular. Por ello, la vigilancia periódica de la presión arterial en programas de salud ocupacional adquiere especial relevancia para la detección temprana de alteraciones hemodinámicas en poblaciones expuestas.

Respecto a las alteraciones electrocardiográficas inespecíficas, como cambios en la repolarización ventricular, variaciones en el ritmo cardíaco o trastornos leves de la conducción. Estos hallazgos podrían reflejar alteraciones en la regulación autonómica cardiovascular asociadas a la activación simpática persistente y al estrés fisiológico inducido por la exposición constante al ruido. Desde la perspectiva de la medicina del trabajo, el electrocardiograma puede considerarse una herramienta útil de evaluación complementaria en trabajadores con exposición prolongada a ruido intenso, particularmente cuando coexisten factores de riesgo cardiovascular como hipertensión, tabaquismo, obesidad o historia de familiares de enfermedad cardiovascular. En estos casos, la realización de un electrocardiograma basal y su seguimiento periódico podría contribuir a la detección precoz de alteraciones subclínicas del ritmo o de la conducción, facilitando la derivación oportuna para evaluación cardiológica cuando sea necesario.

La cardiopatía isquémica constituye otro posible desenlace clínico relacionado con la exposición prolongada a ruido. En el campo de la salud ocupacional, la identificación temprana de trabajadores con síntomas sugestivos de enfermedad coronaria, como dolor torácico, disnea de esfuerzo o intolerancia al ejercicio, debe motivar una evaluación clínica adecuada y la eventual derivación a cardiología. Asimismo, la valoración periódica del riesgo cardiovascular global, incluyendo presión arterial, perfil lipídico, glucemia y antecedentes personales o familiares, puede contribuir a identificar trabajadores con mayor susceptibilidad a eventos coronarios en entornos laborales con alta exposición al ruido.

En relación con la enfermedad cerebrovascular, la evidencia clínica es menos consistente en comparación con la observada para hipertensión arterial. Aunque se ha planteado que la exposición constante al ruido podría contribuir a la vulnerabilidad de un accidente cerebrovascular a través de mecanismos indirectos, como hipertensión sostenida, inflamación vascular y alteraciones del sueño, los estudios disponibles no han demostrado una asociación robusta en poblaciones ocupacionales. Desde el enfoque de la medicina ocupacional, la prevención del riesgo cerebrovascular en trabajadores expuestos a ruido debe centrarse en la identificación y control de factores de riesgo modificables, como hipertensión arterial, diabetes mellitus, dislipidemia, tabaquismo y obesidad. La evaluación periódica de estos factores dentro de los programas de vigilancia de la salud podría

permitir implementar intervenciones preventivas oportunas y reducir el riesgo de eventos cerebrovasculares a largo plazo en poblaciones expuestas.

En conjunto, la evidencia clínica sugiere que la hipertensión arterial constituye la manifestación cardiovascular más consistente asociada al ruido ocupacional, mientras que otras alteraciones, como cardiopatía isquémica, cambios electrocardiográficos o enfermedad cerebrovascular, presentan asociaciones menos consistentes y probablemente dependen de la interacción con otros factores de riesgo cardiovasculares. Por ello, la evaluación clínica de trabajadores expuestos a ruido debería incorporar un enfoque integral de vigilancia cardiovascular, complementario al monitoreo audiológico habitual, con el objetivo de detectar tempranamente posibles efectos sistémicos relacionados con la exposición crónica al ruido.

Implicancias laborales

Las alteraciones cardiovasculares vinculadas al ruido ocupacional tienen relevancia en salud ocupacional debido a su potencial impacto sobre la aptitud laboral, el ausentismo, la productividad y el riesgo de eventos agudos durante la jornada de trabajo. Esto es especialmente importante en sectores con alta exposición acústica, como manufactura, construcción, minería, transporte, fuerzas armadas, pesca industrial y determinadas actividades portuarias^(89,91).

Además, el riesgo cardiovascular asociado al ruido no actúa de forma aislada. Puede potenciarse en contextos donde coexisten trabajo por turnos,

carga física elevada, vibración, calor, exposición química y factores conductuales, por lo que la evaluación del riesgo debe tener un enfoque integral^(90,93).

Prevención

La prevención de los efectos cardiovasculares del ruido ocupacional debe sustentarse en el control de la exposición y en la vigilancia de factores de riesgo concomitantes. Las medidas prioritarias incluyen controles de ingeniería para reducir el ruido en la fuente, medidas administrativas para reducir el tiempo de exposición y el uso adecuado de equipos de protección auditiva^(90,91).

Dado que la hipertensión es el efecto cardiovascular mejor documentado, resulta razonable incorporar en trabajadores expuestos programas de vigilancia periódica de presión arterial, evaluación de riesgo cardiovascular global y tamizaje de comorbilidades metabólicas. Asimismo, deben considerarse factores agravantes como tabaquismo, obesidad, diabetes, trabajo nocturno o exposición simultánea a otros agentes físicos y químicos^(4,86,93,94).

b) Efectos neuropsicológicos y del sistema nervioso

Epidemiología

La exposición ocupacional al ruido ha sido ampliamente estudiada en relación con la pérdida auditiva; sin embargo, en los últimos años se ha

acumulado evidencia que demuestra su asociación con diversos efectos extra-auditivos, particularmente alteraciones neuropsicológicas y del sistema nervioso. El ruido ocupacional representa un factor de riesgo importante para la salud mental de los trabajadores, conllevando estrés y diversas alteraciones psicológicas. Entre los efectos más prevalentes se encuentran la ansiedad, la irritabilidad y la depresión, los cuales son contraproducentes en la calidad de vida y el equilibrio emocional de aquellos expuestos de manera prolongada a ambientes laborales con altos niveles de ruido⁽⁴³⁾.

Un análisis sobre la relación entre la exposición ocupacional al ruido y sus efectos extra-auditivos examinó múltiples investigaciones que observaron el impacto neuropsicológico del ruido en el entorno laboral. La revisión identificó que los niveles de ruido evaluados en estas investigaciones que variaban entre 40 y 100 dB(A), dependiendo del tipo de alteración analizada, como funciones cognitivas, memoria, desempeño laboral y fatiga⁽⁹⁷⁾. Los hallazgos indicaron una posible conexión entre la exposición al ruido y el desarrollo de fatiga, reducción del rendimiento y dificultades en la concentración y atención⁽⁹⁸⁾.

Asimismo, una investigación realizada en Medellín, Colombia, determinó que la presencia de ruido en el lugar de trabajo está vinculado a un aumento en la frecuencia de síntomas de depresión de moderada a severa en trabajadores expuestos⁽⁹⁹⁾.

En conjunto, estos estudios epidemiológicos sugieren que el ruido ocupacional puede actuar como un estresor ambiental con potenciales

desencadenantes para efectos neuropsicológicos relevantes en la población trabajadora.

Mecanismos neurobiológicos

Activación del eje hipotálamo-hipófisis-adrenal

El estrés inducido por el ruido ha sido ampliamente estudiado en la literatura científica, evidenciándose como un desencadenante de respuestas neurofisiológicas adversas. Cuando la exposición a los niveles sonoros es superior a 55 dB(A), se activan nuevamente los ejes neuroendocrinos dando consigo la liberación de hormonas de estrés ⁽¹⁰⁰⁾.

Al existir una respuesta sostenida de este sistema y consecuentemente la liberación prolongada de hormonas de estrés afectan a nivel sistémico comprometiendo el metabolismo de la glucosa, la inmunocompetencia y la homeostasis del sistema nervioso central, afectando significativamente el bienestar de la persona⁽²⁰⁾.

En exposiciones entre 65 y 70 dB(A), el organismo entra en un estado de alerta sostenida que puede derivar en una fase de resistencia. En esta etapa, el sistema nervioso autónomo permanece hiperactivo, dando lugar a un aumento sostenido en la secreción de glucocorticoides, lo que puede afectar funciones cognitivas como la memoria y la atención⁽¹⁰¹⁾.

Si la exposición se mantiene por encima de 80 dB(A), el sistema nervioso puede entrar en un estado de agotamiento, reduciendo la capacidad de adaptación del organismo y aumentando la vulnerabilidad a trastornos psicológicos como ansiedad, irritabilidad y depresión⁽²⁰⁾.

Hiperactividad simpática

Otro efecto frecuente del ruido ocupacional es la activación persistente del SNS, que estimula al organismo en un estado de alerta constante. Esta hiperactividad sostenida contribuye al desarrollo de estrés fisiológico y psicológico, lo cual podría contribuir a dificultades para mantener la concentración, la comunicación efectiva y el equilibrio emocional en el entorno laboral.

El aumento de la irritabilidad es una consecuencia frecuente de esta situación, ya que la dificultad para mantener una comunicación adecuada o concentrarse en tareas de alta exigencia cognitiva lo cual podría contribuir a frustración y puede derivar en alteraciones del estado de ánimo y conflictos interpersonales en el ámbito laboral^(8,20).

Se ha identificado que niveles de ruido entre 65 y 75 dB(A) constituyen un umbral de precaución acústica, donde aumenta la percepción de molestia y el agotamiento. En este rango de exposición también se incrementa la probabilidad de respuestas psicofisiológicas adversas, expresadas en alteraciones del estado de ánimo, dificultades de concentración, irritabilidad y fatiga acumulada^(97,102).

Manifestaciones

Ansiedad

El estrés inducido por el ruido se asocia a múltiples respuestas emocionales adversas en los trabajadores. Entre las manifestaciones más frecuentes se

encuentran la ansiedad, la irritabilidad y el aumento de la tensión psicológica, condiciones que afectan tanto el bienestar emocional como el desempeño laboral. Por lo que, el incremento sostenido de los valores de cortisol y la fatiga mental crónica contribuyen al desarrollo de estados de hiperalerta y ansiedad persistente en trabajadores expuestos a ruido de forma prolongada⁽⁴³⁾.

Depresión

La alteración de los ciclos de sueño, el incremento sostenido de los valores de cortisol y la fatiga mental crónica constituyen factores predisponentes para el desarrollo de síntomas depresivos en trabajadores expuestos a ruido. Por encima de 80 dB(A) se ha observado una disminución de la actitud cooperativa y un incremento en la conducta agresiva, reflejando cambios conductuales adversos directamente asociados al estrés sonoro. Estos cambios no solo comprometen el desempeño profesional, sino que también pueden afectar la calidad de las relaciones sociales y familiares^(98,103).

El impacto del ruido sobre la calidad de vida y bienestar emocional de los trabajadores constituye un elemento clave en la valoración de los riesgos laborales. Aquellos expuestos de manera constante a altos niveles de ruido presentan alteraciones significativas en su bienestar general, lo que repercute negativamente en su desempeño y satisfacción en el ámbito laboral.

Deterioro cognitivo

Dentro de los efectos extra-auditivos del ruido, los efectos cognitivos han sido objeto de diversas investigaciones, evidenciando que la exposición constante a altos niveles de ruido podría asociarse a dificultades en la concentración, la memoria y el rendimiento laboral.

Los estudios han demostrado que los trabajadores expuestos a elevados niveles de ruido presentan gran reducción significativa en sus habilidades metacognitivas, lo que afecta su capacidad para evaluar y regular sus propios procesos cognitivos. Esta afectación se traduce en una menor capacidad para organizar información, planificar tareas y solucionar problemas de manera eficiente⁽⁸⁸⁾.

La concentración y la atención son funciones cognitivas fundamentales para el desempeño laboral, y diversas investigaciones han evidenciado que el ruido ocupacional afecta directamente estas capacidades. La exposición constante a niveles de ruido superiores a 85 dB(A) se ha relacionado a un aumento en la carga cognitiva, lo que obliga al cerebro a esforzarse más para filtrar información relevante y minimizar distracciones⁽¹⁾.

Esta sobrecarga cognitiva se ha relacionado fatiga mental, reduciendo la eficiencia del trabajador y aumentando la posibilidad de errores operativos. La dificultad en la concentración se ha observado en trabajadores de sectores industriales y de la construcción, donde el ruido constante de maquinarias y herramientas dificulta el enfoque en tareas específicas y la comunicación efectiva entre los empleados⁽¹⁾.

