



Maestría en Salud y Seguridad Ocupacional

Proyecto de Titulación asociado al Programa de Investigación sobre Seguridad y Salud en el Trabajo.

Estadísticas en accidentes de trabajo y enfermedades profesionales.

Sordera inducida. Fisiopatología, factores influyentes y recomendaciones: Revisión Sistemática Exploratoria

MAESTRANTE

Juan Pablo Espinoza
jpespinoza.mprl@uisek.edu.ec

DIRECTOR

Frank Guzmán
franz.guzman@uisek.edu.ec

Fecha: abril de 2021

RESUMEN.

Objetivos: La pérdida auditiva causada por exposición a ruido representa uno de los riesgos ocupacionales más reportados mundialmente. Este artículo brinda un resumen sobre: la fisiopatología del ruido mostrando cómo puede afectar los distintos órganos que comprenden el sistema auditivo y mencionar ciertas condiciones que pueden llegar a producir distintos niveles de hipoacusia. Finalmente, esta revisión contará con algunas recomendaciones a considerar en el momento de realizar pruebas auditivas; además de ciertas mejoras que pueden ser implementadas en el ámbito laboral.

Método: El estudio realizado consistió en una revisión sistemática en los recursos electrónicos de *PubMed*, *Scopus* y *Google Scholar* que contengan temáticas relacionadas a ruido, exposición, además de factores causantes y recomendaciones sobre hipoacusia.

Resultados: Del total de artículos recuperados, sólo se revisó el material que contenía información de estudios relacionados al efecto del ruido en los cuales usaban variables como: género o edad. Así mismo, se revisaron estudios que muestran la fisiopatología del ruido y cómo dependiendo de las propiedades de este, se puede llegar a producir algún tipo de trauma.

Conclusión: Es importante tener en cuenta cómo funciona la percepción del ruido, y las propiedades del mismo porque se pueden producir daños al cuerpo humano, no sólo de manera neurosensorial. Así mismo, hay que considerar que al momento de realizar evaluaciones auditivas existen variables que con la tecnología actual no pueden ser

valoradas, por lo que hay que identificar la mejor manera de tratar la exposición a ruido desde una fase temprana y evitar problemas irreversibles en el futuro.

Palabras clave: Hipoacusia por ruido inducido - *Noise Induced Hearing Loss* (NIHL), ruido, factores, patología, controles, recomendaciones.

ABSTRACT

Objectives: Hearing loss caused by noise exposure represents one of the most reported occupational hazards worldwide. This article provides a summary of the pathophysiology of noise, showing how it can affect the different organs comprising the auditory system and also mention certain conditions that can produce different levels of hearing loss. Finally, this review will include some recommendations to consider when performing hearing tests; in addition to certain improvements that can be implemented at the workplace

Method: The study carried out consisted of a systematic review in the electronic resources of *PubMed*, *Scopus* and *Google Scholar* that contain topics related to noise, exposure, as well as causative factors and recommendations on hearing loss.

Results: From the total articles that were retrieved, only the material that contained information from studies related to the effect of noise in which they used variables such as: gender or age were reviewed. Likewise, studies that show the pathophysiology of noise and depending on its properties, how some type of trauma can be produced were also reviewed.

Conclusion: It is important to take into account how the perception of noise works, and its properties because it can damage the human body, not only in a sensorineural way. Likewise, when performing hearing evaluations, there are some variables that with the current technology cannot be assessed, so it is necessary to identify the best way to treat noise exposure from an early stage and avoid irreversible problems in the future.

Keywords: Noise induced hearing loss (NIHL), noise, factors, pathology, controls, recommendations.

Introducción

La pérdida auditiva es uno de los problemas con mayor prevalencia en los últimos años por lo que se estima que dentro de la población mundial, 1.3 billones de personas presentan algún tipo de pérdida auditiva debido a la exposición a ruido (1). Sólo en Estados Unidos se estima que un 25% de la población sufre algún tipo de pérdida auditiva

debido a este fenómeno al cual se lo ha denominado como “*Noise Induced Hearing Loss*” (NIHL). (2)

Aunque los factores ergonómicos ocupacionales, al igual que la exposición a ruido, no causen mortalidad, son factores que contribuyen significativamente a que se produzca alguna discapacidad en las personas. (3)

Según la Organización Mundial de la Salud, en el año 2017 se estimó que aproximadamente 260 millones de personas sufren de pérdida auditiva severa, mientras que 1.1 billones de jóvenes entre edades 12 y 35 años, sufren de algún tipo de pérdida auditiva debido a la presencia de ruido. (4) Consecuentemente, la OMS también reportó que un 16% de la pérdida auditiva registrada en adultos es el resultado de una exposición a ruido ocupacional. (5)

Bajo un punto de vista anatómico, el oído humano no estuvo diseñado para soportar altas presiones de energía producidas por maquinarias o equipos utilizados en los oficios que forman parte de esta sociedad industrializada. Históricamente, los primeros casos de NIHL toman lugar en el siglo XVIII debido a la revolución industrial. (2)

Esta enfermedad era más común dentro de las personas de trabajan como herraderos ya que debido a la actividad que realizaban, la misma que consistía en golpear y tratar piezas metálicas, esto producía ruidos de impacto (1,6); este es uno de los dos tipos de ruido (ruido ocupacional continuo siendo el otro) que se puede identificar en el ambiente. Hay que considerar que el ruido impulso tiene la característica de tener una corta duración, pero libera gran cantidad de energía, lo que produce más daño dentro hacia el oído. (7)

En la actualidad, la pérdida auditiva trae consigo una serie de consecuencias, y no sólo individuales, como la salud de las personas sino, también produce un daño para el lado económico del empleador de un lugar de trabajo debido a la baja en la productividad de sus líneas de trabajo resultado de la ausencia del personal. Como ejemplo; en Estados Unidos se estima que la compensación anual debido a la exposición de ruido dentro del ámbito laboral “*Occupational Noise Induced Hearing Loss*” (ONIH) alcance los \$247,4 M (1). Otro dato importante sobre esta población es que de todo el personal que labura y que se encuentra expuesto a ruido; un 23% presenta algún tipo de pérdida auditiva, un 15% presenta *tinnitus* o la presencia de zumbidos y un 9% presenta los dos. (6)

