

## Base de datos audiométricos de población juvenil de Montevideo, Uruguay

Alice Elizabeth González <sup>5</sup>

Domingo Hugo Perona (†)

Departamento de Ingeniería Ambiental, IMFIA, Facultad de Ingeniería, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay.

Correo de contacto: [elizabet@fing.edu.uy](mailto:elizabet@fing.edu.uy)

(†) In memoriam.

### Resumen

La salud auditiva humana puede ser estudiada por la Medicina y las Ciencias de la Salud tanto caso a caso como epidemiológicamente. Cuando se aborda desde un punto de vista epidemiológico, se puede obtener información sobre diferentes temas, entre los que la incidencia de la contaminación acústica como problema de salud pública es uno de los más importantes. En este artículo se presenta un análisis del estado de salud auditivo de la población joven uruguaya no expuesta ocupacionalmente al ruido, considerando el deterioro por edad y estilo de vida. De acuerdo con el número disponible de datos, los resultados tienen una precisión esperada de aproximadamente  $\pm 1$  dB.

**Palabras clave:** pérdida auditiva, socioacusia, salud auditiva, base audiométrica

## Audiometric database of young people of Montevideo, Uruguay

### Abstract

Human hearing health can be studied by Medicine and Health Sciences, case by case or epidemiologically. When approached from an epidemiological point of view, information on different topics can be obtained, among which the incidence of noise pollution as a public health problem is one of the most important. This article presents an analysis of the hearing health status of the young Uruguayan population not exposed to noise at work, considering the decrease by age and lifestyle. According to the available number of data, the results have an expected accuracy of approximately  $\pm 1$  dB.

**Keywords:** hearing loss, socioacusic, hearing health, audiometric data base

## Banco de dados audiométricos da população juvenil de Montevideú, Uruguai

### Resumo

A saúde auditiva humana pode ser estudada pela Medicina e Ciências da Saúde, caso a caso e epidemiologicamente. Quando abordadas do ponto de vista epidemiológico, podem ser obtidas informações sobre diferentes temas, dentre os quais a incidência da poluição sonora como problema de saúde pública é um dos mais importantes. Este artigo apresenta uma análise do estado de saúde auditiva da população jovem uruguia não exposta ao ruído ocupacional, considerando o deterioro por idade e estilo de vida. De acordo com o número de dados disponível, os resultados têm uma precisão esperada de aproximadamente  $\pm 1$  dB.

**Palavras chave:** perda auditiva, socioacusia, saúde auditiva, base de dados audiométricos

---

<sup>5</sup>  [orcid.org/0000-0002-2827-5052](https://orcid.org/0000-0002-2827-5052)

## 1. INTRODUCCIÓN

Desde el punto de vista ocupacional, la salud auditiva de los trabajadores ha sido objeto de preocupación desde los albores de la Medicina Laboral. Aunque a los efectos de proteger la salud de cada trabajador la evaluación clínica es insoslayable, también puede resultar de interés trabajar con el conjunto de la población trabajadora expuesta a ciertos niveles de ruido en condiciones dadas, para dilucidar cuál es el efecto que debe esperarse sobre la salud auditiva del colectivo como resultado de tal exposición.

El enfoque epidemiológico es de gran aplicación para la evaluación de las consecuencias de la exposición poblacional a un cierto agente, tanto en materia laboral como ambiental. En un análisis epidemiológico, lo que se busca es encontrar regularidades en las respuestas de un conjunto de personas expuestas para definir medidas de gestión que apunten a proteger la salud de todas ellas, sin poner foco en el estado de salud de cada una en particular. En efecto, ante colectivos expuestos a un mismo agente agresor, aparecen factores que deben ser necesariamente considerados y que tienen que ver con conceptos de tipo epidemiológico o poblacional, como por ejemplo la incidencia de la susceptibilidad individual en la respuesta a dicho agente de los distintos receptores.

Este trabajo surge como un paso en el avance hacia una mejor comprensión de las consecuencias de la exposición a elevados niveles sonoros que padecen la mayoría de las sociedades actuales, en especial debido a un estilo de vida que impone un creciente consumo social de ruido, a la vez que obliga a una creciente exposición a elevados niveles sonoros ambientales.