Otro de los efectos contraproducentes del ruido ocupacional en la función cognitiva es la alteración de la memoria de trabajo, esencial para la retención

y manipulación de información en tiempo real. La exposición constante al ruido puede deteriorar esta capacidad al interferir con los mecanismos de codificación y recuperación de datos. Esta interferencia se asocia con la activación del sistema de respuesta al estrés, que incrementa los niveles de cortisol y afecta estructuras cerebrales como el hipocampo⁽¹⁰²⁾.

Trastornos del sueño

Aunque la relación más evidente de la exposición al ruido ocupacional ha sido ampliamente investigada con la pérdida auditiva, en años recientes se ha evidenciado su impacto en los trastornos del sueño, los cuales afectan considerablemente la calidad de vida y el rendimiento laboral^(104,105).

Entre estos trastornos, el insomnio y el sueño no reparador son los más frecuentes⁽⁵⁵⁾.

Los trastornos del sueño comprenden alteraciones tanto en la duración como en la calidad del descanso. La exposición prolongada al ruido altera los ritmos circadianos, dificultando la conciliación y el mantenimiento del sueño. Este fenómeno ocurre porque el ruido, especialmente cuando es intermitente o de gran intensidad, activa el sistema nervioso simpático, impidiendo la relajación necesaria para alcanzar un estado de descanso profundo⁽¹⁰⁵⁾.

El insomnio inducido por el ruido se manifiesta a través de dificultades para iniciar el sueño, despertares repetidos durante la noche y la percepción de descanso no reparador al momento de despertar⁽⁹⁹⁾.

Otra de las principales consecuencias del ruido ocupacional es el sueño no reparador, caracterizado por la fragmentación del descanso y la reducción de las fases profundas, como el sueño de ondas lentas y el REM^(104,106).

Esto afecta la capacidad del cerebro para procesar información, consolidar la memoria y recuperar energía, incrementando el riesgo de errores laborales y accidentes.

Un estudio realizado en conductores de camiones expuestos a ruido nocturno observó que la latencia para entrar en la fase REM aumentó significativamente, junto con un incremento del sueño superficial y una reducción del tiempo en sueño profundo⁽¹⁰⁶⁾.

Además del insomnio y la fragmentación del sueño, el ruido ocupacional se ha asociado con diversas parasomnias, como el sonambulismo, despertares confusionales y terrores nocturnos⁽¹⁰⁵⁾.

También se ha relacionado con trastornos respiratorios del sueño como la apnea obstructiva⁽⁵⁵⁾ y con cambios en el ritmo circadiano como el síndrome de fase de sueño retrasada⁽¹⁰⁶⁾.

Otros trastornos descritos incluyen bruxismo del sueño y síndrome de piernas inquietas, los cuales pueden estar relacionados con el aumento del estrés fisiológico y la hiperactivación del sistema nervioso⁽¹⁰⁵⁾.

La hipersomnia o somnolencia excesiva diurna también ha sido observada en trabajadores con exposición crónica al ruido⁽¹⁰⁶⁾.

Un estudio longitudinal en trabajadores industriales encontró que aquellos con mayor exposición al ruido presentaban deterioro en la calidad del sueño incluso después de retirarse del ambiente laboral⁽⁵⁵⁾.

Diagnóstico

Los efectos neuropsicológicos asociados a la exposición crónica al ruido ocupacional pueden manifestarse mediante alteraciones emocionales, cognitivas y del sueño, las cuales se desarrollan progresivamente como resultado de la activación sostenida de los sistemas neuroendocrinos de respuesta al estrés. Aunque muchas de estas manifestaciones presentan características inespecíficas, su identificación en trabajadores expuestos a niveles altos de ruido constituye un indicador relevante de efectos extra-auditivos contraproducentes a la salud mental, el bienestar y el desempeño laboral. En este contexto, la evaluación clínica debe integrar la entrevista médica ocupacional con el uso de instrumentos estandarizados de tamizaje, que permiten detectar alteraciones subclínicas y orientar intervenciones preventivas.

Ansiedad

Desde el punto de vista diagnóstico, el tamizaje de síntomas ansiosos puede realizarse mediante instrumentos validados como la Generalized Anxiety Disorder-7 (GAD-7), una escala breve de siete ítems ampliamente utilizada para la detección de trastornos de ansiedad en contextos clínicos y poblacionales⁽¹⁰⁷⁾. Estudios ocupacionales que han evaluado factores psicosociales y ambientales en trabajadores expuestos a condiciones laborales estresantes han utilizado esta escala para identificar niveles

elevados de ansiedad y orientar intervenciones de acompañamiento psicológico, programas destinados al control del estrés y estrategias organizacionales dirigidas a mejorar el bienestar laboral^(107,108).

Depresión

Para la evaluación de síntomas depresivos en este contexto, uno de los instrumentos más utilizados es el Patient Health Questionnaire-9 (PHQ-9), el cual permite estimar la severidad de la sintomatología depresiva mediante nueve ítems basados en los criterios diagnósticos del DSM ⁽¹⁰⁹⁾. Este instrumento ha sido ampliamente utilizado en estudios epidemiológicos y ocupacionales para evaluar el impacto de factores ambientales y psicosociales sobre la salud mental⁽¹¹⁰⁾. La implementación de este tipo de herramientas en programas de vigilancia de la salud laboral permite detectar tempranamente síntomas depresivos clínicamente relevantes y orientar la derivación a evaluación especializada cuando sea necesario.

Deterioro cognitivo

En estudios que han evaluado el impacto del ruido ambiental y ocupacional sobre el rendimiento cognitivo, se han utilizado diversas pruebas neuropsicológicas para valorar la atención sostenida, la memoria y las funciones ejecutivas⁽¹¹¹⁾. Entre las herramientas de tamizaje más utilizadas se encuentra el Montreal Cognitive Assessment (MoCA), una prueba breve diseñada para evaluar múltiples dominios cognitivos, incluyendo atención, memoria, lenguaje y funciones ejecutivas. La aplicación de este tipo de

instrumentos permite identificar alteraciones cognitivas leves que podrían afectar el desempeño laboral, particularmente en ocupaciones que requieren altos niveles de concentración, toma de decisiones o procesamiento continuo de información⁽¹¹²⁾.

Trastornos del sueño

En investigaciones que han evaluado la relación entre ruido ambiental u ocupacional y calidad del sueño, se han utilizado instrumentos validados como el Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI), que permite valorar la calidad global del sueño durante el último mes, y la Epworth Sleepiness Scale (ESS), empleada para cuantificar la somnolencia diurna excesiva. Estos cuestionarios han sido aplicados en diversos estudios ocupacionales para evaluar el impacto de factores ambientales sobre el descanso y para identificar trabajadores con mayor riesgo de alteraciones del sueño⁽¹¹³⁾.

Desde el enfoque de la salud ocupacional, la aplicación de estos instrumentos puede contribuir a la detección temprana de trastornos del sueño en trabajadores expuestos a ruido crónico, facilitando la implementación de intervenciones preventivas como programas de higiene del sueño, ajustes en la organización de turnos laborales o estrategias destinadas a disminuir la exposición al ruido en determinados entornos de trabajo⁽¹¹⁴⁾.

En conjunto, la evaluación clínica de los efectos neuropsicológicos del ruido ocupacional requiere un enfoque integral que combine la valoración clínica, la aplicación de instrumentos de tamizaje validados por personal capacitado y la consideración del contexto laboral del trabajador. La incorporación de estas herramientas dentro de los programas de vigilancia de la salud ocupacional permite detectar tempranamente efectos extra-auditivos del ruido y orientar estrategias de intervención dirigidas a mejorar la salud mental, el bienestar y el desempeño laboral de los trabajadores expuestos

Impacto en el desempeño laboral

Productividad

El rendimiento laboral puede verse significativamente afectado por la exposición al ruido. Estudios han evidenciado que los trabajadores expuestos a ruido constante experimentan una reducción en la velocidad y precisión con la que realizan sus tareas, lo que impacta negativamente la productividad general⁽¹¹⁵⁾. Además, que la fatiga mental acumulada ante la exposición constante al ruido podría asociarse a una disminución del compromiso laboral⁽¹¹⁶⁾ y un aumento en el ausentismo.

Errores

Un aspecto crítico relacionado con el rendimiento laboral es el aumento en la tasa de errores debido a la interferencia del ruido en los procesos cognitivos. La distracción constante ocasionada por el ruido ambiental dificulta la ejecución de tareas que requieren precisión y atención al detalle.

Investigaciones han demostrado que, en entornos ruidosos, la probabilidad de cometer errores puede aumentar hasta en un 30 %⁽¹⁾.

Accidentes laborales

En sectores donde la seguridad es una prioridad, como la manufactura, la construcción o el transporte, los errores derivados de la distracción y la fatiga mental pueden traducirse en accidentes laborales.

La combinación de disminución de la concentración, somnolencia diurna y sobrecarga cognitiva puede aumentar significativamente el riesgo de eventos adversos en el entorno de trabajo.

Prevención

La prevención de los efectos neuropsicológicos del ruido ocupacional requiere un enfoque integral orientado a reducir la exposición y mitigar sus consecuencias sobre la salud mental y cognitiva de los trabajadores.

Las estrategias preventivas incluyen la implementación de controles de ingeniería para disminuir el ruido en la fuente, el establecimiento de controles administrativos que limiten el tiempo de exposición y la utilización adecuada de equipos de protección auditiva.

Asimismo, es recomendable incorporar programas de promoción de la salud mental, manejo del estrés laboral y educación en higiene del sueño, con el objetivo de reducir los efectos neuropsicológicos asociados a la exposición crónica al ruido.

c) Efectos metabólicos, gastrointestinales e inmunológicos:

Epidemiología

La evidencia epidemiológica que relaciona la exposición al ruido con alteraciones metabólicas, gastrointestinales e inmunológicas ha aumentado en las últimas décadas. Aunque gran parte de los estudios se han realizado en contextos de ruido ambiental, los mecanismos observados son extrapolables a contextos ocupacionales donde la exposición puede ser más intensa y prolongada.

En población general, una cohorte realizada en Corea del Sur se observó que 32,1% de 217 308 y 10,7% de 249 514 adultos mostró que la exposición acumulada al ruido ambiental nocturno se asocia con mayor incidencia de úlcera gástrica y úlcera duodenal respectivamente. Por cada incremento equivalente al rango intercuartílico del ruido nocturno, el riesgo aumentó 12 % para úlcera gástrica y 17 % para úlcera duodenal, tras ajustar por múltiples factores de confusión⁽¹¹⁷⁾.

Más recientemente, un trabajo publicado en Science of the Total Environment integró datos generales y epidemiológicos y encontró que la exposición al ruido de transporte (carretera, ferrocarril y aeronaves), junto con la contaminación atmosférica, se asocia con mayor riesgo de enfermedades gastrointestinales. Este efecto podría estar mediado por modificaciones epigenéticas y cambios en la expresión proteica relacionados con inflamación y permeabilidad de la mucosa intestinal⁽³⁵⁾.

En relación con trastornos funcionales digestivos, evidencia reciente basada en estudios de Mendelian randomization sugiere que un ambiente laboral

ruidoso podría asociarse de forma causal con un mayor riesgo de síndrome de intestino irritable (SII), lo que refuerza la plausibilidad de un vínculo entre exposición al ruido y trastornos gastrointestinales relacionados con el estrés⁽¹¹⁸⁾.

Mecanismo fisiopatológico

Las alteraciones endocrinas asociadas a la exposición ocupacional al ruido constituyen un aspecto relevante para comprender sus efectos sistémicos sobre la salud, ya que la disfunción hormonal puede favorecer el desarrollo de trastornos metabólicos⁽¹¹⁹⁾. Diversos estudios han demostrado que los trabajadores expuestos a niveles de ruido superiores a 85 dB(A) presentan concentraciones persistentemente elevadas de cortisol, asociadas con alteraciones del metabolismo de la glucosa, disminución de la función inmunológica y mayor riesgo de enfermedades metabólicas, entre ellas la diabetes mellitus tipo 2^(120,121).