En Europa, NIHL es una enfermedad que ha causado altos niveles de preocupación y es considerada un problema serio debido que es la enfermedad ocupacional más reportada. En el país de Noruega, cada año de reciben alrededor de 2000 casos, de los cuales 600 son reportados como nuevos. (8)

Estos sólo son algunos de los ejemplos que muestran cómo la exposición a ruido puede llegar a perjudicar a la población. Es por esto por lo que, los objetivos impuestos para el desarrollo de este documento son:

- Aclarar la fisiopatología del ruido al describiendo cómo funciona la percepción del mismo mientras se detalla el rol de los órganos auditivos, los mismos que logran convertir las vibraciones percibidas en el sonido que el cerebro lo percibe (1,6).
- Enlistar estudios que relacionan algunos de los factores que influyen en la manifestación de algún tipo de daño hacia la salud; como factores ambientales, individuales además de consideraciones a tener en el momento de realizar pruebas auditivas. (2,6)

- Finalmente, se mencionarán algunos de los efectos hacia la salud además de enlistar una serie de recomendaciones y controles que pueden ser aplicados en un lugar de trabajo. (6,9)

El ruido es un factor que se manifiesta de muchísimas formas en el ambiente, no sólo ocupacional. Es por esta razón que existen muchos factores que, aunque no son considerados, indirectamente causan algún tipo de pérdida auditiva temporal (hipoacusia) o pueden causar pérdidas auditivas temporales, que son irreversibles. Es por esto por lo que este documento es el resultado de una revisión sistemática exploratoria sobre temáticas importantes a considerar en el momento de estudiar el ruido y sus efectos en la salud. (6)

Método

La metodología principal que se utilizó para la elaboración de este documento consistió básicamente en la búsqueda electrónica de recursos relacionados con “Pérdida auditiva ocupacional” añadiendo los *operadores booleanos AND* junto a los términos “factores” o “salud” en páginas como *PubMed*, *Scopus* y *Google Scholar*.

En las primeras búsquedas, los documentos recuperados mostraban reseñas sobre los distintos aspectos de la pérdida auditiva entre grupos de trabajadores. El documento más relevante sobre esta búsqueda fue “*An overview of occupational noise-induced hearing loss among workers: epidemiology, pathogenesis and preventive measures*” (Environ. Health Prev. Med., 2020) (1).

Este documento presentó una reseña muy amplia sobre los efectos y la patogénesis sobre la percepción de ruido, además de mencionar maneras en que, dependiendo del tipo de ruido y de factores individuales (edad, género, tiempo de exposición, etc.) de las personas; el daño auditivo puede afectar ciertas frecuencias en las que las personas escuchan. A partir de todos estos hallazgos, se decidió realizar más búsquedas en las mismas páginas, pero utilizando los términos “*Noise Induced Hearing Loss* (NIHL) OR *Noise exposition AND exposure AND occupation*” además de la búsqueda de recursos que relacionen los factores de edad, género u ocupación por medio de utilizar los *operadores booleanos*: “*NIHL AND factors OR age OR gender AND controls OR recommendations*”. El motivo por el que se utilizaron términos en inglés en la búsqueda fue debido a que la gran mayoría de los estudios relacionados con pérdida auditiva y sus factores estaban escritos en esta lengua.

Como último filtro dentro de la búsqueda realizada, se tomaron en cuenta artículos publicados desde el año 1980 hasta el 2021.

Resultados

La larga exposición del sistema auditivo a ambientes que producen altos niveles de ruido puede llegar a causar pérdida auditiva, lo que se denomina como “*Noise Induced Hearing Loss*” (NIHL) y los efectos resultantes pueden ser leves; como una fatiga auditiva, de la cual una persona puede recuperarse por medio de alejarse del ambiente ruidoso, pero si la exposición es prolongada, los efectos en la salud pueden llegar a producir daños irreversibles. La manera en la que el ruido afecta a las

personas también depende de otros factores, entre ellos las características individuales (edad, género, estilo de vida), además del tiempo de exposición y el nivel de ruido que es emitido. Estos constituyentes juegan un papel importante en el nivel de daño que ocurra en el individuo. (4)

Fisiopatología del NIHL

Analizar completamente la pérdida auditiva mediante la presencia de ruido resulta ser una tarea muy compleja ya que su manifestación en el cuerpo depende de la interacción de factores genéticos y ambientales; además del daño biológico causado por la exposición. Lo que sí es claro, es que cuando se trata de ruido, lo que se está analizando es energía emitida. A partir de este principio, en nivel de energía que sea emitido; mientras mayor sea, el daño que produzca será igual de grande. (6)

El factor más determinante en el nivel de daño que puede llegar a causar la exposición a ruido es la edad. La prevalencia de la pérdida auditiva por edad “Age-Related Hearing Loss” (AHL) ha aumentado juntamente con la expectativa de vida y esto se encuentra relacionado con NIHL en los lugares que han crecido industrialmente. Tanto AHL y NIHL son ejemplos de pérdidas auditivas sensorineurales que producen un daño en la parte del oído interno. (2) Para poder entender esto de mejor manera, hay que saber que el oído humano está compuesto por tres partes que son: oído externo, oído medio y oído interno. Tanto el oído externo, como el interno tienen células llamadas *células de pelo* que tienen como función regular la sensibilidad de la presión de energía producida por el sonido percibido lo que produce que estas células vibren. Esta percepción ocurre primero en el oído externo, en donde el impulso de sonido recibido luego es transmitido hacia el oído medio a través del canal auditivo hasta llegar a la membrana timpánica. Finalmente, por medio de los huesos yunque, martillo y estribo, las vibraciones apreciadas llegan al oído interno en donde las células pelo de ahí vibran, generando impulsos eléctricos que

luego, por medio de fibras nerviosas auditivas envían impulsos eléctricos que luego son interpretadas por el cerebro. (1,2) Básicamente así es como funciona la percepción del sonido.