## 2. VALORACIÓN AUDITIVA A TRAVÉS DE AUDIOMETRÍAS DE TONOS PUROS

Los estudios paraclínicos de salud auditiva a nivel individual incluyen, entre otros, las audiometrías. La audiometría tonal o de tonos puros permite evaluar el umbral auditivo de un sujeto a través de un estudio que consiste en la estimulación auditiva por vía aérea y por vía ósea. Se trata de una técnica no invasiva, estandarizada, de bajo costo y fácil aplicación, que permite conocer el umbral auditivo respecto al cero audiométrico que un individuo registra en cada oído y

para cada una de las frecuencias de interés entre 125 Hz y 8000 Hz. El estudio audiométrico por vía aérea permite detectar la existencia de pérdida auditiva, sea ésta de conducción, de transmisión o de percepción. En cambio, la audiometría por vía ósea permite determinar el estado del oído interno; en conjunto con el estudio por vía aérea, permite reconocer si se está ante una pérdida auditiva de percepción (a nivel del oído interno) o si hay algún problema a nivel del oído externo o medio. Por lo general se comienza el estudio en la frecuencia de 1000 Hz, se exploran luego las frecuencias más altas y por último las más bajas. La primera señal se emite a intensidad mínima (0 dB) y se va aumentando de a 5 dB en 5 dB hasta obtener respuesta afirmativa; luego se verifica la respuesta disminuyendo la intensidad 10 dB y volviendo a aumentarla de 5 dB en 5 dB (García-Valdecasas *et al.*, 2017).

La gráfica clínica de la audiometría es de uso universal. En las abscisas se grafican las frecuencias audiométricas de 125 Hz a 8000 Hz en forma equiespaciada: 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 3000 Hz, 4000 Hz, 6000 Hz, 8000 Hz. En las ordenadas, en sentido descendente están ubicadas las pérdidas en decibeles (dB) en relación al eje 0, que representa el “cero audiométrico”, es decir, el umbral auditivo normal para las vías ósea y aérea. El eje se gradúa en intervalos de 5 dB. Cada respuesta está representada por un pequeño círculo para el oído derecho y por una pequeña cruz para el izquierdo. Se registran ambos oídos en el mismo gráfico, el derecho en rojo y el izquierdo en azul (García-Valdecasas *et al.*, 2017).

Los criterios para evaluar la pérdida auditiva a nivel individual pueden ser muy diversos; suelen considerar una combinación lineal de la pérdida registrada en diferentes frecuencias audiométricas y por lo general se tiene una escala que indica si el resultado obtenido corresponde a una situación de ausencia de pérdida, una pérdida leve, severa o profunda (Goycoolea *et al.*, 2003). La edición 1990 de la Norma ISO 1999 proporcionaba nueve diferentes criterios de valoración y no todos ellos arrojaban los mismos resultados a la hora de realizar evaluaciones epidemiológicas: el criterio  $(2000 + 4000)/2$  se apartaba de los demás a un nivel estadísticamente significativo, como un criterio fuertemente preventivo. (González *et al.*, 2003). Al respecto, Majumder *et al.* (2009) analizan el exceso de pérdida

auditiva en una población de conductores profesionales en India, aplicando diferentes criterios de pérdida auditiva. Encuentran fluctuaciones significativas en función del criterio de evaluación que se seleccione: los porcentajes mínimos de exceso de riesgo en el caso de conductores con 10 o más años de exposición varían entre 3 % y 8 %, en tanto las medias lo hacen entre 15 % y 19 %. Así, los autores afirman:

*“Modelos (de evaluación) que excluyen a las frecuencias más altas son menos sensibles a los daños ocasionados por el ruido y pueden requerir un mayor tiempo de exposición a un nivel sonoro determinado para que se observe un exceso de riesgo significativo en la población.”*

### 3. VALORACIÓN EPIDEMIOLÓGICA DE LA PÉRDIDA AUDITIVA

En vez de realizar la evaluación en función de un criterio de pérdida auditiva, puede procederse a comparar los resultados de la población bajo estudio con los de una población de referencia. Esa es la propuesta de la Norma ISO 1999:90 (International Organization for Standardization, 1990), que es la metodología que propone la Unión Europea para la evaluación de salud auditiva de poblaciones ocupacionalmente a ruido (Diario Oficial de la Unión Europea, 2003) y que mantiene su esencia en la reciente revisión de la Norma (International Organization for Standardization, 2013). Para la aplicación de esta metodología, más allá de que la Norma proporciona bases de referencia de datos audiométricos, un aspecto desafiante es establecer referencias locales para las bases de datos de comparación.