Similar a un estudio realizado por trabajadores industriales expuestos a ruido ocupacional superior a 85 dB(A), se observó que el cortisol permanece elevado durante toda la jornada laboral, alterando su ritmo circadiano normal y favoreciendo la aparición de obesidad, diabetes y otros trastornos metabólicos⁽¹²⁰⁾.

El incremento sostenido del cortisol también interfiere con la sensibilidad a la insulina, mecanismo esencial para el mantenimiento de la homeostasis de la glucosa, favoreciendo el desarrollo de resistencia a la insulina, uno de los

principales factores de riesgo para la diabetes mellitus tipo 2⁽¹²¹⁾. En concordancia con este mecanismo, investigaciones recientes han encontrado una mayor prevalencia de resistencia a la insulina en trabajadores expuestos a ruido de alta intensidad, particularmente en aquellos con exposiciones prolongadas y que laboran en sectores como la construcción, la minería y el transporte^(121,122). Asimismo, un estudio realizado en trabajadores industriales expuestos a niveles superiores a 90 dB(A) reportó concentraciones significativamente mayores de insulina respecto a trabajadores con menor exposición al ruido, lo que respalda la relación entre el estrés inducido por el ruido y la alteración del metabolismo de la glucosa⁽¹²¹⁾.

Además del cortisol y la insulina, la exposición prolongada al ruido puede modificar la secreción de otras hormonas involucradas en el metabolismo energético, como la hormona del crecimiento y la leptina, fundamentales para la regulación de la composición corporal y el equilibrio energético^(23,43).

Inflamación sistémica

La exposición prolongada al ruido puede inducir un estado de inflamación sistémica de bajo grado. Diversos estudios clínicos han demostrado que tanto la exposición aguda como la crónica al ruido ambiental y ocupacional incrementan las concentraciones de marcadores inflamatorios, entre ellos proteína C reactiva, IL-6, IL-12, IL-18, IL-1 β e IFN- γ , además de elevar los niveles de cortisol^(123,124). Este estado inflamatorio persistente favorece el

desarrollo de enfermedades crónicas no transmisibles, como aterosclerosis, resistencia a la insulina y otros trastornos metabólicos.

Asimismo, la exposición al ruido puede alterar los ritmos circadianos al disminuir la secreción de melatonina, hormona con importantes propiedades antiinflamatorias e inmunomoduladoras. La reducción de sus niveles compromete la regulación del sistema inmunitario y favorece la persistencia de procesos inflamatorios crónicos⁽¹²⁵⁾.

Manifestaciones

Trastornos gastrointestinales

La exposición crónica al ruido ocupacional no solo daña el oído, sino que también puede desencadenar respuestas de estrés neuroendocrino, alterar ritmos circadianos y modificar el microbioma intestinal y la integridad de la barrera mucosa⁽³⁵⁾. En modelos animales se ha evidenciado que la exposición crónica a ruido altera el microbioma intestinal, se ha relacionado a disbiosis, reduce proteínas de unión estrecha y aumenta la permeabilidad intestinal, además de elevar mediadores inflamatorios^(126–128). Estos cambios favorecen la aparición de gastritis, enfermedad ácido-péptica y disfunción gastrointestinal.

El sueño perturbado por ambientes ruidosos se asocia de manera independiente con la morbilidad ácido-péptica. Estudios observacionales y análisis de Mendelian randomization han vinculado el insomnio o la mala

calidad del sueño con un mayor riesgo de úlcera péptica y recurrencia^(118,129,130).

Síndrome metabólico

Los cambios endocrinos generados por la exposición crónica al ruido pueden favorecer la aparición de alteraciones metabólicas como obesidad, resistencia a la insulina y diabetes tipo 2.

La hormona del crecimiento puede reducir su secreción en contextos de exposición prolongada al ruido, lo que favorece el incremento de grasa abdominal y la disminución de masa muscular⁽⁴³⁾.

Asimismo, la desregulación de la leptina puede alterar el equilibrio energético y podría contribuir el incremento de peso. Estudios han mostrado que trabajadores expuestos a ambientes laborales con altos niveles de ruido presentan alteraciones en la sensibilidad a la leptina, lo que puede favorecer comportamientos alimentarios disfuncionales y contribuir al desarrollo de obesidad⁽²³⁾.

Alteraciones inmunológicas

La exposición prolongada al ruido ocupacional podría contribuir a consecuencias notables sobre el sistema inmunológico. La activación crónica del eje HHA y del SNS conduce a la producción sostenida de glucocorticoides y hormonas de estrés, que al permanecer elevadas durante periodos prolongados pueden inducir inmunosupresión, caracterizada por reducción de la actividad de células NK, alteraciones en la proliferación

linfocitaria y menor capacidad de respuesta frente a infecciones^(123,131). Asimismo, la exposición crónica al ruido se ha relacionado con una elevación sostenida de mediadores inflamatorios, incluyendo citocinas y proteína C reactiva ultrasensible, lo que favorece un estado proinflamatorio persistente y contribuye a la disfunción inmunológica a largo plazo⁽¹³²⁾. Además, la disrupción circadiana inducida por el ruido puede disminuir la secreción de melatonina y alterar la regulación de la inmunidad innata y adaptativa, incrementando la vulnerabilidad frente a infecciones y enfermedades autoinmunes⁽¹²⁵⁾.

Diagnóstico

En el contexto de la salud ocupacional, la identificación de efectos metabólicos, gastrointestinales e inmunológicos potencialmente asociados a la exposición crónica al ruido requiere un enfoque clínico integral orientado al tamizaje temprano y al seguimiento longitudinal de los trabajadores expuestos. A diferencia de los efectos auditivos, que cuentan con protocolos de vigilancia bien establecidos, los efectos sistémicos del ruido suelen manifestarse de forma inespecífica y progresiva, por lo que su evaluación debe integrarse dentro de los programas de vigilancia médica ocupacional.

Desde el punto de vista metabólico, la evaluación clínica puede incluir la identificación de factores de riesgo cardiometabólico mediante la medición periódica de índice de masa corporal, circunferencia abdominal, presión arterial, glucemia en ayunas y perfil lipídico. Estos parámetros permiten

detectar componentes del síndrome metabólico, cuyo diagnóstico puede establecerse mediante criterios estandarizados como los propuestos por el National Cholesterol Education Program Adult Treatment Panel III (NCEP-ATP III) o la International Diabetes Federation (IDF). En estudios epidemiológicos en trabajadores expuestos a ruido ocupacional, se han aplicado criterios de síndrome metabólico para evaluar su relación con alteraciones cardiometabólicas. Los resultados exponen una mayor prevalencia de hipertensión, hiperglucemia y obesidad abdominal en trabajadores con mayor intensidad o duración de exposición al ruido^(133,134).

En relación con los trastornos gastrointestinales, la evaluación clínica en el ámbito ocupacional debe incluir la identificación sistemática de síntomas digestivos persistentes como dispepsia, dolor epigástrico, pirosis, distensión abdominal o alteraciones del tránsito intestinal. En trabajadores con síntomas compatibles con trastornos funcionales digestivos, puede considerarse el uso de herramientas diagnósticas estandarizadas como los criterios Roma IV, ampliamente utilizados en investigación clínica para la identificación de trastornos de interacción intestino-cerebro, incluyendo el síndrome de intestino irritable⁽¹³⁵⁾. Un estudio reciente que exploró la relación entre factores ambientales, incluido el ruido, y trastornos gastrointestinales funcionales utilizó estos criterios diagnósticos para caracterizar la prevalencia de síntomas digestivos en poblaciones expuestas a distintos estresores ambientales⁽³⁵⁾.

Por otra parte, dado que la exposición crónica al ruido podría asociarse con procesos de inflamación sistémica de bajo grado, algunos estudios han evaluado biomarcadores inflamatorios como proteína C reactiva, interleucina-6 o interleucina-1 β para explorar posibles mecanismos biológicos subyacentes^(124,136). Aunque estos biomarcadores no forman parte de los protocolos rutinarios de vigilancia médica por exposición a ruido, su evaluación en estudios ocupacionales y ambientales ha permitido identificar asociaciones entre exposición al ruido y estados inflamatorios sistémicos, lo que sugiere su posible utilidad como indicadores complementarios en contextos de investigación o en evaluaciones clínicas específicas.

En conjunto, la evaluación diagnóstica de estos efectos sistémicos en trabajadores expuestos a ruido debe basarse en un enfoque multidimensional que combine la anamnesis dirigida, la evaluación clínica periódica y el uso de criterios diagnósticos estandarizados para trastornos metabólicos y gastrointestinales. La integración de estos elementos dentro de los programas de vigilancia médica ocupacional puede facilitar la detección temprana de alteraciones metabólicas, digestivas o inmunológicas, permitiendo implementar estrategias de intervención, seguimiento clínico y promoción de la salud orientadas a reducir el impacto de la exposición crónica al ruido sobre la salud de los trabajadores.

Implicancias laborales

Desde la perspectiva de la salud ocupacional, los trastornos gastrointestinales asociados a la exposición crónica al ruido pueden tener repercusiones relevantes en el desempeño laboral y la calidad de vida de los trabajadores. Síntomas persistentes como dolor abdominal, dispepsia, distensión o alteraciones del tránsito intestinal que se ha relacionado con malestar físico, fatiga y dificultades de concentración durante la jornada laboral, lo que potencialmente afecta la productividad y el rendimiento en tareas que requieren atención sostenida. Además, estos síntomas pueden contribuir al aumento del ausentismo laboral y a una mayor utilización de servicios de salud, particularmente cuando se asocian a otros efectos sistémicos del ruido como alteraciones del sueño o estrés crónico. En este contexto, la identificación temprana de síntomas gastrointestinales y su adecuada evaluación clínica dentro de los programas de vigilancia de la salud ocupacional pueden contribuir a mejorar el bienestar del trabajador y prevenir impactos negativos en el desempeño laboral.

Prevención

La prevención de los efectos gastrointestinales asociados a la exposición al ruido en el entorno laboral debe centrarse principalmente en la reducción de la exposición acústica mediante controles de ingeniería, medidas administrativas, la utilización de equipos de protección auditiva adecuadamente. Asimismo, resulta importante integrar estrategias de promoción de la salud que incluyan la gestión del estrés laboral, la mejora de la higiene del sueño y la promoción de hábitos de vida saludables. Estas

intervenciones pueden contribuir a disminuir la activación crónica de mecanismos fisiológicos relacionados con el estrés y, potencialmente, reducir la aparición o exacerbación de síntomas gastrointestinales en trabajadores expuestos a ambientes laborales ruidosos.

d) Efectos otorrinolaringológicos extra-auditivos

Epidemiología

Aunque la pérdida auditiva inducida por ruido constituye el efecto otológico más reconocido de la exposición ocupacional al ruido, evidencia reciente sugiere que la exposición crónica también puede afectar estructuras vestibulares del oído interno, asociándose a alteraciones del equilibrio y síntomas vestibulares en trabajadores expuestos^(20,137).

Diversos estudios sugieren una asociación entre la exposición ocupacional al ruido y la disfunción vestibular. En trabajadores expuestos a ruido, se ha observado una mayor prevalencia de alteraciones vestibulares evaluadas mediante potenciales miogénicos evocados vestibulares (VEMP) (OR = 4.46; IC95%: 1.48–13.41) en comparación con controles⁽¹³⁷⁾. Asimismo, un estudio caso-control con pacientes con vértigo mostró mayor probabilidad de exposición ocupacional al ruido (OR = 2.595; IC95%: 1.916–3.515) y a vibraciones mecánicas (OR = 2.722; IC95%: 1.963–3.775)⁽¹³⁸⁾. De forma consistente, investigaciones en trabajadores con pérdida auditiva inducida por ruido han reportado mayor frecuencia de alteraciones en pruebas vestibulares objetivas, como el video head impulse test (vHIT) (40% vs.