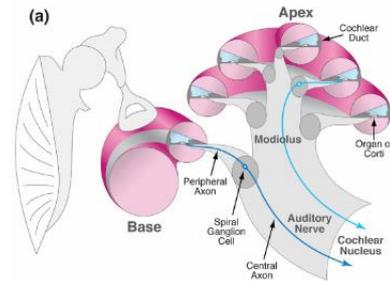


Figura 2. Esquema de los huesos del oído medio. Vista corte de la cóclea espiral además de dos fibras nerviosas auditivas. Fibra de alta frecuencia (azul) y fibra de baja frecuencia (cian). (2)

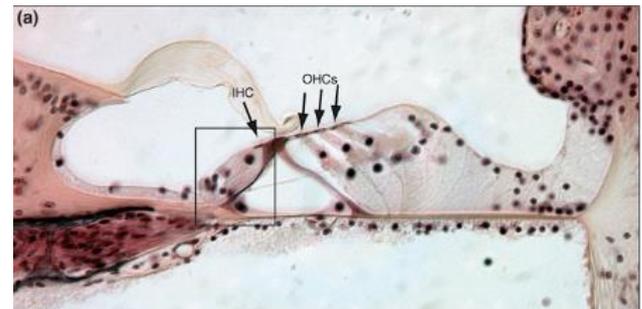


Figura 3. Micrografía del órgano Corti según material de histología. Se pueden apreciar las terminales periféricas de las fibras nerviosas auditivas de las células pelo internas (IHC) (2)

En un principio se creía que la sordera se producía cuando las células pelo se destruían, pero estudios han demostrado que, dependiendo de la exposición y el nivel de ruido, las conexiones sinópticas entre las células pelo y el oído interno pueden destruirse incluso antes de causar algún daño en las mismas células. (2)

Factores influyentes

Factores Ambientales.

La pérdida auditiva puede ser causada por una exposición a ruido originado en el ambiente; ya sea este laboral deliberado o no. De igual manera, dependiendo de las propiedades del sonido emitido, los daños pueden ser diferentes. Para poder entender esto de mejor manera hay que saber que el ruido emitido puede ser de dos tipos dependiendo de la cantidad de energía liberada en función del tiempo. El ruido puede ser continuo o de impulso. La diferencia más notable es que el ruido continuo libera energía a lo largo de amplios periodos de tiempo. Esta energía puede fluctuar y variar entre sus límites, pero de por sí es una exposición durante una jornada laboral dentro de una fábrica o empresa, como ejemplo. Esta exposición es más probable que cause daños en el oído interno además de deteriorar las células pelo externas “Outer Hair Cells” (OHC). (2)

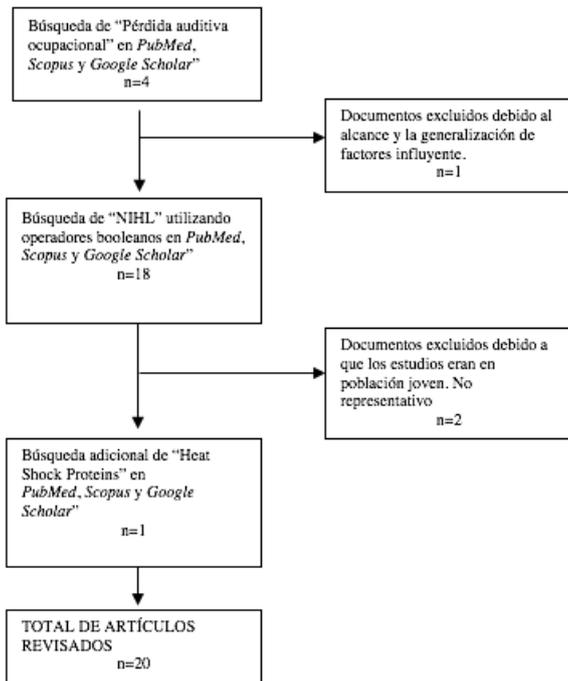


Figura 1. Filtro de selección para los artículos elegidos para la revisión sistemática.

Por otra parte, el ruido impulso libera gran cantidad de energía en un corto período de tiempo. Un ejemplo claro de este fenómeno ocurre con las personas de servicio militar o policial ya que, al momento de usar armas de fuego, el ruido emitido por el arma disparada puede llegar a sobrepasar los 185 dB. Esta gran cantidad de energía puede llegar a producir la ruptura del tímpano y la desarticulación de los tres huesos más pequeños dentro del canal auditivo (yunque, martillo y estribo). (2) Este tipo de ruido es más perjudicial que el ruido estable. (6) Mientras mayor sea la duración del impulso, mayor puede ser la prevalencia de pérdida auditiva. (8)

Los efectos en el canal auditivo debido a la exposición a ruido, ya sea continuo o de impulso, se los relaciona generalmente con algún tipo de trauma acústico antes de que sean catalogados como “pérdida auditiva” cuando el daño es severo e irreversible. Este trauma acústico puede ser de dos formas dependiendo del daño producido. (6)

Estas son:

1. Temporal. *Temporary threshold shifts* (TTS): El daño producido en el oído puede recuperarse luego de alejarse de la exposición por un periodo entre 24 y 48 horas. Hay que tener en cuenta que, en personas jóvenes, esta recuperación puede ser total.
2. Permanente. *Permanent threshold shifts* (PTS): Este tipo de daño, aunque la literatura indica que puede existir una recuperación de los niveles de escuchar de las personas, puede producir daño en las conexiones sinópticas de los órganos neurosensoriales. El daño es mucho más peligroso cuando logra afectar las células pelo internas “*Inner Hair Cells*” (IHC).