El estudio de la pérdida auditiva con enfoque epidemiológico ha sido largamente aplicado desde la aparición de la Norma ISO 1999:1990, en la que por primera vez la Norma pasa del enfoque individual de pérdida auditiva al enfoque poblacional. Resultados que antes se expresaban como probabilidad de pérdida auditiva individual pasan a expresarse como probabilidad de pérdida auditiva de un cierto porcentaje de la población considerada. Lo que para la edición de 1975 de la Norma era una aseveración de la forma:

*“un trabajador de  $n$  años expuesto a un nivel equivalente de  $L$  dBA en una semana de trabajo de 40 horas durante*

*$x$  años tiene una probabilidad de  $p$  % de sufrir una pérdida auditiva de más de 25 dB al cabo de ese tiempo”*

pasa a ser sustituido por una afirmación del tipo:

*“en una población trabajadora de  $n$  años de edad que permanece expuesta a un nivel equivalente de  $L$  dBA en una semana de trabajo de 40 horas durante  $x$  años, se espera que el  $p_1$  % registre una pérdida de por los menos  $d_1$  dB, que el  $p_2$  % registre una pérdida de por los menos  $d_2$  dB...”*

y así para los distintos porcentajes de población comprendidos entre el 5 % y el 95 %, que son los límites de confianza que maneja la Norma. La evaluación que plantea la Norma es contra bases de datos de referencia, y ella misma las proporciona a título informativo. Una de ellas, que se designa como Base de Datos Tipo “**A**”, corresponde a una población ideal, otológicamente apantallada y no expuesta ambientalmente a ruido, sin historial de drogas ototóxicas u otros antecedentes que permitan esperar un incremento en la pérdida auditiva ocasionada por la edad. En definitiva, esta base proporciona datos de presbiacusia en un ambiente ideal. Sus valores admiten ser calculados matemáticamente, y la Norma presenta la totalidad de las fórmulas necesarias para ello. La Base **A** se calcula para cada sexo, para cada edad a partir de los 18 años, para cada frecuencia de interés y para cada porcentaje de la población. Lo que se obtiene es un valor de excedencia para cada porcentaje de la población total, es decir, un valor de la pérdida mínima que se espera experimente ese porcentaje de la población total (International Organization for Standardization, 1990, 2013). Para cada sexo y para cada edad, la distribución de las pérdidas esperadas es la composición de dos ramas de campanas gaussianas con vértice común.

La otra base de datos de referencia es la Base de Datos Tipo “**B**”, que corresponde a una población propia de una sociedad industrializada. Esto quiere decir que se admiten otras formas de exposición a ruido no ocupacional y se asume que éstas tienen incidencia sobre la pérdida auditiva esperable. A diferencia de la Base de Datos Tipo **A**, esta Base asume que tanto la exposición ambiental como social asociadas con el estilo de vida (es decir, la *socioacusia*) conducen a un incremento en la pérdida auditiva esperable en el caso ideal en que la pérdida ocurre

sólo debido al envejecimiento (*presbiacusia*). La Base de Datos Tipo **B** no admite ser calculada matemáticamente: debe determinarse experimentalmente a partir de un conjunto representativo de datos audiométricos para poder construir el mismo tipo de curvas de excedencia referidas en el caso de la Base de Datos Tipo **A**.

Los datos publicados en la Norma ISO 1999:2013 actualizan los de la edición 1990. Corresponden a intervalos de edad de 10 años (hombres y mujeres de 30 años, de 40 años, de 50 años, de 60 años) y a tres porcentajes de la población: 10 %, 50 % y 90 %. Las pérdidas tabuladas corresponden a frecuencias comprendidas entre 500 Hz y 6000 Hz (International Organization for Standardization, 2013).