3.3% en controles) y el test calórico (33.3% en expuestos, sin anomalías en controles)⁽¹³⁹⁾. En conjunto, la evidencia sugiere que el ruido ocupacional, especialmente junto con vibraciones mecánicas, podría incrementar el riesgo de disfunción vestibular y trastornos del equilibrio, aunque se requieren más investigaciones para esclarecer sus mecanismos fisiopatológicos.

Mecanismos fisiopatológicos

Diversos mecanismos fisiopatológicos han sido propuestos para explicar los efectos otorrinolaringológicos extra-auditivos asociados a la exposición al ruido.

En primer lugar, la exposición a niveles elevados de ruido, como ya se conoce, puede inducir activación crónica del sistema nervioso simpático y del eje HHA, conduciendo a estados persistentes de estrés fisiológico. Este proceso puede contribuir a alteraciones neuromusculares, disfunción autonómica y cambios en la regulación del equilibrio y la función vestibular⁽⁴⁰⁾.

En segundo lugar, el ruido intenso puede afectar estructuras del oído interno más allá de la cóclea, incluyendo el aparato vestibular. Estudios experimentales han sugerido que la exposición prolongada al ruido podría producir daño en las células sensoriales vestibulares o alterar la función de los órganos otolíticos y de los canales semicirculares, lo que podría manifestarse clínicamente como mareo, inestabilidad o alteraciones del equilibrio^(140,141).

Además, en entornos laborales con altos niveles de ruido, los trabajadores suelen elevar la intensidad vocal para comunicarse eficazmente, fenómeno conocido como efecto Lombard. El uso prolongado de una voz forzada podría contribuir a sobrecarga de los músculos laríngeos y favorecer el desarrollo de fatiga vocal, disfonía o trastornos funcionales de la voz⁽¹⁴²⁾.

Por otra parte, la exposición crónica al ruido puede actuar como un estresor ambiental capaz de favorecer la hiperactividad muscular en la región craneomandibular. La literatura ha demostrado que el estrés psicológico y la carga psicosocial se asocian con la aparición de bruxismo y trastornos temporomandibulares, los cuales pueden manifestarse con dolor facial, limitación funcional mandibular o síntomas otológicos asociados como plenitud ótica o tinnitus^(143,144).

Manifestaciones clínicas y diagnóstico

Alteraciones vestibulares

Las alteraciones vestibulares asociadas a la exposición al ruido pueden manifestarse como mareo, vértigo, sensación de inestabilidad o dificultades en el equilibrio. En el ámbito clínico, la evaluación inicial incluye una anamnesis dirigida y exploración física otoneurológicas^(138,141).

En trabajadores con síntomas persistentes pueden utilizarse herramientas de tamizaje como el Dizziness Handicap Inventory (DHI) para evaluar el impacto funcional del mareo en la vida diaria⁽¹⁴⁵⁾. En casos seleccionados, el estudio puede complementarse con pruebas vestibulares objetivas como

el vHIT⁽¹³⁹⁾, el VEMP o pruebas calóricas, que permiten valorar la función de los canales semicirculares y de los órganos otolíticos⁽¹³⁷⁾.

Trastornos de la voz relacionados con ruido ocupacional

En ambientes laborales ruidosos, los trabajadores pueden verse obligados a elevar la intensidad vocal para mantener la comunicación, lo que podría contribuir a sobrecarga vocal y fatiga de la voz. Con el tiempo, este esfuerzo vocal sostenido puede favorecer el desarrollo de disfonía funcional, nódulos vocales u otras alteraciones de la voz^(146,147).

Desde el punto de vista diagnóstico, la evaluación clínica puede incluir la valoración de síntomas como fatiga vocal, ronquera o esfuerzo al hablar, junto con herramientas de autoevaluación como el Voice Handicap Index (VHI)⁽¹⁴⁸⁾. En casos persistentes, la evaluación especializada mediante laringoscopia o estroboscopia laríngea puede ayudar a identificar alteraciones estructurales o funcionales de las cuerdas vocales.

Trastornos temporomandibulares y bruxismo

El estrés fisiológico asociado a la exposición crónica al ruido puede contribuir a la aparición de hiperactividad muscular en la región craneofacial, lo que se ha relacionado con bruxismo y trastornos temporomandibulares. Estos trastornos pueden manifestarse con dolor en la articulación temporomandibular, limitación de la apertura bucal, cefalea o dolor facial⁽¹⁰⁵⁾.

En trabajadores de centros de llamadas, un estudio transversal realizado en Turquía evidenció una alta prevalencia de trastornos temporomandibulares y síntomas asociados en un contexto de exposición a ruido ocupacional y uso continuo de la voz. Se reportó que el 57,3 % presentaba bruxismo por apretamiento y el 37,9 % por rechinar, mientras que la cefalea alcanzó una frecuencia del 63,7 %. Asimismo, los ruidos articulares temporomandibulares estuvieron presentes en el 49,2 % de los casos y el dolor articular en el 47,6 %, junto con una frecuencia de tinnitus del 33,1 % y otalgia del 31,5 %. No obstante, la asociación con la carga laboral no fue consistente en todas las variables, ya que, aunque los trabajadores con mayor número de llamadas diarias mostraron un incremento significativo del dolor a la protrusión mandibular y de los ruidos articulares, otros síntomas no evidenciaron una relación estadísticamente significativa, lo que sugiere que estos hallazgos podrían estar influenciados por múltiples factores además de la actividad laboral^(149,150)

La evaluación clínica incluye la exploración de la articulación temporomandibular, la palpación de músculos masticatorios y la valoración de síntomas compatibles con bruxismo. En la práctica clínica y en investigación se utilizan criterios diagnósticos estandarizados como los Diagnostic Criteria for Temporomandibular Disorders (DC/TMD) para la identificación de estos trastornos⁽¹⁵¹⁾.

Implicancias laborales

Los efectos otorrinolaringológicos no auditivos asociados a la exposición al ruido pueden tener repercusiones importantes en el desempeño laboral. Las alteraciones vestibulares pueden afectar el equilibrio y aumentar el riesgo de caídas o accidentes en tareas que requieren estabilidad postural, mientras que los trastornos de la voz pueden dificultar la comunicación en entornos de trabajo donde la interacción verbal es fundamental.

Asimismo, los trastornos temporomandibulares y el bruxismo se asocian a dolor crónico y fatiga muscular, repercutiendo negativamente la concentración y el bienestar general del trabajador. La identificación temprana de estos síntomas en trabajadores expuestos a ruido puede contribuir a implementar medidas preventivas y estrategias de manejo clínico oportunas.

Prevención

La prevención de los efectos otorrinolaringológicos extra-auditivos del ruido ocupacional debe basarse principalmente en la reducción de la exposición acústica mediante controles de ingeniería, medidas administrativas y el uso adecuado de equipos de protección auditiva.

Adicionalmente, pueden implementarse estrategias dirigidas a mejorar la comunicación en entornos ruidosos, como el uso de sistemas de amplificación de voz o la adaptación de los espacios de trabajo. En trabajadores que utilizan la voz de forma intensiva, la educación en higiene vocal y las intervenciones ergonómicas podrían contribuir a prevenir la fatiga vocal. Asimismo, las estrategias de manejo del estrés laboral podrían

ayudar a reducir la aparición de bruxismo y trastornos temporomandibulares asociados

III.II. PREVENCIÓN Y CONTROL DEL RUIDO OCUPACIONAL

La prevención y el control del ruido ocupacional constituyen un eje central en la protección de la salud de los trabajadores. Para abordarlo de manera efectiva, es fundamental aplicar un enfoque integral que combine medidas de ingeniería, el uso de equipos de protección personal, el cumplimiento de la legislación vigente y la implementación de programas de vigilancia y salud laboral. Estas estrategias, al complementarse, no solo reducen el riesgo de hipoacusia inducida por ruido, sino que también disminuyen el impacto de las patologías extra-auditivas relacionadas a la exposición crónica^(152,153). La primera línea de defensa frente al ruido debe enfocarse en la fuente misma del problema. En este sentido, como en muchos casos cuando la eliminación del agente productor del ruido, el siguiente paso sería la sustitución de equipos antiguos por maquinaria de bajo nivel sonoro, controles de ingeniería como el uso de silenciadores en sistemas de escape y controles administrativos la implementación de programas de mantenimiento preventivo han demostrado ser altamente eficaces; sin embargo, casi siempre recae el peso al último eslabón como el uso de equipo de protección personal⁽¹⁵⁴⁾.

Cuando no es posible controlar el ruido en su origen, se recurre a la atenuación de su propagación mediante barreras acústicas, cabinas insonorizadas o revestimientos absorbentes en paredes y techos. Asimismo,

la organización del espacio de trabajo adquiere relevancia: redistribuir las áreas de alto ruido, limitar la permanencia en estas zonas y emplear sistemas de rotación de personal contribuye a disminuir en la medida de lo posible, la dosis diaria de exposición⁽¹⁵⁴⁾.

Cuando las medidas de ingeniería resultan insuficientes o de difícil implementación, los equipos de protección personal (EPP) se convierten en una herramienta indispensable. Los tapones auditivos y orejeras ofrecen una barrera directa contra la energía acústica, y en contextos de alta intensidad sonora se recomienda la doble protección⁽¹⁵⁴⁾. No obstante, el simple uso de estos dispositivos no garantiza su efectividad: es esencial que los trabajadores reciban capacitación sobre su colocación correcta y que se realicen pruebas de ajuste para asegurar que la atenuación alcanzada sea la adecuada⁽¹⁵⁵⁾. Además, el reemplazo periódico de estos dispositivos es un aspecto crítico, pues su desgaste compromete la seguridad auditiva.

El marco normativo constituye un soporte esencial para la gestión del ruido ocupacional. En los Estados Unidos, la OSHA establece un límite permisible de exposición de 90 dB(A) durante ocho horas⁽¹⁵⁶⁾, mientras que el NIOSH recomienda no superar los 85 dB(A)⁽⁷⁷⁾. En la Unión Europea, la Directiva 2003/10/CE fija valores de acción a los 80 y 85 dB(A), y un valor límite de 87 dB(A) considerando la atenuación proporcionada por los EPP⁽¹⁵⁷⁾.

En el contexto peruano, la Ley N.º 29783 de Seguridad y Salud en el Trabajo y su reglamento (D.S. N.º 005-2012-TR) obligan a los empleadores a evaluar y controlar los riesgos físicos, incluyendo el ruido^(158,159). De manera

particular, el D.S. N.º 024-2016-EM regula las condiciones de seguridad y salud en la minería, sector de alto riesgo por sus elevados niveles de exposición sonora⁽¹⁶⁰⁾. Adicionalmente, las guías técnicas del MINSA/DIGESA proporcionan lineamientos para la vigilancia de la exposición y la salud de los trabajadores. Este marco regulatorio, en conjunto, establece los parámetros para la prevención y la obligación de aplicar controles eficaces⁽¹⁶¹⁾.

Más allá de las intervenciones técnicas y normativas, la protección de los trabajadores requiere de intervenciones sostenidas de vigilancia de la exposición y de la salud. La valoración periódica de los niveles de ruido mediante sonómetros y dosímetros permite elaborar mapas de ruido en los centros de trabajo, identificar áreas críticas y verificar la eficacia de las medidas implementadas⁽¹²⁾.

Desde una mirada clínica, las audiometrías de ingreso y periódicas resultan fundamentales para detectar de manera temprana cambios auditivos significativos, y deberían complementarse con la evaluación de efectos extra-auditivos como hipertensión, alteraciones del sueño y estrés psicológico^(85,162).

La educación de los trabajadores, por su parte, constituye un pilar transversal: comprender los riesgos del ruido, reconocer las señales de advertencia y saber cómo utilizar correctamente los EPP fomenta un enfoque preventivo en el ámbito laboral. La señalización de áreas ruidosas, la promoción de pausas en ambientes tranquilos y la generación de canales de comunicación donde los empleados puedan reportar condiciones

inseguras son estrategias clave para mantener la salud ocupacional a largo plazo.