Género y Edad

De la literatura estudiada se pudo ver que los factores que más influyen dentro de lo que es la pérdida auditiva son el género y la edad, a parte de la misma intensidad y tiempo de exposición a ruido. Para poder comprender estos resultados de mejor manera hay que entender cómo funciona el proceso de evaluar la capacidad auditiva en las personas. Básicamente la manera en la que las pruebas auditivas funcionan es dividir el espectro de sonido que los humanos pueden escuchar (de 20 Hz a 20 kHz) en intervalos de octavas. Estos intervalos comúnmente representan las frecuencias de 0.25, 0.5, 1, 2, 4 y 8 kHz. (aunque dependiendo del interés del estudio, estas frecuencias pueden ser diferentes) (2) Y para cada rango de frecuencia se presenta un sonido, tanto para el oído izquierdo como para el derecho, y se procede a registrar los valores límites, en decibelios, a los cuales existe alguna respuesta por parte de los oídos de cada individuo para cada una de las seis frecuencias. (10)

Hay que considerar que cuando se evalúa sonido, la unidad que se utiliza son los decibelios (dB) y esta es de orden logarítmico. En pocas palabras, para entender mejor cómo es el comportamiento de este fenómeno, por cada aumento de 20 dB, existe un aumento en la onda de sonido por un factor de 10 (x10). (2)

A partir del análisis del comportamiento de este fenómeno es que han surgido regulaciones en las que tratan de que la exposición límite a ruido sea de 85 dB en un periodo de 8 horas. (2)

Algunos estudios han tratado de relacionar cómo estas variables de género y edad afectan la percepción auditiva en las personas. Como ejemplo, se hará referencia a dos estudios realizados en distintas poblaciones.

En el primer estudio realizado en el artículo: “*Occupational Noise Exposure And Hearing Loss: A Systematic Review*” (8) lo que se realizó fue brindar una reseña sistemática de cómo funciona NIHL para lo cual se revisaron un total de 3735 artículos y algunos de los resultados que se obtuvieron fueron los siguientes:

Tabla 1: Hallazgos principales del artículo: “*Occupational Noise Exposure And Hearing Loss: A Systematic Review*” (8)

Se cree que debido a la exposición a ruido, existe una mayor pérdida auditiva en las frecuencias de 0.5 hasta 2 kHz. O de 0.5 hasta 4 kHz.

A mayor edad, los valores límite de respuesta auditiva aumentan. Esta diferencia es más notoria en las frecuencias de 3 a 8 kHz.

Existe mayor sordera en hombres que en mujeres

Si existe una exposición continua a 85 dB por un periodo de 8 horas, las frecuencias más afectadas son entre 3 y 6 kHz.	Si la exposición a los 85 dB. permanece por un tiempo de 10 años, el límite auditivo aumenta en 4 dB.
	Si la exposición a los 85 dB. permanece por un tiempo de 40 años, el límite auditivo aumenta en 5 dB.

Efectos de exposición a ruido impulso en hombres:

Los hombres de edades entre 45 y 64 años, el límite auditivo incrementa en 8 dB. en las frecuencias de 3 a 8 kHz.

Los hombres mayores a 64 años, el límite auditivo aumenta en 7 dB. en las frecuencias de 2 a 8 kHz.

Efectos de exposición a ruido impulso en mujeres:

Las mujeres de edades mayores a 64 años, el límite auditivo aumenta entre 4 a 6 dB. en las frecuencias de 3 a 8 kHz.

El segundo estudio realizado en el artículo: “*Age - and Gender – Related Mean Hearing Threshold in a Highly Screened Population: The Korea National Health & Nutrition Examination Survey 2010-2012*” (10) lo que buscó fue identificar la media de los valores límite de respuesta auditiva en una población de Corea del Sur por medio de buscar características entre su edad y género.

En este estudio, algunos de los resultados que se obtuvieron fueron los siguientes:

Tabla 2: Hallazgos principales del artículo: “*Age - and Gender – Related Mean Hearing Threshold in a Highly Screened Population: The Korea National Health & Nutrition Examination Survey 2010-2012*” (10)

Al analizar los resultados de las frecuencias de 0.5, 1 y 2 kHz., no existía mucha diferencia en los valores límites, a partir del género de las personas; sin embargo, para el caso de los hombre mayores a 30 años, los niveles límite en las frecuencias de 3, 4 y 6 kHz. era significativamente peor que las mujeres

La diferencia de respuesta era más notoria, por género, en los rangos de edades de 60 a 69 años, pero esta brecha disminuía en los grupos de edades de 70 a 79 y de 80 a 85 años.

La mayor diferencia en los valores límite se dio en la frecuencia de 4 kHz.

A mayor edad de las personas, independientemente del género, mayor era el incremento de los valores límite.

A mayor frecuencia de ruido, mayor era la pérdida auditiva.

En los dos estudios se muestra que, a mayor edad de los individuos, la respuesta a la que se registran estímulos límite también es mayor. Otro descubrimiento es que el rango de frecuencia que presenta más daño, o mayor diferencia en la percepción de ruido, entre hombres y mujeres es la frecuencia de 4 kHz. Se asume que esto ocurre por factores socio ambientales ya que los hombres se encuentran más expuestos a ruido que las mujeres debido a las actividades laborales que realizan. Algo que apoya esta hipótesis es que luego de los 70 años, después de haberse retirado, los límites auditivos disminuyen. (10).

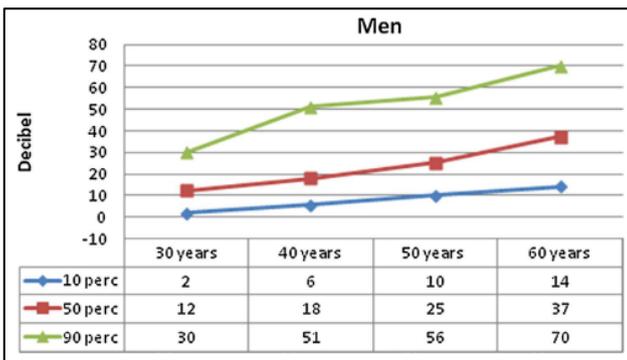


Figura 4. Límites auditivos previstos en hombres. Percentiles 10, 50 y 90 Basado en ISO 1999 (1990) (2)

Así mismo, otro motivo por el que existe mayor diferencia en las frecuencias alrededor de 4 kHz. Es porque en este rango funciona la resonancia del oído externo y del canal auditivo. (6)

Estudios también muestran que las personas entre edades de 30 a 40 años tienden a presentar problemas en su sensibilidad frente a las frecuencias altas, y cuando sobrepasan los 40 años, este problema llega a afectar la sensibilidad de las frecuencias bajas. (11)

Luego de haber analizado literatura referente a la pérdida auditiva para verificar si existe alguna relación con la edad y género de las personas; se puede ver que sí, aunque es muy complicado poder tener una respuesta clara ya que es muy difícil evaluar la cantidad total de sonido a la que una persona se encuentra expuesta a lo largo de su vida, no sólo del punto de vista laboral. (8)