Para tener una referencia válida para estudios actuales y especialmente para los que se realizan en países sudamericanos, se consideró necesario desarrollar una Base de Datos audiométricos que reflejara una realidad más próxima a la de nuestro país en el presente. En este artículo se presenta una Base de Datos tipo **B** propia de población juvenil montevideana de ambos sexos, con edades entre 18 y 25 años.

#### 4. ANTECEDENTES NACIONALES

El Departamento de Ingeniería Ambiental del IMFIA comenzó a trabajar hacia 1997 en la obtención de una base de datos audiométricos que fuera representativa de la población montevideana.

En un primer intento se trabajó con un conjunto de unas 4000 fichas de población adulta no expuesta ocupacionalmente a ruido, que fueron tomadas de la base de datos del Servicio Médico del ente energético uruguayo. Se trataba de estudios audiométricos de control en ocasión de la realización del carné de salud; los funcionarios fueron elegidos de modo de evitar incluir trabajadores sometidos a elevados niveles de presión sonora en sus puestos de trabajo. En este primer intento se observó que los resultados de la Base Montevideo acusaban sistemáticamente mayores pérdidas en las frecuencias más bajas. Consultado el personal técnico a propósito de la metodología de las audiometrías de tonos puros, se detectó que los estudios se realizaban hasta alcanzar el cero audiométrico y no el umbral auditivo, razón por la cual se perdían los valores de sobreaudición.

Esto redundaba en un sesgo de los resultados (IMFIA-IMM, 1998).

En 2008 se efectuó un nuevo intento, considerando fichas audiométricas de diferente procedencia pero que tenían en común el haber solicitado que la valoración se realizara hasta alcanzar el umbral auditivo en cada frecuencia. En efecto, si bien la valoración de la sobreaudición carece de interés desde el punto de vista de la valoración individual de la salud auditiva, es un aspecto de peso a la hora de la valoración poblacional. Los resultados de ese estudio para la franja etaria motivo de este trabajo indicaban (González Fernández, 2008):

*“Al comparar contra los resultados de la Base A, se observa que los hombres uruguayos presentan siempre mayor pérdida excepto en el caso del 90 % de la población (la mínima pérdida), donde los hombres uruguayos tienen menos pérdida aún que la que pronostica la Base A en varias de las frecuencias consideradas (500 Hz, 1000 Hz y 4000 Hz), a lo que se suma idéntico valor de umbral en la frecuencia de 6000 Hz y valores casi idénticos en las frecuencias 250 Hz y 8000 Hz.”*

En cuanto a los resultados para mujeres de esta franja etaria:

*“Cuando se comparan los resultados de las mujeres uruguayas con los de la Base A, se observa que en general los valores obtenidos son mejores o iguales a favor de las mujeres uruguayas para las frecuencias de 500 Hz, 1000 Hz, 4000 Hz, 6000 Hz y 8000 Hz.”*

#### 5. TRABAJO EXPERIMENTAL

Para llevar adelante este estudio, se obtuvieron registros audiométricos por vía aérea de un total de 499 jóvenes de la ciudad de Montevideo, de entre 18 y 25 años.

No fue posible seleccionar a los participantes en forma aleatoria: la muestra obtenida es una muestra de conveniencia, es decir, los datos se obtuvieron a partir de criterios de fácil accesibilidad a la información. En efecto, los registros aplicados provenían en parte de diferentes profesionales de la fonoaudiología, a quienes se solicitó evaluar hasta alcanzar el umbral auditivo, y en parte fueron obtenidos por el equipo del Departamento de Ingeniería Ambiental utilizando un audiómetro marca Maico modelo MA 25 de propiedad del Departamento, previa capacitación a los operadores por parte de profesionales de la salud.

## 6. PROCESAMIENTO DE DATOS

El número de datos disponible en cada frecuencia audiométrica se presenta en la Tabla 1. Debido al origen diverso de las fichas audiométricas en muchas de ellas no se han considerado las frecuencias de 3000 Hz y 6000 Hz.

Tabla 1. Número de datos disponibles

	250	500	1000	2000	3000	4000	6000	8000
<b>H</b>	236	248	248	248	92	248	92	248
<b>M</b>	179	251	251	251	141	251	141	251

Los valores se trataron por sexo y por frecuencia. Se ordenaron en forma decreciente y se determinaron los valores de excedencia. En cada caso se calculó la desviación estándar, el porcentaje de error y la tolerancia.