IV. LIMITACIONES

La presente revisión presenta algunas limitaciones que deben considerarse al interpretar sus hallazgos. En primer lugar, la heterogeneidad entre los estudios incluidos, tanto en las poblaciones evaluadas como en los niveles y métodos de medición de la exposición al ruido, los desenlaces analizados y los criterios diagnósticos empleados, lo que dificulta la comparación directa de los resultados. Así como también que, diversos estudios estuvieron sujetos a potenciales factores de confusión, debido a la presencia de comorbilidades como hipertensión arterial, obesidad, diabetes mellitus y otros factores cardiovasculares o metabólicos que también pueden influir en el desarrollo de las patologías descritas de forma acelerada. De igual manera, en numerosos entornos laborales los trabajadores se encuentran expuestos simultáneamente a otros agentes físicos y químicos, como vibraciones, calor, solventes, monóxido de carbono y metales pesados, cuyas coexposiciones dificultan aislar el efecto específico del ruido ocupacional. Por otro lado, una proporción considerable de la evidencia disponible proviene de estudios transversales, los cuales permiten identificar asociaciones, pero presentan limitaciones para establecer la temporalidad y la dirección de estas. Todo ello dificulta la atribución causal individual entre la exposición al ruido ocupacional y las patologías extra-auditivas observadas, por lo que los resultados deben interpretarse

considerando el carácter multifactorial de estos desenlaces y la necesidad de contar con más estudios prospectivos de alta calidad metodológica.

V. CONCLUSIONES

La evidencia disponible demuestra una asociación consistente entre la exposición crónica al ruido ocupacional y diversas patologías extra-auditivas, especialmente cardiovasculares, neuropsicológicas, metabólicas e inmunológicas; sin embargo, la magnitud de esta asociación puede estar influenciada por factores de confusión y coexposiciones presentes en los diferentes entornos laborales. Aunque existe un marco legal claro, en la práctica las medidas preventivas suelen concentrarse en el uso de protectores auditivos, dejando en segundo plano las acciones de ingeniería y vigilancia médica integral.

VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda priorizar medidas de control en la fuente del ruido, complementadas con la reorganización del trabajo, así como la utilización correcta de los equipos de protección personal. Es indispensable fortalecer los programas de vigilancia ambiental y de salud, incorporando tanto audiometrías como evaluaciones de efectos extra-auditivos. Finalmente, fomentar una cultura preventiva mediante capacitación, señalización y participación activa de los trabajadores es clave para garantizar ambientes laborales más seguros y saludables.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Sheppard A, Ralli M, Gilardi A, Salvi R. Occupational noise: Auditory and non-auditory consequences. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(23):8963. doi:10.3390/ijerph17238963
2. Andersen ZJ, Jørgensen JT, Elsborg L, Lophaven SN, Backalarz C, Laursen JE, et al. Long-term exposure to road traffic noise and incidence of breast cancer: a cohort study. *Breast Cancer Res*. 2018;20(1):119. doi:10.1186/s13058-018-1047-2
3. Bagheri Hosseinabadi M, Khanjani N, Münzel T, Daiber A, Yaghmorloo M. Chronic occupational noise exposure: Effects on DNA damage, blood pressure, and serum biochemistry. *Mutat Res Genet Toxicol Environ Mutagen*. 2019;841:17–22. doi:10.1016/j.mrgentox.2019.04.006
4. Bolm-Audorff U, Hegewald J, Pretzsch A, Freiberg A, Nienhaus A, Seidler A. Occupational Noise and Hypertension Risk: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(17):6281. doi:10.3390/ijerph17176281
5. Kheirandish A, Mehrparvar A, Abou-Bakre A, Zare Sakhvidi MJ. Association between long-term occupational noise exposure and obesity. *Environ Sci Pollut Res*. 2022;29(14):20176–85. doi:10.1007/s11356-021-17299-4
6. Chen Y, Huang J, Zhou Z, Zhang J, Jin C, Zeng X, et al. Noise exposure-induced the cerebral alterations: From emerging evidence to antioxidant-

- mediated prevention and treatment. *Ecotoxicol Environ Saf.* 2024;288:117411. doi:10.1016/j.ecoenv.2024.117411
7. Dzhambov AM, Tokmakova MP, Gatseva PD, Zdravkov NG, Gencheva DG, Ivanova NG, et al. Community Noise Exposure and its Effect on Blood Pressure and Renal Function in Patients with Hypertension and Cardiovascular Disease. *Folia Med (Plovdiv).* 2017;59(3):344–56. doi:10.1515/folmed-2017-0045
 8. Radun J, Maula H, Rajala V, Scheinin M, Hongisto V. Acute stress effects of impulsive noise during mental work. *J Environ Psychol.* 2022;81:101819. doi:10.1016/j.jenvp.2022.101819
 9. Luzzi S, Vasilyev AV. Auditory and non-auditory effects, monitoring and mapping of occupational exposure to noise. *Noise Mapp.* 2022;9(1):146–56. doi:10.1515/noise-2022-0154
 10. Shukla M, Mani KV, Deepshikha, Shukla S, Kapoor N. Moderate noise associated oxidative stress with concomitant memory impairment, neuro-inflammation and neurodegeneration. *Brain Behav Immun Health.* 2020;5:100089. doi:10.1016/j.bbih.2020.100089
 11. Sivakumaran K, Ritonja JA, Waseem H, AlShenaiber L, Morgan E, Ahmadi SA, et al. Impact of noise exposure on risk of developing stress-related metabolic effects: A systematic review and meta-analysis. *Noise Health.* 2022;24(115):215. doi:10.4103/nah.nah_21_22

12. Themann CL, Masterson EA. Occupational noise exposure: A review of its effects, epidemiology, and impact with recommendations for reducing its burden. *J Acoust Soc Am*. 2019;146(5):3879–905. doi:10.1121/1.5134465
13. World Health Organization (WHO). Compendium of WHO and other UN guidance in health and environment, 2024 update [Internet]. World Health Organization; 2024 [citado el 31 de julio de 2025]. Disponible en: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240095380>
14. Zhang L, Chen S, Chen Z, Yin W, Fu W, He F, et al. Relationship between occupational noise exposure and hypertension: Cross-sectional evidence from real-world. *Front Public Health* [Internet]. 2022 [citado el 13 de febrero de 2025];10. doi:10.3389/fpubh.2022.1037246
15. Ye L, Yang H, Jin H, Guo Q. Relationship between occupational noise exposure and gestational hypertension in pregnant women in Taizhou city: Cross-sectional study. *Noise Health*. 2024;26(121):214–9. doi:10.4103/nah.nah_62_24
16. Yang L, Gutierrez DE, Guthrie OW. Systemic health effects of noise exposure. *J Toxicol Environ Health B Crit Rev*. 2024;27(1):21–54. doi:10.1080/10937404.2023.2280837
17. Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades. Pérdida de la audición relacionada con el trabajo [Internet]. 2015 [citado el 16 de diciembre de 2024]. Disponible en: https://www.cdc.gov/spanish/niosh/docs/2001-103_sp/default.html

18. Salcedo Medrano WFS, Martínez Villacrés HD, Garcés Coca EA. El ruido como factor de riesgo físico y su incidencia en la calidad de vida de los trabajadores en la productividad organizacional. *Pol Con*. 2017;2(6):755–69. doi:10.23857/pc.v2i6.155
19. Suter AH, Denisov EI, Suvorov GA, Driscoll DP, Royster LH, Doswell Royster J. Foreword to the Encyclopedia, Fourth Edition - Chapter 47 Noise [Internet]. *Encyclopaedia of occupational health & safety*. 2011 [citado el 16 de diciembre de 2024]. Disponible en: <https://www.iloencyclopaedia.org/part-vi-16255/noise>
20. Basner M, Babisch W, Davis A, Brink M, Clark C, Janssen S, et al. Auditory and non-auditory effects of noise on health. *Lancet*. 2014;383(9925):1325–32. doi:10.1016/S0140-6736(13)61613-X
21. Cao Z, Zhao F, Mulugeta H. Noise exposure as a risk factor for acoustic neuroma: a systematic review and meta-analysis. *Int J Audiol*. 2019;58(9):525–32. doi:10.1080/14992027.2019.1602289
22. Zhou J, Shi Z, Zhou L, Hu Y, Zhang M. Occupational noise-induced hearing loss in China: a systematic review and meta-analysis. *BMJ Open*. 2020;10(9):e039576. doi:10.1136/bmjopen-2020-039576
23. Rahmanian M, Zare Sakhvidi MJ, Mehrparvar AH, Zare Sakhvidi F, Dadvand P. Association between occupational noise exposure and diabetes: A systematic review and meta-analysis. *Int J Hyg Environ Health*. 2023;252:114222. doi:10.1016/j.ijheh.2023.114222

24. Leso V, Fontana L, Finiello F, De Cicco L, Luigia Ercolano M, Iavicoli I. Noise Induced Epigenetic Effects: A Systematic Review. *Noise Health*. 2020;22(107):77. doi:10.4103/nah.NAH_17_20
25. National Institute on Deafness and Other Communication Disorders (NIH). Neuropatía auditiva [Internet]. 2018 [citado el 16 de diciembre de 2024]. Disponible en: <https://www.nidcd.nih.gov/es/espanol/neuropatia-auditiva>
26. Rojas-González L, Martínez-Leal R, Paz-Araviche V, Chacín-Almarza B, Corzo-Alvarez G, Sanabria-Vera C, et al. Niveles de cortisol sérico al inicio y al final de la jornada laboral y manifestaciones extra auditivas en trabajadores expuestos a ruido en una industria cervecera. *Invest clín*. 2004;45(4):297–307.
27. Golmohammadi R, Darvishi E, Shafiee Motlagh M, Faradmal J, Aliabadi M, Rodrigues MA. Prediction of occupational exposure limits for noise-induced non-auditory effects. *Applied Ergonomics*. 2022;99:103641. doi:10.1016/j.apergo.2021.103641
28. Miranda AR. Aplicación de la dinámica de sistemas en el análisis de la evolución de la hipoacusia y la evaluación del impacto de estrategias sanitarias. *Rev Fac Nac Salud Pública*. 2023;41(1):e06. doi:10.17533/udea.rfnsp.e351042
29. Diaz M. Manual de salud y seguridad en trabajos de minería [Internet]. 1a ed. Buenos Aires: Aulas y Andamios; 2009 [citado el 25 de octubre de 2024].

120 p. Disponible en:
https://www.oitcinterfor.org/sites/default/files/salud_seg_mineria.pdf

30. American Speech-Language-Hearing Association. Loud Noise Dangers [Internet]. ASHA. American Speech-Language-Hearing Association; 2025 [citado el 1 de septiembre de 2025]. Disponible en: <https://www.asha.org/public/hearing/loud-noise-dangers/>
31. Thurston FE. The worker's ear: A history of noise-induced hearing loss. *Am J Ind Med*. 2013;56(3):367–77. doi:10.1002/ajim.22095
32. Kerr MJ, Neitzel RL, Hong O, Sataloff RT. Historical review of efforts to reduce noise-induced hearing loss in the United States. *Am J Ind Med*. 2017;60(6):569–77. doi:10.1002/ajim.22627
33. Cai Y, Hansell AL, Blangiardo M, Burton PR, BioSHaRE, de Hoogh K, et al. Long-term exposure to road traffic noise, ambient air pollution, and cardiovascular risk factors in the HUNT and lifelines cohorts. *Eur Heart J*. 2017;38(29):2290–6. doi:10.1093/eurheartj/ehx263
34. Rojek M, Rajzer MW, Wojciechowska W, Drozd T, Skalski P, Pizon T, et al. Relationship among long-term aircraft noise exposure, blood pressure profile, and arterial stiffness. *J Hypertens*. 2019;37(7):1350–8. doi:10.1097/HJH.0000000000002060
35. Zhan Z-Q, Li J-X, Chen Y-X, Fang J-Y. The effects of air and transportation noise pollution-related altered blood gene expression, DNA methylation, and