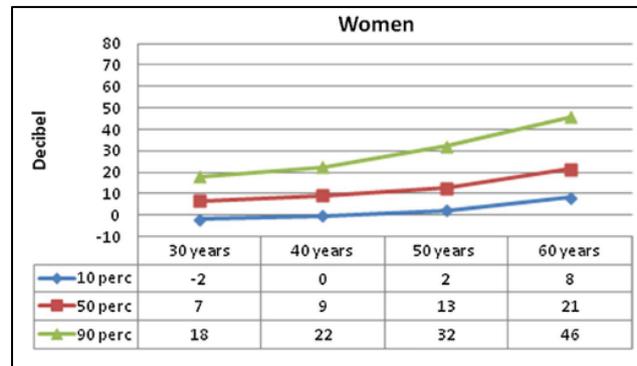


Figura 5. Límites auditivos previstos en mujeres. Percentiles 10, 50 y 90 Basado en ISO 1999 (1990) (2)

Aunque la edad y el género resultan ser los factores que más influyen en que desarrolle pérdida auditiva, a parte de la misma exposición a ruido, también hay que considerar que el uso de sustancias ya sea alcohol o tabaco, también pueden ayudar a que se desarrolle algún tipo de trauma acústico. (12)

La mejor manera de poder estudiar la influencia de estos fenómenos es por medio de realizar estudios longitudinales en poblaciones para poder realizar un seguimiento en un cierto periodo de tiempo. Adicionalmente, el efecto de la edad y el tiempo de exposición si han sido variables analizadas en pruebas con animales, ratones para ser más exacto. Como resultados se ha visto que los ratones expuestos a ruidos constantes han presentado algún tipo de trauma acústico temporal (TTS) en donde las células pelo no han presentado ningún daño; sin embargo, las uniones sinápticas presentaron daños de hasta un 50%. (2)

Algunos de los motivos por los que muchas investigaciones usan a roedores como sujetos prueba para entender los efectos de ruido es debido a un factor ético. Para entender la manera en la que el ruido afecta a los sistemas auditivos hay que inducir pérdida auditiva mediante la exposición a ruido a los sujetos prueba y sería muy poco ético realizar este tipo de pruebas en personas. Es por este motivo que se utilizan roedores ya que su sistema auditivo tiene una similitud con el sistema humano. Otro motivo por el que los roedores son sujetos prueba es porque su capacidad de escuchar madura luego de haber nacido, a diferencia de la capacidad de escuchar de los humanos que madura antes de nacer. Por este motivo, es más sencillo hacer un seguimiento y ver cómo se manifiesta distintos niveles de ruido en ratas. (13)

Factores genéticos y mecanismos de defensa

Hasta la actualidad no se han realizado estudios que muestren la influencia de factores hereditarios en la pérdida auditiva. Este tipo de estudio presenta un alto nivel de dificultad ya que para poderlo realizar hay que realizar un seguimiento de los niveles de exposición de ruido que afecta a los integrantes de una familia y normalmente estos niveles suelen ser los mismos, lo que complica la recolección de datos. (6)

Como se mencionó antes, el oído humano no fue diseñado para soportar altos niveles de presión acústica. Dicho esto, el cuerpo humano también tiene sus mecanismos de defensa y uno de estos es la generación de proteínas de choque térmico *Heat Shock Proteins* (HSP). (6) Debido a la

larga exposición a altos niveles de ruido se produce una intensa actividad metabólica en la cóclea lo que produce estrés y fatiga en este órgano. Es por esta razón que, como medida de protección, se liberan una familia de 70 kDa (Kilo Dalton) HSP como mecanismo de defensa ante altas presiones de ruido. (14)

Estas proteínas son expresadas bajo condiciones fisiológicas y patológicas. Mientras más severas sean las condiciones de presión de ruido, mayor va a ser la expresión de estas proteínas. (6)

Complementando estudios realizados en animales, estudios en ratones muestra que existe inhibición de las proteínas HSP cuando existe pérdida auditiva permanente luego de largas exposiciones a ruido. (14)

Falta de información en audiometrías

Al momento de realizar evaluaciones de audiometría, los valores que se obtienen son los límites a los cuales las personas muestran algún tipo de respuesta auditiva frente a las frecuencias que son evaluadas. El valor que se obtiene, aunque es un indicador del estado en el que se encuentra la capacidad de escuchar, no muestra el estado en el que se encuentran los órganos internos del oído. En otras palabras, existen variables como el estado de las fibras sensoriales ya que, debido a la exposición de ruido, puede que las células pelo se encuentren bien, pero no se conoce nada sobre el estado de estas uniones neurosensoriales que comunican las distintas partes del oído. Esta incertidumbre se la conoce como pérdida auditiva escondida "*Hidden Hearing Loss*". (2) Este daño no es visible al revisar la histopatología coclear porque esta degeneración sólo es notable cuando el límite del audiograma excede el 80%. (2)

Algo que apoya este descubrimiento es en la dificultad de escuchar ya que; por ejemplo, puede que dos personas tengan el mismo resultado de una prueba de audiométrica pero pueden tener un distinto desempeño en pruebas de hablar. Esto se debe al estado en el que se encuentran los órganos del oído interno. (2)

Existe mucho trabajo por hacer en esta área ya que de por si, el oído interno no puede ser sujeto de una biopsia y, tanto en animales como en personas, la exposición a ruido puede producir algún daño neural en la cóclea sin necesariamente dañar las células pelo del oído. (2)

Efectos hacia la salud y recomendaciones

Claramente el efecto en la salud más relevante debido a la exposición de ruido es producir algún tipo de trauma auditivo, que dependiendo el nivel de intensidad puede llegar a producir pérdida auditiva severa. Típicamente este fenómeno ocurre de manera simétrica, es decir: afecta a los dos oídos por igual; sin embargo, existe evidencia que esto puede darse de manera asimétrica. (6) Esta evidencia es limitada, pero estudios revelan que, dentro de la población mundial, entre un 4.7% a 36% existe una incidencia de pérdida auditiva asimétrica. (6)