Por último, se compararon las pérdidas auditivas de ambos sexos para determinar si en ambos casos resultan estadísticamente equivalentes o no. Para ello se aplicó la prueba de equivalencias entre pares de Wilcoxon (Sachs, 1978). Se trata de una prueba de rangos aplicable a dos muestras ordenadas que no necesariamente siguen una distribución normal. El mínimo número de pares no idénticos (es decir, con diferencia nula) que permite la aplicación de la prueba es 6.

## 6. RESULTADOS

Los resultados obtenidos se presentan por sexo en las Tablas 2 y 3. Se ha optado por omitir los resultados en las frecuencias audiométricas de 3000 Hz y 6000 Hz debido a la menor cantidad de datos disponibles en cada caso.

Se aplicó la prueba no paramétrica de diferencias entre pares de Wilcoxon (Sachs, 1978) para comparar los resultados de pérdida auditiva obtenidos para hombres y para mujeres. Se trata de una prueba no paramétrica, es decir, no requiere que los datos en estudio sigan una distribución normal. Para la aplicación de la prueba deben retirarse los pares de datos idénticos (es decir, los “empates”); la prueba requiere un mínimo de 6 pares de datos válidos para su aplicación.

En primera instancia se aplicó la prueba para los resultados en cada frecuencia audiométrica. Allí se pudo observar que en las frecuencias 250 Hz, 500 Hz

y 2000 Hz, las pérdidas de hombres y mujeres no resultaron estadísticamente equivalentes al 95 % de confianza: las mujeres acusaron una mayor pérdida auditiva que los hombres. En las frecuencias de 1000 Hz y 4000 Hz no fue posible aplicar la prueba debido a que la ocurrencia de empates entre pares redujo el número de datos a menos de 6. En la frecuencia de 8000 Hz, las pérdidas experimentadas por ambas poblaciones (hombres y mujeres) resultaron estadísticamente equivalentes.

Tabla 2. Pérdida auditiva esperable en hombres de 18 a 25 años según frecuencia y porcentaje de la población

	250	500	1000	2000	4000	8000
<b>90 %</b>	1	0	0	0	0	0
<b>80 %</b>	4	3	3	2	0	2
<b>70 %</b>	6	6	5	4	2	4
<b>60 %</b>	8	8	7	6	4	7
<b>50 %</b>	10	10	9	7	6	9
<b>40 %</b>	12	13	11	9	8	11
<b>30 %</b>	15	15	13	11	10	14
<b>20 %</b>	18	19	16	13	13	17
<b>10 %</b>	24	23	19	17	18	23
<b>% Error</b>	10	10	9	11	13	13
<b>Tolerancia (dB)</b>	±1	±1	±1	±1	±1	±1

Tabla 3. Pérdida auditiva esperable en mujeres de 18 a 25 años según frecuencia y porcentaje de la población

	250	500	1000	2000	4000	8000
<b>90 %</b>	2	3	1	1	0	1
<b>80 %</b>	6	6	4	3	1	4
<b>70 %</b>	8	8	6	5	3	6
<b>60 %</b>	10	10	8	7	4	8
<b>50 %</b>	12	12	9	8	6	10
<b>40 %</b>	14	14	11	10	8	11
<b>30 %</b>	17	16	13	12	10	13
<b>20 %</b>	20	19	15	14	12	16
<b>10 %</b>	24	23	19	17	15	21
<b>% Error</b>	8	7	8	9	13	10
<b>Tolerancia (dB)</b>	±1	±1	±1	±1	±1	±1

Al intentar aplicar la prueba de pares de Wilcoxon a cada uno de los porcentajes de población estudiados, sólo resultaron válidos los casos de 70 % y 80 % de las poblaciones, ya que en los restantes % la ocurrencia de empates generó series de menos de 6 datos. Para los dos porcentajes en que fue posible aplicar la prueba, se observó que la pérdida auditiva de las mujeres supera a las de los hombres en todas las frecuencias audiométricas consideradas.