- protein abundance levels on gastrointestinal diseases risk. *Sci Total Environ.* 2024;951:175633. doi:10.1016/j.scitotenv.2024.175633
36. Manukyan AL. Noise as a cause of neurodegenerative disorders: molecular and cellular mechanisms. *Neurol Sci.* 2022;43(5):2983–93. doi:10.1007/s10072-022-05948-6
 37. Michaud DS, Thomson EM, van Oosterhout P, McNamee JP. Hair cortisol as a viable tool for the assessment of an association between environmental noise exposure and chronic stress. *J Acoust Soc Am .* 2022;152(2):866–76. doi:10.1121/10.0012887
 38. Hahad O, Prochaska JH, Daiber A, Münzel T. Environmental Noise-Induced Effects on Stress Hormones, Oxidative Stress, and Vascular Dysfunction: Key Factors in the Relationship between Cerebrocardiovascular and Psychological Disorders. *Oxid Med Cell Longev.* 2019;2019(1):4623109. doi:10.1155/2019/4623109
 39. Münzel T, Sørensen M, Schmidt F, Schmidt E, Steven S, Kröller-Schön S, et al. The Adverse Effects of Environmental Noise Exposure on Oxidative Stress and Cardiovascular Risk. *Antioxid Redox Signal.* 2018;28(9):873–908. doi:10.1089/ars.2017.7118
 40. Daiber A, Kröller-Schön S, Oelze M, Hahad O, Li H, Schulz R, et al. Oxidative stress and inflammation contribute to traffic noise-induced vascular and cerebral dysfunction via uncoupling of nitric oxide synthases. *Redox Biology.* 2020;34:101506. doi:10.1016/j.redox.2020.101506

41. Golbidi S, Li H, Laher I. Oxidative Stress: A Unifying Mechanism for Cell Damage Induced by Noise, (Water-Pipe) Smoking, and Emotional Stress—Therapeutic Strategies Targeting Redox Imbalance. *Antioxidants & Redox Signaling*. 2018;28(9):741–59. doi:10.1089/ars.2017.7257

42. Bayo Jimenez MT, Frenis K, Hahad O, Steven S, Cohen G, Cuadrado A, et al. Protective actions of nuclear factor erythroid 2-related factor 2 (NRF2) and downstream pathways against environmental stressors. *Free Radical Biology and Medicine*. 2022;187:72–91. doi:10.1016/j.freeradbiomed.2022.05.016

43. Münzel T, Sørensen M, Gori T, Schmidt FP, Rao X, Brook FR, et al. Environmental stressors and cardio-metabolic disease: part II-mechanistic insights. *Eur Heart J*. 2017;38(8):557–64. doi:10.1093/eurheartj/ehw294

44. Kröller-Schön S, Daiber A, Steven S, Oelze M, Frenis K, Kalinovic S, et al. Crucial role for Nox2 and sleep deprivation in aircraft noise-induced vascular and cerebral oxidative stress, inflammation, and gene regulation. *Eur Heart J*. 2018;39(38):3528–39. doi:10.1093/eurheartj/ehy333

45. Kuntic M, Kuntic I, Krishnankutty R, Gericke A, Oelze M, Junglas T, et al. Co-exposure to urban particulate matter and aircraft noise adversely impacts the cerebro-pulmonary-cardiovascular axis in mice. *Redox Biology*. 2023;59:102580. doi:10.1016/j.redox.2022.102580

46. Fetoni AR, Paciello F, Rolesi R, Paludetti G, Troiani D. Targeting dysregulation of redox homeostasis in noise-induced hearing loss: Oxidative

- stress and ROS signaling. *Free Radical Biology and Medicine*. 2019;135:46–59. doi:10.1016/j.freeradbiomed.2019.02.022
47. Forouzanfar F, Asgharzade S. MicroRNAs in Noise-Induced Hearing Loss and their Regulation by Oxidative Stress and Inflammation. *Current Drug Targets*. 2020;21(12):1216–24. doi:10.2174/1389450121666200615145552
 48. Grimwood C, Turner S. The evolution of noise policy and noise management in England during the life of the UK's Institute of Acoustics. En Melbourne, Australia: Institute of Noise Control Engineering; 2014. p. 1949–58. Disponible en: https://www.acoustics.asn.au/conference_proceedings/INTERNOISE2014/papers/p278.pdf
 49. Kardous CA, Murphy WJ. How Can we Measure Impulse Noise Properly? [Internet]. NIOSH Science Bulletin. 2026 [citado el 11 de marzo de 2026]. Disponible en: <https://www.cdc.gov/niosh/bulletin/2018/impulse-noise.html>
 50. Chung I-S, Chu IM, Cullen MR. Hearing effects from intermittent and continuous noise exposure in a study of Korean factory workers and firefighters. *BMC Public Health*. 2012;12(1):87. doi:10.1186/1471-2458-12-87
 51. Sonco Justo FM. Evaluación del nivel de ruido y su efecto en los trabajadores del taller de mantenimiento y producción de la Universidad Nacional del Altiplano, Puno. *Revista de Investigaciones*. 2023;12(4):257–67. doi:10.26788/ri.v12i4.4761

52. Sierra Calderón DD, Bedoya Marrugo EA. Prevalencia de hipoacusia neurosensorial inducida por ruido en empresas del sector madera de la ciudad de Cartagena. 2015. NOVA. 2016;14(25):47–56. doi:10.22490/24629448.1726
53. Alcívar Tejena GM. Afectación auditiva en personal expuesto a ruido industrial en una empresa manufacturera. Revista San Gregorio. 2022;1(51):139–55. doi:10.36097/rsan.v0i51.2032
54. Sakthivel R, Perumal Kamalakannan L, Shanmugam R, Venugopal V. Nonauditory Impacts of Industrial Noise Exposures: A Case Study From a Steel Manufacturing Industry. Safety and Health at Work. 2025;16(2):243–8. doi:10.1016/j.shaw.2025.01.004
55. Cho S, Lim D-Y, Kim S, Kim H, Kang W, Park W-J. Association between Occupational Noise Exposure and Insomnia among Night-Shift Production Workers: A 4-Year Follow-up Study. Noise Health. 2023;25(118):135–42. doi:10.4103/nah.nah_15_23
56. Yu J, CUI J, Huang H, Zhang J, Li X, Ruan Y, et al. Association between individual occupational noise exposure and overweight/obesity among automotive manufacturing workers in South China. BMC Public Health. 2025;25(1):249. doi:10.1186/s12889-025-21333-2
57. Abbasi M, Yazdanirad S, Ahmadi A. Developing and validating a risk assessment method for noise-induced hearing loss in workers. Heliyon. 2024;10(22):e40475. doi:10.1016/j.heliyon.2024.e40475

58. Cerro-Romero SM, Valladares-Garrido D, Valladares-Garrido MJ. Factores asociados a hipoacusia inducida por ruido en trabajadores de una empresa metalmecánica de Talara, Piura periodo 2015 - 2018. *Rev Cuerpo Med HNAAA*. 2020;13(2):122–7. doi:10.35434/rcmhnaaa.2020.132.658
59. WorkSafeBC. Work safe bulletin - How loud is it? [Internet]. 2019 [citado el 8 de septiembre de 2025]. Disponible en: <https://www.worksafebc.com/en/resources/health-safety/hazard-alerts/how-loud-is-it-construction?direct=&lang=en>
60. Schutt D, Lipsey T, Van Dyke M, Brazile WJ. Power saw noise levels during steel stud cutting tasks on commercial construction sites: a tool characterization from a worker exposure standpoint. *Ann Work Expo Health*. 2024;68(8):874–80. doi:10.1093/annweh/wxae054
61. Huang X, Luo H, Kang J, Liu J. Worker-Centric Construction Noise Management: A Systematic Review of Assessment, Monitoring, Modelling, and Control. *Building and Environment*. 2025;280:113131. doi:10.1016/j.buildenv.2025.113131
62. Liu H, Zhang M, Sun X, Hu W, Bai S, Zou H, et al. Evaluation of the risk of noise-induced hearing loss and the significance of occupational noise exposure limit among Chinese industrial workers. *J Acoust Soc Am*. 2025;158(2):1355–66. doi:10.1121/10.0038801
63. Yang X, Wang Y, Zhang R, Zhang Y. Physical and Psychoacoustic Characteristics of Typical Noise on Construction Site: “How Does Noise

Impact Construction Workers' Experience?". *Front Psychol* [Internet]. 2021 [citado el 8 de septiembre de 2025];12(707868). doi:10.3389/fpsyg.2021.707868

64. Effa F, Arz J-P, Serizel R, Grimault N. Evaluating and predicting the audibility of acoustic alarms in the workplace using experimental methods and deep learning. *Applied Acoustics*. 2024;219:109955. doi:10.1016/j.apacoust.2024.109955
65. Parra-Cortés MV, García-Iglesias JJ, Gómez-Salgado J, Prieto-Callejero B, Macías-Toronjo I, Fagundo-Rivera J. Hearing loss in miners exposed to high noise levels: A systematic review and *meta-analysis* of the last 10 years. *Safety Science*. 2025;191:106942. doi:10.1016/j.ssci.2025.106942
66. Casal-Pardo B, Jasso-Gascón NE, Preciados-Sola R, Reinoso-García K, Casal-Pardo B, Jasso-Gascón NE, et al. Pérdida auditiva y exposición laboral a ruido en minería: una revisión sistemática. *Med segur trab*. 2022;68(266):36–55. doi:10.4321/s0465-546x2022000100004
67. Erol İ. Investigation of Occupational Noise-Induced Hearing Loss of Underground Coal Mines. *Mining, Metallurgy & Exploration*. 2022;39(3):1045–60. doi:10.1007/s42461-022-00585-1
68. Roohezamin A, Kalatehjari R, Hajihassani M, Kharghani M, Dias D. Investigation of acoustic waves behavior of an underground tunnel in a multilayer soil. *Sci Rep*. 2022;12(1):1–15. doi:10.1038/s41598-022-16991-

w

69. Rezaeineshat A, Monjezi M, Mehrdanesh A, Khandelwal M. Optimization of blasting design in open pit limestone mines with the aim of reducing ground vibration using robust techniques. *Geomech Geophys Geo-energ Geo-resour.* 2020;6(2):40. doi:10.1007/s40948-020-00164-y
70. Rahmani R, Aliabadi M, Golmohammadi R, Babamiri M, Farhadian M. Body physiological responses of city bus drivers subjected to noise and vibration exposure in working environment. *Heliyon.* 2022;8(8):e10329. doi:10.1016/j.heliyon.2022.e10329
71. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). Transportation, Warehousing and Utilities (TWU) Statistics [Internet]. Noise and Hearing Loss. 2024 [citado el 9 de septiembre de 2025]. Disponible en: <https://www.cdc.gov/niosh/noise/surveillance/transportation.html>
72. Balaji R, Rajasegaran R, John NA, Venkatappa US, Balaji R, Rajasegaran R, et al. Hearing Impairment and High Blood Pressure among Bus Drivers in Puducherry. *J Clin Diagn Res.* 2016;10(2):Cc08-Cc10. doi:10.7860/JCDR/2016/17361.7199
73. Talavera Sánchez OJ, Barrio Echavarría G, Ojeda Lizárraga SL, Ramírez Fraire RO, Serrano Ramírez K. Ruido en el ambiente laboral y efectos en sistema cardiovascular en operadores de transporte público. *Salud de los Trabajadores.* 2019;27(2):175–81.
74. Budiawan W, Andarani P, Agiasti LD. Assessing Occupational Noise Exposure and Blood Pressure of Cabin Personnel of an Indonesian Diesel

- Train. *Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan*. 2022;19(2):271–9. doi:10.14710/presipitasi.v19i2.271-279
75. Elshaer N, Meleis D, Mohamed A. Prevalence and correlates of occupational noise-induced hearing loss among workers in the steel industry. *J Egypt Public Health Assoc*. 2023;98(1):11. doi:10.1186/s42506-023-00135-7
 76. Lie A, Skogstad M, Johannessen HA, Tynes T, Mehlum IS, Nordby K-C, et al. Occupational noise exposure and hearing: a systematic review. *Int Arch Occup Environ Health*. 2016;89(3):351–72. doi:10.1007/s00420-015-1083-5
 77. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). Criteria for a recommended standard: Occupational noise exposure, Revised criteria 1998. [Internet]. Dissemination Education and Information Division National Institute for Occupational Safety and Health; 2025 [citado el 22 de septiembre de 2025]. Disponible en: <https://www.cdc.gov/niosh/docs/98-126/default.html>
 78. Frederiksen TW, Ramlau-Hansen CH, Stokholm ZA, Grynderup MB, Hansen ÅM, Kristiansen J, et al. Noise-Induced Hearing Loss - A Preventable Disease? Results of a 10-Year Longitudinal Study of Workers Exposed to Occupational Noise. *Noise Health*. 2017;19(87):103–11. doi:10.4103/nah.NAH_100_16