Esta diferencia de percepción auditiva típicamente no supera los 5 dB; sin embargo, si la exposición a altos niveles de ruido persiste, esta diferencia puede verse incrementada comúnmente en las frecuencias más altas. (6)

En base a estudios realizados, se puede ver que el oído izquierdo presenta mayor pérdida auditiva en comparación del oído derecho. Uno de los motivos por el que se cree que existe una mayor afectación hacia el oído

izquierdo es por las posturas que las personas adoptan en el momento de utilizar maquinaria o equipos ya que la gran mayoría de las personas es diestra. Dicho esto, aún no existe una correlación o evidencia suficiente que analice este suceso con mayor profundidad. (6,8)

Otro motivo por el que se cree que el oído izquierdo es más "débil" es porque el efecto de zumbido o *tinnitus* tiende a ser magnificado más en este oído que en el derecho. Así mismo, existe una mayor prevalencia de este zumbido en trabajadores que están en presencia de ruido (representa un 24% que sufre de este fenómeno) en comparación a la población general (que es un 14%). (6)

El impacto de este zumbido puede llegar a producir otros daños o trastornos en el cuerpo; como por ejemplo ansiedad, depresión, pérdida de percepción, pérdida de memoria, falta de atención y desórdenes al dormir. A su vez, esta molestia auditiva puede llegar a causar estrés social, bajo autoestima y dificultad al relacionarse con otras personas además de efectos en la calidad de vida. (6)

Cuando la pérdida auditiva se da de manera asimétrica puede llegar a ser un gran problema para las personas que desempeñan labores en profesiones de seguridad o carreras que requieran tener mayor atención en el momento de su desempeño. (6)

La larga exposición a altos niveles de presión sonora *Sound Pressure Levels* (SPL) pueden traer consigo los siguientes efectos: (15)

- Exposición mayor a 90 dB: Daño severo del sistema auditivo además de dolores de cabeza, incremento en la presión sanguínea y otros.
- Exposición mayor a 100 dB: Irritación y dolor en el oído.
- Exposición mayor a 115 dB: Daño en la función de la corteza cerebral.
- Exposición mayor a 175 dB: Resonancia en el corazón lo que puede llegar a producir la muerte.

Tabla 3. Referencia sobre niveles de ruido (16)

NIVEL DE RUIDO (dB.)	FUENTE
0	Sonido más silencioso
30	Susurro a 1 metro de distancia
50-65	Conversación normal
75-105	Reproductor de música personal
120	Clubs - Discotecas
110-140	Conciertos de rock

Tabla 4. Duración máxima permitida a la exposición a ruido sin el uso de algún equipo de protección auditiva en base los criterios de límite de exposición permisibles establecidos por OSHA y NIOSH. (17)

Duración permisible a la exposición sin el uso de EPP. (Horas)	Criterio OSHA. Recomendación, cambios de ruido cada 5 dB. Límite exposición permisible (PEL): 90 dB en 8 horas.	Criterio NIOSH. Recomendación, cambios de ruido cada 3 dB. Límite exposición permisible (PEL): 85 dB en 8 horas.
16	85 dBA	82 dBA
8	90 dBA	85 dBA
4	95 dBA	88 dBA
2	100 dBA	91 dBA
1	105 dBA	94 dBA
0.5	110 dBA	97 dBA
0.25	115 dBA	100 dBA

Existe también otro factor que también influye en la manera que el ruido afecta a las personas y este es el nivel socio económico. Estudios señalan que personas que habitan en países cuyo ingreso económico es medio o bajo, NIHL tiende a afectar aproximadamente al 80% de las personas expuestas. Como ejemplo, en la población trabajadora de Sud África, aproximadamente un 90% de las zonas de trabajo está expuesta a niveles de presión sonora mayores a los 85 dB. (18)

En la actualidad aún no existe un tratamiento efectivo contra la pérdida auditiva producida por la exposición a ruido. Esta enfermedad es mejor tratarla cuando se encuentra en sus fases iniciales, ya que cuando ha existido una exposición prolongada durante años, puede resultar ser crónica. Dicho esto, la prevención es la mejor manera de limitar a que los órganos auditivos se deterioren. Una manera en la que se puede aplicar esto de manera ocupacional es por medio de crear ambientes seguros y saludables en el trabajo en donde se pueda monitorear y reducir la exposición por medio de aplicar controles, ya sean estos ingenieriles, administrativos o individuales. (1)

Otro cuidado preventivo es realizar un seguimiento la situación auditiva de los trabajadores. Si se detecta algún tipo de hipoacusia temprana, puede ser tratada por medio de cuidar los tiempos de exposición antes de que se produzcan problemas irreversibles en el futuro. (1)

Sobre el control de ruido, se recomienda tener un establecimiento de trabajo en donde el ruido se encuentre por debajo de los 80 dB. Así mismo, si el ruido de un lugar aumenta o disminuye, tratar en lo posible que sea en rangos de 3 dB para que no afecte bruscamente a la percepción de las personas. (1)

Como una de las alternativas que la medicina actual está tratando de aplicar es el uso de terapias farmacéuticas que puedan llegar a ayudar a restaurar las conexiones sinápticas, aunque esto aún encuentra en su fase de investigación. Se espera que en el futuro este tipo de tratamientos puedan llegar a restaurar las conexiones neurales entre los nervios auditivos y las IHCs aunque hay que considerar que para este tipo de tratamientos, hay que tener mucho cuidado con factores que intervienen en la susceptibilidad de ruido entre los modelos en animales y en humanos. (19) Pero esto, sin duda resultaría ser una solución a la problemática de pérdida auditiva en el futuro.

