

EVALUACION DE LA EXPOSICIÓN SONORA Y DE SU IMPACTO SOBRE LA SALUD Y CALIDAD DE VIDA DE LA POBLACIÓN RESIDENTE EN LA ZONA ESTE DE LA CIUDAD DE CÓRDOBA SOBRE LOS ACCESOS PRINCIPALES A LA ZONA CENTRAL

Tutor: Lic. R. Darío Sbarato
Asesor: Ing. César E. Romero

Municipalidad de Córdoba - Subsecretaría de Ambiente - Observatorio Ambiental

Laprida 854. Barrio Observatorio. (5000) CORDOBA.

E:MAIL: cesar@obsambi.oac.uncor.edu

Escuela de Fonoaudiología de la Facultad de Ciencias Médicas – UNC.

Ciudad Universitaria – (5000) CORDOBA

INTRODUCCIÓN

La mayoría de las actividades comerciales, administrativas, culturales y educativas de la ciudad de Córdoba se concentran en el microcentro, como consecuencia de ello las avenidas principales quedan distribuidas de manera geométrica y reciben prácticamente la totalidad del flujo vehicular. La gran intensidad de éste junto a la antigüedad y deterioro de la flota vehicular se traduce en niveles sonoros excesivos y perjudiciales no solo para la salud sino para el bienestar y calidad de vida.

Este trabajo aborda esta problemática desde dos ejes: por un lado en lo que a niveles sonoros se refiere, elaborando un mapa estático de distribución de niveles sonoros que permita observar como se distribuyen los niveles de ruido en la zona correspondiente a las avenidas.

Por otro lado, y a través de un sondeo de opinión, realizando una valoración de la molestia que el ruido ocasiona a través del diseño de un índice de molestia que permita cuantificarla, estimando, por último, el impacto sobre la salud y los porcentajes de personas molestas y altamente molestas por ruido de tránsito.

PROCESO DE INVESTIGACION

INTERÉS PERSONAL-PROFESIONAL

Relación de los problemas a investigar con la profesión:

Como Fonoaudiólogas nuestro compromiso es ocuparnos del estudio de la voz, la palabra, el lenguaje y la audición, es decir, de los elementos que conforman la comunicación humana. Pero contraer ésta obligación implica, no solamente la realización de tareas asistenciales destinadas a conocer las perturbaciones que alteran los componentes de la comunicación y así aplicar los procedimientos adecuados para mejorarlos o restablecerlos, sino también, dedicarnos a la investigación científica de todos aquellos factores que afecten a ésta comunicación positiva o negativamente.

Una de las consecuencias de los avances tecnológicos en la actualidad es el ruido, que se ha transformado en un elemento inseparable del entorno ambiental del ser humano. Ciertamente es que el ruido interfiere en la comunicación, no solo entorpeciendo el intercambio de información entre los hablantes sino también, generando vibraciones nocivas que lesionan de manera irreversible las células del órgano de Corti ya que el oído humano no está adaptado para la audición de ruidos que superen los niveles existentes en la naturaleza.

Motivación Personal:

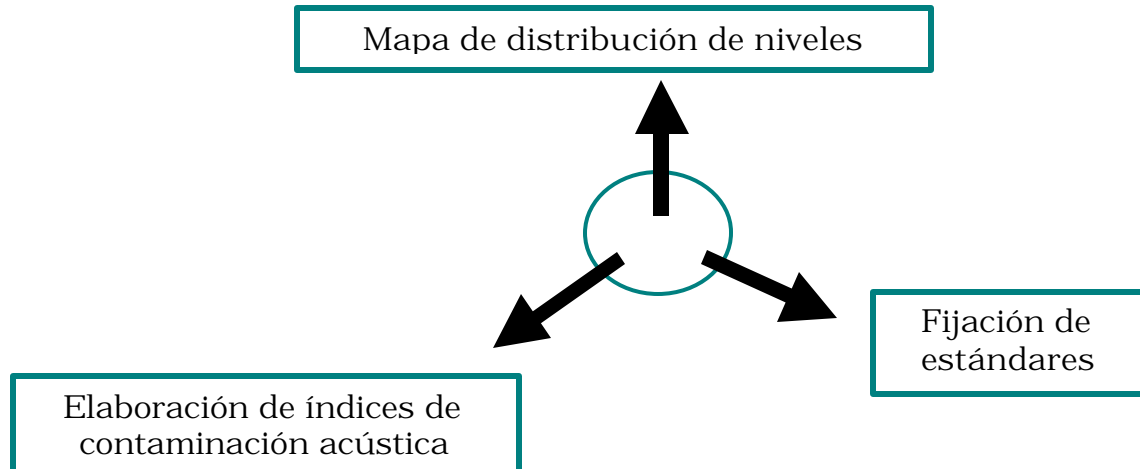
Gran parte de los estudios referidos a los efectos nocivos del ruido están dedicados a investigaciones en industrias o de ruido en ambientes laborales.

Sin embargo vivimos inmersos en otros tipos de ruido a consecuencia del desarrollo tecnológico automotriz acerca del cual solo se ha investigado en otros países como Canadá, Estados Unidos y la Unión Europea, y no se conocen en nuestro país ni en la Ciudad de Córdoba una investigación exhaustiva acerca de éste punto. Es por ello interesante abordar esta problemática y así poder evaluar la exposición a ruido urbano de un vasto sector de la población y determinar el grado de molestia resultante de dicha exposición.