79. Gopinath B, McMahon C, Tang D, Burlutsky G, Mitchell P. Workplace noise exposure and the prevalence and 10-year incidence of age-related hearing loss. *PLoS One*. 2021;16(7):e0255356. doi:10.1371/journal.pone.0255356
80. Silva VAR, Guimarães AC, Lavinsky J, Pauna HF, Duarte ASM, Castilho AM, et al. Five-Year Longitudinal Cohort Study Determines the Critical Intervals for Periodic Audiometric Testing Based on 5070 Tests of Metallurgical Workers Exposed and Nonexposed to Noise. *Ear Hear*. 2022;43(1):81–9. doi:10.1097/AUD.0000000000001077
81. Sliwinska-Kowalska M, Pawelczyk M. Contribution of genetic factors to noise-induced hearing loss: a human studies review. *Mutat Res*. 2013;752(1):61–5. doi:10.1016/j.mrrev.2012.11.001
82. Van Buren KW, Rocheleau CM, Chen I-C, Sanderson WT, MacDonald LA, Masterson EA, et al. Maternal occupational exposure to noise: prevalence, maternal effects and infant outcomes in the National Birth Defects Prevention Study, 1997–2011. *Occup Environ Med*. 2025;82(5):222–9. doi:10.1136/oemed-2024-109928
83. Hibiya-Motegi R, Nakayama M, Matsuoka R, Takeda J, Nojiri S, Itakura A, et al. Use of sound-elicited fetal heart rate accelerations to assess fetal hearing in the second and third trimester. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*. 2020;133:110001. doi:10.1016/j.ijporl.2020.110001
84. Ulin M, Edokobi N, Ganjineh B, Magann EF, Whitham MD. The Impact of Environmental and Occupational Noise on Maternal and Perinatal Pregnancy

- Outcomes. *Obstet Gynecol Surv.* 2024;79(4):219–32.
doi:10.1097/OGX.0000000000001262
85. Masterson EA. Hearing Impairment Among Noise-Exposed Workers — United States, 2003–2012. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep.* 2016;65(15):389–94. doi:10.15585/mmwr.mm6515a2
 86. Wang D, Zhou M, Li W, Kong W, Wang Z, Guo Y, et al. Occupational noise exposure and hypertension: the Dongfeng-Tongji Cohort Study. *Journal of the American Society of Hypertension.* 2018;12(2):71-79.e5. doi:10.1016/j.jash.2017.11.001
 87. Teixeira LR, Pega F, Dzhambov AM, Bortkiewicz A, da Silva DTC, de Andrade CAF, et al. The effect of occupational exposure to noise on ischaemic heart disease, stroke and hypertension: A systematic review and meta-analysis from the WHO/ILO Joint Estimates of the Work-Related Burden of Disease and Injury. *Environment International.* 2021;154:106387. doi:10.1016/j.envint.2021.106387
 88. Yang Y, Zhang E, Zhang J, Chen S, Yu G, Liu X, et al. Relationship between occupational noise exposure and the risk factors of cardiovascular disease in China: A meta-analysis. *Medicine (Baltimore).* 2018;97(30):e11720. doi:10.1097/MD.00000000000011720
 89. Skogstad M, Johannessen HA, Tynes T, Mehlum IS, Nordby K-C, Lie A. Systematic review of the cardiovascular effects of occupational noise. *Occupational Medicine.* 2016;66(1):10–6. doi:10.1093/occmed/kqv148

90. Said MAM, Wellun Z, Khamis NK. Effects of Noise Hazards towards Physiology Especially Heart Rate Performance among Worker in Manufacturing Industry and Their Prevention Strategies: A Systematic Review. *Iran J Public Health*. 2022;51(8):1706–17. doi:10.18502/ijph.v51i8.10251
91. Yadav OP, Sarkar A, Shan D, Rahman A, Moro L. Occupational noise exposure and health impacts among fish harvesters: a systematic review. *Int Marit Health*. 2021;72(3):199–205. doi:10.5603/IMH.2021.0038
92. Peters JL, Grady ST, Laden F, Nelson E, Bozigar M, Hart JE, et al. Long-term nighttime aircraft noise exposure and risk of hypertension in a prospective cohort of female nurses. *Int J Hyg Environ Health*. 2025;263:114457. doi:10.1016/j.ijheh.2024.114457
93. Golmohammadi R, Darvishi E. The Combined Effects of Occupational Exposure to Noise and Other Risk Factors – A Systematic Review. *Noise Health*. 2019;21(101):125–41. doi:10.4103/nah.NAH_4_18
94. Li W, Ruan W, Yi G, Chen Z, Wang D. Association of noise exposure with risk of metabolic syndrome: Evidence from 44,698 individuals. *Diabetes Res Clin Pract*. 2021;178:108944. doi:10.1016/j.diabres.2021.108944
95. Wang Z, Qian R, Xiang W, Sun L, Xu M, Zhang B, et al. Association between noise exposure during pregnancy and pregnancy complications: A meta-analysis. *Front Psychol*. 2022;13:1–13. doi:10.3389/fpsyg.2022.1026996

96. Pasanen TP, Tiittanen P, Roswall N, Persson Waye K, Selander J, Sanchez Martinez N, et al. Occupational noise exposure and maternal pregnancy complications: register-based cohort from urban areas in four Nordic countries. *Occup Environ Med*. 2025;81(12):603–9. doi:10.1136/oemed-2024-109724
97. Münzel T, Schmidt FP, Steven S, Herzog J, Daiber A, Sørensen M. Environmental Noise and the Cardiovascular System. *J Am Coll Cardiol*. 2018;71(6):688–97. doi:10.1016/j.jacc.2017.12.015
98. Garzón Duque MO, Rodríguez Ospina FL, Segura Cardona AM, Cardona Arango D, Saldarriaga PJ, Giraldo A, et al. Síntomas de depresión y factores relacionados en trabajadores con empleos de subsistencia en Medellín, Colombia. *RCP*. 2023;52:S92–104. doi:10.1016/j.rcp.2021.10.011
99. Nari F, Kim YK, Kang SH, Park E-C, Jang S-I. Association between Occupational Noise and Vibration Exposure and Insomnia among Workers in Korea. *Life (Basel)*. 2020;10(4):46. doi:10.3390/life10040046
100. Maqueda Blasco J, Cortés Barragán R, Ordaz Castillo E, Asúnsolo del Barco A, Silva Mato A, Bermejo García E, et al. Revisión sobre la evidencia de la relación entre exposición profesional al ruido y efectos extrauditivos no cardio-vasculares. *Med segur trab*. 2010;56(218):49–71.
101. Mehrotra A, Shukla SP, Shukla AK, Manar MK, Singh SK, Mehrotra M. A Comprehensive Review of Auditory and Non-Auditory Effects of Noise on

Human Health. Noise Health. 2024;26(121):59–69.
doi:10.4103/nah.nah_124_23

102. Mucci N, Traversini V, Lulli LG, Vimercati L, Rapisarda V, Galea RP, et al. Neurobehavioral Alterations in Occupational Noise Exposure: A Systematic Review. *Sustainability*. 2021;13(21):12224. doi:10.3390/su132112224
103. Lee Y, Lee S, Lee W. Occupational and Environmental Noise Exposure and Extra-Auditory Effects on Humans: A Systematic Literature Review. *Geohealth*. 2023;7(6):e2023GH000805. doi:10.1029/2023GH000805
104. Alimoradi H, Nazari M, Madvari RF, Ajdani A, Sakhvidi MJZ, Nodoushan RJ. The impact of non-auditory effects of harmful industrial noise on Meta-Cognitive and Cognitive factors. *Arch Pharma Pract*. 2020;11(4–2020):59–65.
105. Masullo M, Toma RA, Maffei L. Effects of Industrial Noise on Physiological Responses. *Acoustics*. 2022;4(3):733–45. doi:10.3390/acoustics4030044
106. Tessier-Sherman B, Galusha D, Cantley LF, Cullen MR, Rabinowitz PM, Neitzel RL. Occupational noise exposure and risk of hypertension in an industrial workforce. *Am J Ind Med*. 2017;60(12):1031–8. doi:10.1002/ajim.22775
107. Villarreal-Zegarra D, Paredes-Angeles R, Mayo-Puchoc N, Arenas-Minaya E, Huarcaya-Victoria J, Copez-Lonzoy A. Psychometric properties of the GAD-7 (General Anxiety Disorder-7): a cross-sectional study of the

- Peruvian general population. *BMC Psychol.* 2024;12:183. doi:10.1186/s40359-024-01688-8
108. Merino-Soto C, Angulo-Ramos M, Rovira-Millán LV, Rosario-Hernández E. Psychometric properties of the generalized anxiety disorder-7 (GAD-7) in a sample of workers. *Front Psychiatry.* 2023;14:999242. doi:10.3389/fpsyt.2023.999242
 109. Saldivia S, Aslan J, Cova F, Vicente B, Inostroza C, Rincón P, et al. Propiedades psicométricas del PHQ-9 (Patient Health Questionnaire) en centros de atención primaria de Chile. *Revista médica de Chile.* 2019;147(1):53–60. doi:10.4067/S0034-98872019000100053
 110. Vu LG, Le LK, Dam AVT, Nguyen SH, Vu TTM, Trinh TTH, et al. Factor Structures of Patient Health Questionnaire-9 Instruments in Exploring Depressive Symptoms of Suburban Population. *Front Psychiatry [Internet].* 2022 [citado el 18 de marzo de 2026];13. doi:10.3389/fpsyt.2022.838747
 111. Dupuis K, Marchuk V, Pichora-Fuller MK. Noise Affects Performance on the Montreal Cognitive Assessment. *Can J Aging.* 2016;35(3):298–307. doi:10.1017/S0714980816000313
 112. Huang L, Ma J, Jiang F, Zhang S, Lan Y, Zhang Y. Relationship Between Work-Related Noise Exposure and Cognitive Impairment: A Cross-Sectional Study in China. *Journal of Alzheimer's Disease.* 2024;100(1):151–61. doi:10.3233/JAD-240061

113. Azadboni Z, Talarposhti R, Ghaljahi M, Mehri A, Aarabi S, Poursadeghiyan M, et al. Effect of Occupational Noise Exposure on Sleep among Workers of Textile Industry. JOURNAL OF CLINICAL AND DIAGNOSTIC RESEARCH. 2018; doi:10.7860/JCDR/2018/26084.11334
114. Cho S, Lim D-Y, Kim S, Kim H, Kang W, Park W-J. Association between Occupational Noise Exposure and Insomnia among Night-Shift Production Workers: A 4-Year Follow-up Study. Noise Health. 2023;25(118):135–42. doi:10.4103/nah.nah_15_23
115. Li X, Dong Q, Wang B, Song H, Wang S, Zhu B. The Influence of Occupational Noise Exposure on Cardiovascular and Hearing Conditions among Industrial Workers. Sci Rep. 2019;9(1):11524. doi:10.1038/s41598-019-47901-2
116. Fan Y, Liang J, Cao X, Pang L, Zhang J. Effects of Noise Exposure and Mental Workload on Physiological Responses during Task Execution. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2022;19(19):12434. doi:10.3390/ijerph191912434
117. Min J young, Min K bok. Cumulative exposure to nighttime environmental noise and the incidence of peptic ulcer. Environ Int. 2018;121((Pt2)):1172–8. doi:10.1016/j.envint.2018.10.035
118. Zha L-F, Dong J-T, Wang J-L, Chen Q-W, Wu J-F, Zhou Y-C, et al. Effects of Insomnia on Peptic Ulcer Disease Using Mendelian Randomization. Oxid Med Cell Longev. 2021;2021(1):2216314. doi:10.1155/2021/2216314