Finalmente, hay que tener en cuenta que cuando los controles no son lo suficientemente eficaces para disminuir el nivel de ruido en el ambiente, los controles individuales (uso de equipo de protección personal - EPP) es una muy buena alternativa pero para que su uso sea efectivo, hay que brindar capacitaciones, educar y motivar al uso correcto de los equipos a las personas en base a normativas y documentos estandarizados ya que si no se los utiliza de manera correcta, puede causar una sensación falsa de seguridad y puede ser igual de peligroso que la exposición al ruido emitido. (1,6)

Hay que tener en cuenta que los EPP son medidas de protección secundarias y si son utilizadas de manera adecuada si son eficientes, pero algo importante a considerar es el confort que el uso de estos equipos, por ejemplo, las orejeras o tapones, puede generar. Es mucho más efectivo usar equipos que produzcan una baja atenuación de sonido, pero tienen gran confort, que equipos que produzcan una mayor atenuación, pero poco confort en su uso. (6)

Se recomienda realizar investigación para crear equipos que no sean pesados, pero garanticen un alto nivel de confort además de un alto nivel de efectividad. (6) Esto apoya al descubrimiento que indica que el uso de EPP si presenta una solución a corto plazo, sin embargo, hay que realizar más estudios de esta problemática a largo plazo ya que la evidencia aún es limitada. (20)

Discusión

La pérdida auditiva de manera ocupacional resulta ser uno de los problemas más registrados a nivel mundial es por este propósito que el presente artículo buscó dar una breve reseña sobre la manera en la que la exposición a ruido puede producir algún tipo de trauma auditivo, el mismo que si no se lo logra tratar desde una etapa inicial, puede llegar a producir daños irreversibles en la capacidad neurosensorial de las personas expuestas, además de otros daños a la salud. Adicional a esto, es importante conocer las propiedades del ruido ya que, a partir de esto, se puede saber qué tipo de controles se pueden aplicar con la finalidad de disminuir la presión sonora emitida por cualquiera que sea la fuente de interés.

Adicional a esto, el presente artículo detalló algunos de los factores que son de suma importancia en el momento de que se desarrolle algún tipo de trauma acústico, aunque es claro que sobre este tema aún falta hacer mucha investigación para poder concretar con ciertas asunciones por lo que se recomienda realizar estudios en poblaciones para ver cómo se desarrolla este fenómeno a través de un seguimiento continuo.

Una de las mejores maneras de poder estudiar la pérdida auditiva es por medio de realizar un estudio longitudinal dentro de alguna población. Las variables de interés pueden ser el género, la edad, la ocupación y el tiempo de exposición a cierto ruido, además de conocer las propiedades de este último. Al realizar este tipo de estudios, lo que permite es hacer un seguimiento de la enfermedad en los pacientes, además de conocer si es necesario realizar algún tipo de intervención temprana para cuidar a las personas.

Como parte final del estudio realizado, se enlistaron algunas recomendaciones o pautas generales que pueden ser aplicadas para controlar la sordera inducida por ruido en un lugar de trabajo. Estos ejemplos funcionan de una manera general ya que, dependiendo del lugar y ocupación, posiblemente la línea de trabajo se rige a controles y procesos establecidos por normas que dependen del país. Es por este mismo motivo que es complicado realizar una guía general sobre control auditivo pero lo que siempre va a funcionar, a parte de aplicar correctos controles ingenieriles y administrativos en los establecimientos de trabajo, es educar y generar conciencia sobre los efectos del ruido y el buen uso de equipos de protección al igual que limitar y reducir los tiempos de exposición.

Referencias bibliográficas

- Chen KH, Su S Bin, Chen KT. An overview of occupational noise-induced hearing loss among workers: epidemiology, pathogenesis, and preventive measures. *Environ Health Prev Med.* 2020;25(1):1–10.
- Lieberman MC. Noise-induced and age-related hearing loss: New perspectives and potential therapies. *F1000Research.* 2017;6(0):1–11.
- Smith KR, Pillarisetti A. Household Air Pollution from Solid Cookfuels and Its Effects on Health. *Dis Control Priorities, Third Ed (Volume 7) Inj Prev Environ Heal.* 2017;133–52.
- Ding T, Yan A, Liu K. What is noise-induced hearing loss? *Br J Hosp Med.* 2019;80(9):525–9.
- Hong OS, Kerr MJ, Poling GL, Dhar S. Understanding and preventing noise-induced hearing loss. *Disease-a-Month [Internet].* 2013;59(4):110–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.disamonth.2013.01.002>
- Le TN, Straatman L V., Lea J, Westberg B. Current insights in noise-induced hearing loss: a literature review of the underlying mechanism, pathophysiology, asymmetry, and management options. *J Otolaryngol - Head Neck Surg.* 2017;46(1):1–15.
- Tambs K, Hoffman H, Borchgrevink H, Holmen J, Engdahl B. Hearing loss induced by occupational and impulse noise: Results on threshold shifts by frequencies, age and gender from the Nord-Trøndelag Hearing Loss Study. *Int J Audiol.* 2006;45(5):309–17.
- Lie A, Skogstad M, Johannessen HA, Tynes T, Mehlum IS, Nordby KC, et al. Occupational noise exposure and hearing: a systematic review. *Int Arch Occup Environ Health.* 2016;89(3):351–72.
- Azizi MH. Occupational noise-induced hearing loss. *Int J Occup Environ Med.* 2010;1(3):116–23.
- Hwi Park Y, Shin SH, Wan Byun S, Yeon Kim J. Age- And Gender-Related mean hearing threshold in a Highly-Screened population: The Korean national health and nutrition examination survey 2010-2012. *PLoS One.* 2016;11(3).
- Moore DR, Edmondson-Jones M, Dawes P, Fortnum H, McCormack A, Pierzycki RH, et al. Relation between speech-in-noise threshold, hearing loss and cognition from 40-69 years of age. *PLoS One.* 2014;9(9).
- Tang et al. 2005. 基因的改变 NIH Public Access. *Bone.* 2008;23(1):1–7.
- Escabi CD, Frye MD, Trevino M, Lobarinas E. The rat animal model for noise-induced hearing loss. *J Acoust Soc Am.* 2019;146(5):3692–709.
- Soares M, Santos AB do., Weich TM, Mânica GG, Homem de Bittencourt PI, Ludwig MS, et al. Heat shock response in noise-induced hearing loss: effects of alanyl-glutamine dipeptide supplementation on heat shock proteins status. *Braz J Otorhinolaryngol [Internet].* 2020;86(6):703–10. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.bjorl.2019.04.012>
- 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. *Med (United States).* 2018;97(30).
- Imam L, Alam Hannan S. Noise-induced hearing loss: A modern epidemic? *Br J Hosp Med.* 2017;78(5):286–90.
- Royster JD. Preventing Noise-Induced Hearing Loss. 2017;78(2):113–7.
- Grobler LM, Swanepoel DW, Strauss S, Becker P, Eloff Z. Occupational noise and age: A longitudinal study of hearing sensitivity as a function of noise exposure and age in south african gold mine workers. *South African J Commun Disord.* 2020;67(2):1–7.
- Le Prell CG, Hackett TA, Ramachandran R. Noise-induced hearing loss and its prevention: current issues in mammalian hearing. *Curr Opin Physiol [Internet].* 2020;18:32–6. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.cophys.2020.07.004>
- Kateman E, Verbeek J, Morata T, Coolsma B, Dreschler W, Sorgdrager B. Interventions to prevent occupational noise induced hearing loss. *Cochrane Database Syst Rev.* 2007;(1).