## 7. CONCLUSIONES

Se ha obtenido una Base de Datos Tipo B (notación de Norma ISO 1999:2013) propia de población montevideana de entre 18 y 25 años de edad.

A partir de un conjunto de aproximadamente 500 fichas audiométricas repartidas equitativamente entre hombres y mujeres, se determinó la pérdida auditiva esperable en las frecuencias audiométricas de 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz y 8000 Hz. Los resultados se presentan como mínimo valor de pérdida auditiva esperable (en dB) para diferentes porcentajes de la población estudiada.

El error de los resultados es del orden del 10 % y la tolerancia resultante es en todos los casos no mayor a  $\pm 1$  dB.

A partir de la comparación estadística de los resultados, se observa que la pérdida auditiva que acusan las mujeres estudiadas supera a la de los hombres en las frecuencias audiométricas 250 Hz, 500 Hz y 2000 Hz. Las pérdidas son estadísticamente equivalentes, al 95 % de confianza, para ambos géneros en la frecuencia de 8000 Hz. El número de empates entre datos impidió aplicar la prueba en 1000 Hz y 4000 Hz.

Cuando se intenta comparar la pérdida superada por determinados porcentajes de las poblaciones estudiadas, sólo se puede aplicar la prueba escogida para las curvas correspondientes al 70 % y al 80 % de las poblaciones; en ambos casos las pérdidas auditivas esperables en mujeres superan a las esperables en hombres.

Se espera que estos resultados puedan ser útiles como valores de comparación en estudios en los que usualmente los resultados deban compararse contra la Base de Datos tipo B de la Norma ISO 1999:2013. Es por ello que se continuará trabajando para ampliar los resultados de este estudio a otras franjas etarias, sin perder de vista el objetivo de no incrementar la tolerancia para garantizar la aplicabilidad de los resultados.

## REFERENCIAS

Diario Oficial de la Unión Europea. *Directiva 2003/10/CE sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (ruido)*.

García-Valdecasas Bernal, Juan; Cardenete Muñoz, Gabriel; Zenker Castro, Franz (2017) “Guía de Práctica Clínica. Audiometría Tonal por vía aérea y ósea con y sin enmascaramiento”. Asociación Española de Audiología. *Auditio: Revista electrónica de audiología*. 1 Abril 2017, vol. 4(3), pp. 74-87.

González Fernández, Alice Elizabeth (2008) “Valoración epidemiológica del umbral auditivo de la población adulta uruguaya”, en: *Seminario Internacional en Ruido Ambiental*, Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Universidad de San Buenaventura–Medellín, Corantioquia. pp. 21-33. ISBN: 978-958-44-3029-8. Medellín, marzo 2008.

González, Alice Elizabeth; Perona, Domingo Hugo; Pérez Rocamora, Esteban; Gavirondo Cardozo, Martín (2003). “De cómo diferentes criterios de pérdida auditiva avalados por la Norma ISO 1999-90 conducen a valoraciones diferentes de una misma población”. *Segundo Congreso Argentino de Acústica del Nuevo Milenio*, Buenos Aires, Argentina, 2003.

Goycoolea, Marcos; Ernst Josefina; Orellana, Viviana; Torres, Pamela (2003). Métodos de Evaluación Auditiva. *Revista Médica Clínica Las Condes*, Vol. 14 N°1, Enero 2003.

IMFIA - IMM. “Contaminación sonora en ambiente urbano (caso Montevideo)”. Informe Final del Proyecto de Iniciación a la Investigación CONICYT - Clemente Estable. Montevideo, marzo de 1998.

International Organization for Standardization. ISO Standard 1999 (1990) “Acoustics – Determination of occupational noise exposure and estimation of noise-induced hearing impairment”. Suiza, 1990.

International Organization for Standardization. ISO Standard 1999 (2013) “Acoustics – Estimation of noise-induced hearing loss”. Suiza, 2013.

Majumder, J.; Mehta C.R.; Sen, D. Excess risk estimates of hearing impairment of Indian professional drivers. *International Journal of Industrial Ergonomics* **39**, 234–238 (2009).

Sachs, Lothar (1978). *Estadística Aplicada*. Editorial Labor, 567 pp, Barcelona, España.