119. Evrard A-S. Effects of environmental noise on stress hormones. *Annales d'Endocrinologie*. 2025;86(3):101771. doi:10.1016/j.ando.2025.101771
120. Naderyan Fe'li S, Monazzam Esmaielpour MR, Hokmabadi R, Rezaei-Hachesu V. Effect of occupational noise exposure on cortisol hormone level: A systematic review. *Noise Vib Worldw*. 2022;53(11):579–88. doi:10.1177/09574565221139584
121. Chang T-Y, Yu T-Y, Liu C-S, Young L-H, Bao B-Y. Occupational noise exposure and its association with incident hyperglycaemia: a retrospective cohort study. *Sci Rep*. 2020;10(1):8584. doi:10.1038/s41598-020-65646-1
122. Oh HY, Yoo JE. The Association between Duration of Noise Exposure in the Workplace and Glucose Metabolism Status: Evidence from the Korea National Health and Nutrition Examination Survey. *Korean J Fam Med*. 2022;43(6):396–402. doi:10.4082/kjfm.21.0180
123. Kim A, Sung JH, Bang J-H, Cho SW, Lee J, Sim CS. Effects of self-reported sensitivity and road-traffic noise levels on the immune system. *PLOS ONE*. 2017;12(10):e0187084. doi:10.1371/journal.pone.0187084
124. Chang T-Y, Hsiao Y-Y, Lin M-L, Chao K-P. O-071 Acute effects of occupational noise exposure on inflammatory responses in salivary cytokines. *Occup Med (Lond)*. 2024;74(Supplement_1):0. doi:10.1093/occmed/kqae023.0592

125. Szataniak I, Packi K. Melatonin as the Missing Link Between Sleep Deprivation and Immune Dysregulation: A Narrative Review. *Int J Mol Sci.* 2025;26(14):6731. doi:10.3390/ijms26146731
126. Münzel T, Molitor M, Kuntic M, Hahad O, Rösli M, Engelmann N, et al. Transportation Noise Pollution and Cardiovascular Health. *CIRRESAHA.* 2024;134(9):1113–35. doi:10.1161/CIRCRESAHA.123.323584
127. Münzel T, Sørensen M, Daiber A. Transportation noise pollution and cardiovascular disease. *Nat Rev Cardiol.* 2021;18(9):619–36. doi:10.1038/s41569-021-00532-5
128. Chi H, Cao W, Zhang M, Su D, Yang H, Li Z, et al. Environmental noise stress disturbs commensal microbiota homeostasis and induces oxinflammation and AD-like neuropathology through epithelial barrier disruption in the EOAD mouse model. *J Neuroinflammation.* 2021;18(1):9. doi:10.1186/s12974-020-02053-3
129. Huang Y-H, Huang H-Y, Lee J-I, Wu T-Y, Huang S-P, Geng J-H, et al. Long sleep duration and good sleep quality reduced incident peptic ulcer disease in a large Taiwanese population follow-up study. *Int J Med Sci.* 2025;22(4):754–63. doi:10.7150/ijms.103639
130. Fang B, Yang S, Xu R, Chen G. Association between Poor Sleep Quality and Subsequent Peptic Ulcer Recurrence in Older Patients with Mild Cognitive Impairment: Examining the Role of Social Engagement. *Sci Rep.* 2019;9(1):2188. doi:10.1038/s41598-019-38715-3

131. Zhang A, Zou T, Guo D, Wang Q, Shen Y, Hu H, et al. The Immune System Can Hear Noise. *Front Immunol* [Internet]. 2021 [citado el 18 de septiembre de 2025];11. doi:10.3389/fimmu.2020.619189
132. Lee S, Lee Y, Lee W, Ma X. Environmental noise exposure and autoimmune diseases: Evidence from a national cohort study. *Ecotoxicol Environ Saf.* 2025;289:117674. doi:10.1016/j.ecoenv.2025.117674
133. Kim G, Kim H, Yun B, Sim J, Kim C, Oh Y, et al. Association of Occupational Noise Exposure and Incidence of Metabolic Syndrome in a Retrospective Cohort Study. *Int J Environ Res Public Health.* 2022;19(4):2209. doi:10.3390/ijerph19042209
134. Khosravipour M, Abdollahzad H, Khosravi F, Rezaei M, Mohammadi Sarableh H, Moradi Z. The Association of Occupational Noises and the Prevalence of Metabolic Syndrome. *Ann Work Expo Health.* 2020;64(5):514–21. doi:10.1093/annweh/wxaa030
135. Drossman DA, Hasler WL. Rome IV—Functional GI Disorders: Disorders of Gut-Brain Interaction. *Gastroenterology.* 2016;150(6):1257–61. doi:10.1053/j.gastro.2016.03.035
136. Wang J, Yuan Y, Jiang W, Cao D, Chen J, Yuan Y. Systemic Inflammation as a Mediator of the Association Between Occupational Noise Exposure and Depression Risk: A Population-Based Study. *Noise Health.* 2025;27(128):765–73. doi:10.4103/nah.nah_86_25

137. Kuo T-Y, Chang C-W. Occupational noise exposure and its effects on hearing threshold shifts and otolithic vestibular functions in male workers. *Int Arch Occup Environ Health*. 2025;98(9):957–72. doi:10.1007/s00420-025-02178-z
138. Sánchez-Sellero I, Soto-Varela A. Relationship Between Occupational Exposure to Noise and Vibrations and Vertigo: A Prospective Case-Control Study. *J Clin Med*. 2024;13(22):6650. doi:10.3390/jcm13226650
139. Kordmiri SHM, Aliabadi M, Golmohammadi R, Bovenzi M, Farhadian M. Effect of noise and hand-transmitted vibration exposure on hearing and equilibrium under a simulated work environment with building tools. *Work*. 2024;77(2):615–28. doi:10.3233/WOR-220662
140. Das S, Kalidoss VK, Bakshi SS, Ramesh S. A Cross-Sectional Study on the Effect of Chronic Noise Exposure on the Vestibular Function of Traffic Policemen and Automobile Drivers. *Noise Health*. 2022;24(115):231–6. doi:10.4103/nah.nah_40_22
141. Nadri H, Khavanin A, Kim I-J, Akbari M, Nadri F. Association between Simultaneous Occurrence of Occupational Noise-Induced Hearing Loss and Noise-Induced Vestibular Dysfunction: A Systematic Review. *Iran J Public Health*. 2023;52(4):683–94. doi:10.18502/ijph.v52i4.12436
142. Lee J, Ali H, Ziaei A, Tobey EA, Hansen JHL. The Lombard effect observed in speech produced by cochlear implant users in noisy environments: A

- naturalistic study. *J Acoust Soc Am.* 2017;141(4):2788–99. doi:10.1121/1.4979927
143. Hernández-Nuño de la Rosa MF, Keith DA, Siegel NS, Moreno-Hay I. Is there an association between otologic symptoms and temporomandibular disorders?: An evidence-based review. *The Journal of the American Dental Association.* 2022;153(11):1096–103. doi:10.1016/j.adaj.2021.07.029
 144. Porto De Toledo I, Stefani FM, Porporatti AL, Mezzomo LA, Peres MA, Flores-Mir C, et al. Prevalence of otologic signs and symptoms in adult patients with temporomandibular disorders: a systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Invest.* 2017;21(2):597–605. doi:10.1007/s00784-016-1926-9
 145. Shirley Ryan AbilityLab. Dizziness Handicap Inventory | RehabMeasures Database [Internet]. 2025 [citado el 16 de marzo de 2026]. Disponible en: <https://www.sralab.org/rehabilitation-measures/dizziness-handicap-inventory>
 146. Anand S, Bottalico P, Gray C. Vocal Fatigue in Prospective Vocal Professionals. *Journal of Voice.* 2021;35(2):247–58. doi:10.1016/j.jvoice.2019.08.015
 147. Phyland D, Miles A. Occupational voice is a work in progress: active risk management, habilitation and rehabilitation. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg.* 2019;27(6):439–47. doi:10.1097/MOO.0000000000000584

148. Román-Zubeldia J, Farias PG. Adaptación y validación del Voice Handicap Index y su versión abreviada al español rioplatense de Argentina. *Revista de Investigación e Innovación en Ciencias de la Salud*. 2024;6(1):127–47. doi:10.46634/riics.265
149. Kizek P, Pacutova V, Schwartzova V, Timkova S. Decoding Chronic Jaw Pain: Key Nature of Temporomandibular Disorders in Slovak Patients. *Bratisl Med J*. 2025;126(4):514–23. doi:10.1007/s44411-025-00034-7
150. Saruhanoglu A, Gökçen-Röhlig B, Saruhanoglu C, Öngül D, Koray M. Frequency of temporomandibular disorder signs and symptoms among call center employees. *Cranio*. 2017;35(4):244–9. doi:10.1080/08869634.2016.1216823
151. Ohrbach R, Dworkin SF. The Evolution of TMD Diagnosis. *J Dent Res*. 2016;95(10):1093–101. doi:10.1177/0022034516653922
152. Shu L, Fan Z, Tang J, Xu G, Guo J, Long T, et al. The protective effect of wearing hearing protection devices in noise-induced hearing loss and its potential influencing factors in the Chinese adult population. *Sci Total Environ*. 2025;964:178507. doi:10.1016/j.scitotenv.2025.178507
153. Neitzel R, Seixas N. The Effectiveness of Hearing Protection Among Construction Workers. *J Occup Environ Hyg*. 2005;2(4):227–38. doi:10.1080/15459620590932154
154. International Organization for Standardization. *Sistemas de gestión de la seguridad y salud en el trabajo — Requisitos con orientación para su uso*.

- ISO 45001:2018 [Internet]. Ginebra: ISO; 2018. Disponible en: <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/63787/be5f82fe846448fa874661e683ace6a9/ISO-45001-2018.pdf>
155. Arezes PM, Miguel AS. Assessing the use of hearing protection in industrial settings: A comparison between methods. *Int J Ind Ergon.* 2013;43(6):518–25. doi:10.1016/j.ergon.2012.07.002
 156. Occupational Safety and Health Administration (OSHA). 1910.95 - Occupational noise exposure. | Occupational Safety and Health Administration [Internet]. [citado el 22 de septiembre de 2025]. Disponible en: <https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1910/1910.95>
 157. European Parliament, Council of the European Union. Directive 2003/10/EC of the European Parliament and of the Council on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (noise) [Internet]. *Official Journal of the European Union – Legislation.*; 2003 [citado el 22 de septiembre de 2025]. Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/ALL/?uri=celex%3A32003L0010>
 158. Congreso de la Republica. Ley N° 29783 - Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo [Internet]. 2011 [citado el 22 de septiembre de 2025]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/congreso-de-la-republica/normas-legales/462576-29783>

159. Presidencia de la República del Perú. Decreto Supremo N.º 005-2012-TR-Reglamento de la Ley N.º 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo. [Internet]. 2016 [citado el 22 de septiembre de 2025]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/presidencia/normas-legales/462577-005-2012-tr>
160. Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN). Decreto Supremo N.º 024-2016-EM -Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería [Internet]. 2016 [citado el 22 de septiembre de 2025]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/osinergmin/normas-legales/741887-024-2016-em>
161. Dirección General de Salud (DIGESA). Guía técnica: vigilancia de la salud de los trabajadores expuestos a ruido [Internet]. Lima: DIGESA; 2011. Disponible en: http://www.digesa.minsa.gob.pe/norma_consulta/Gu%C3%ADa%20T%C3%A9cnica%20de%20Vigilancia%20de%20la%20Salud%20de%20los%20Trabajadores%20Expuestos%20a%20Ruido.pdf
162. Lie A, Engdahl B, Hoffman HJ, Li C-M, Tambs K. Occupational noise exposure, hearing loss, and notched audiograms in the HUNT Nord-Trøndelag hearing loss study, 1996-1998. *Laryngoscope*. 2017;127(6):1442–50. doi:10.1002/lary.26256

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Flujograma de Selección de Estudios