ANEXO 1: Tabla de referencias sobre aportes principales. Se encuentra en el mismo orden que las referencias bibliográficas.

AUTOR	AÑO	REVISTA	DISEÑO DE ESTUDIO	MUESTRA	APORTES PRINCIPALES
Chen, KH., Su, SB., Chen, KT.	2020	Environmental Health and Preventive Medicine	Revisión Sistemática		Reseña sobre la pérdida auditiva entre trabajadores debido a la exposición a ruido. Análisis de patogénesis, factores y recomendaciones
Lieberman, M.	2017	F1000Research	Revisión exploratoria y protocolos		Fisiopatología del ruido. Pérdida auditiva, órganos involucrados en la percepción del ruido y falta de información en datos obtenidos en las audiometrías.
Smith, K., Pillarisetti, A.	2017	Disease Control Priorities, Third Edition (Volume 7): Injury Prevention and Environmental Health	Políticas y controles para monitorear y reducir el daño a la salud. Libro		La exposición a ruido, aunque no produzca mortalidad, puede llegar a producir algún tipo de discapacidad en las personas.
Ding, T., Yan, A., Liu, K.	2019	British Journal of Hospital Medicine	Recopilación. Resumen		Epidemiología y tipos de efectos en la salud dependiendo del tipo de ruido emitido.
Hong, O., Kerr, M., Poling, G., et al.	2013	Disease-a-Month	Recopilación. Resumen		Características de ruido. La exposición a ruido es la causa del 16% de casos de pérdida auditiva en adultos.
Le, T., Straatman, L., Lea, J., et al.	2017	Journal of Otolaryngology - Head and Neck Surgery	Resumen de literatura		Trauma auditivo. Diferencias entre trauma temporal y trauma permanente. Factores genéticos, mecanismos de defensas y efectos de pérdida auditiva asimétrica.
Tambs, K., Hoffman, H., Borchgrevink, H., et al.	2006	International Journal of Audiology	Encuesta y análisis de audiometría a la población	51.975 participantes	Efecto del ruido tipo impulso produce mayor daño dentro del oído.
Lie, A., Skogstad, M., Johannessen, H., et al.	2016	International Archives of Occupational and Environmental Health	Revisión Sistemática		Diferencia en los límites auditivos entre hombres y mujeres dependiendo de la edad. Frecuencias más afectadas.
Azizi, M.	2010	The international journal of occupational and environmental medicine	Recopilación. Resumen		Lista de controles, medidas de prevención y recomendaciones.
Hwi Park, Y., Shin, S., Wan Byun, S., et al.	2016	PLoS ONE	Encuesta y análisis de audiometría a la población	15.606 participantes	Diferencia en los límites auditivos entre hombres y mujeres dependiendo de la edad en la población de Corea. Frecuencias más afectadas.
Moore, D., Edmondson-Jones, M., Dawes, P., et al.	2014	PLoS ONE	Pruebas de audiometría y cognitivas	502.542 participantes	Las personas entre 30 y 40 años tienden a presentar problemas en la sensibilidad para frecuencias altas y las personas mayores a 40 años tienden a presentar estos problemas pero para frecuencias bajas.
Tang, et al.	2008	Bone	Recopilación. Resumen		Existen muchos factores que influyen en el nivel de pérdida auditiva que puede ocurrir. La edad y el género son los más determinantes pero también hay que considerar el uso de sustancias como alcohol o tabaco ya que pueden producir algún tipo de trauma

Escabi, C., Frye, M., Trevino, M., et al.	2019	The Journal of the Acoustical Society of America	Resumen de literatura		Explicación sobre el motivo que se realizan pruebas e investigaciones en ratas antes que en humanos.
Soares, M., Santos, A., Weich, T., et al.	2020	Brazilian Journal of Otorhinolaryngology	Pruebas longitudinales en ratas	32	Mecanismos de defensa. Descripción de las proteínas de choque térmico (Heat Shock Proteins) que se manifiestan bajo la presencia de altos niveles de ruido como manera de protección.
Yang, Y., Zhang, E., Zhang, J., et al.	2018	Medicine (United States)	Revisión Sistemática		Efectos en la salud debido a distintos niveles de presión sonora.
Imam, L., Alam Hannan, S.	2017	British Journal of Hospital Medicine	Recopilación. Resumen		Reseña sobre pérdida auditiva debido a la exposición a ruido. Ejemplos referenciales sobre niveles de ruido.
Royster, J.	2017	NCMedical Journal	Recopilación. Resumen		Límites de exposición permisibles a ruido en base al criterio OSHA y NIOSH.
Grobler, L., Swanepoel, D., Strauss, S., et al.	2020	South African Journal of Communication Disorders	Estudio longitudinal y registros de audiometrías	2583 participantes	Relación entre el nivel socioeconómico y la pérdida auditiva producida.
Le Prell, C., Hackett, T., Ramachandran, R.	2020	Current Opinion in Physiology	Resumen de literatura		Soluciones para el futuro. Uso de terapias farmacéuticas para restaurar las uniones sinápticas entre los nervios auditivos y las células pelo internas.
Kateman, E., Verbeek, J., Morata, T., et al.	2007	Cochrane Database of Systematic Reviews	Revisión Sistemática. Recopilación		Es importante brindar soluciones sobre el uso de EPP a largo plazo para poder reducir el riesgo de contrar algún tipo de problema auditivo.