INTERÉS INSTITUCIONAL

El Observatorio Ambiental Municipal está llevando a cabo un proyecto de monitoreo y caracterización de ruido urbano que se apoya en tres ejes fundamentales:

- ◆ Realizar un análisis detallado de la situación actual en materia de ruido urbano mediante el trazado del primer mapa estático de niveles en la Ciudad de Córdoba.
- ◆ Generar una base sólida de datos para la generación de estándares propios de 'calidad acústica' en lo referido a ruido urbano y promover una ordenanza municipal que establezca límites de emisión e inmisión sonora.
- ◆ Generar un sistema eficiente de información al público mediante índices de contaminación acústica.



Para cumplir con estos objetivos se ha elaborado un proyecto que requiere de la investigación en las diversas áreas relacionadas a ésta problemática:

Mapa estático de distribución de niveles sonoros y dosis de exposición

La primera etapa del proyecto es el diagnóstico de la contaminación acústica en la Ciudad de Córdoba, consiste en el trazado de un mapa estático de distribución de niveles de intensidad sonora y de dosis de exposición a ruido urbano característicos en la ciudad. Los datos provendrán del monitoreo en sitios y recorridos definidos por sus características según la metodología sugerida internacionalmente y serán volcados al sistema de información geográfica ambiental de nuestro observatorio.

Los objetivos del mapa de distribución de niveles son:

- ◆ Determinar el clima de ruido en la ciudad
- ◆ Determinar áreas fuertemente contaminadas
- ◆ Determinar áreas de baja polución, áreas preservables y “reservas”
- ◆ Determinar dosis de exposición a ruido urbano
- ◆ Actualizar la división de ámbitos

Monitoreos fijos para la determinación de parámetros acústicos

Serán de dos clases según el tiempo de muestreo:

A. Sitios de monitoreo durante períodos cortos.

Consiste en la medición automática de dB(A) instantáneo durante períodos de tiempo del orden de 15 a 20 minutos en tres oportunidades no consecutivas por sitios y medición manual del flujo de vehículos diferenciados por tipos.

B. Sitios de monitoreo durante períodos prolongados.

Consisten en el registro automático durante períodos mayores a 24 hs de los dB(A) instantáneos con el objeto de estudiar de manera detallada el comportamiento del ruido durante todas las horas del día.

Los monitoreos móviles para la determinación de dosis de exposición se harán sobre esquemas de recorridos fijados de forma tal de recabar la mayor cantidad de información útil por trayectoria, de tal manera de ser representativos de la zona en estudio.

Asimismo se está trabajando en la medición de dosis de exposición por uso del sistema público de transporte.

Fijación de límites de emisión e inmisión

Se pretende la elaboración por primera vez en nuestra ciudad de los estándares de calidad acústica para dar paso después a una nueva ordenanza sobre ruido que contemple no solamente límites para los emisores sino también valores límites de inmisión.

Para ello es necesario el estudio de los niveles sonoros imperantes, los efectos psicológicos y fisiológicos, las dosis de exposición y la caracterización del comportamiento de los ciudadanos respecto de los tiempos de exposición a ruido urbano en los diferentes ámbitos.

Elaboración de índices de contaminación acústica

Una de las tareas más importantes del Observatorio Ambiental es la información al público de los estados de contaminación imperantes en la ciudad. Hacerlo de una manera clara e intuitiva es un problema difícil de

resolver para todos los recursos (agua, aire y suelo). En el caso particular del aire existe un marco aceptado internacionalmente a partir del cual se pueden construir índices fácilmente comprensibles. En el caso de la contaminación acústica no existe tal marco y la construcción de índices intuitivos se ve dificultada por haber de por medio una escala logarítmica. La elaboración de los índices de contaminación acústica es una necesidad impostergable. Como primer paso, el Observatorio Ambiental ha puesto en marcha un sistema de encuestas a los vecinos que pretende asociar niveles cualitativos o subjetivos (leve, medio, alto, etc) a niveles cuantitativos u objetivos, resultado del monitoreo.

INTERÉS SOCIAL

El ruido produce una serie de efectos sobre el rendimiento humano que depende crucialmente del tipo y magnitud del ruido, por lo tanto con este estudio se busca determinar si existen áreas de riesgo con niveles de ruido que excedan los aceptados internacionalmente para el adecuado desempeño de las actividades. Esto también llevará a establecer cual es la magnitud del problema.

Los efectos del ruido sobre el rendimiento de las personas tienden a ser distintos a los efectos de la molestia, o los fisiológicos. La molestia es un fenómeno complicado influida por una variedad de factores acústicos y no acústicos lo cual hace difícil su objetivación. Por ello la meta es generar herramientas de predicción para la determinación de la molestia.

Ya que no existen antecedentes científicos en el país este estudio pretende ser una base de información que sirva no solo para establecer medidas de control, sino también, para establecer nuevas ordenanzas o actualizar las vigentes.

Como se sabe que el ruido es un contaminante peligroso que lesiona la salud y el bienestar de las personas expuestas, una base de información científica servirá para el establecimiento de campañas educativas que responda a las exigencias de la realidad y a sus nuevas situaciones.

Dada la falta de información científica anterior a este trabajo es imposible determinar la tendencia del comportamiento social y la reacción de la población frente a la problemática del ruido urbano. Así, este trabajo no pretende ser solamente una instantánea de la situación actual de la ciudad sino también establecer la base de conocimientos necesaria para poder determinar con trabajos futuros la evolución del desempeño ambiental de la ciudad en lo que se refiere a ruido urbano.

ANTECEDENTES PERIODÍSTICOS

En agosto de 1997 el diario “La Voz del interior”, publicó un informe acerca de una campaña de monitoreo de ruido realizado en el microcentro de la Ciudad de Córdoba a cargo del Observatorio Ambiental Municipal en colaboración con la Universidad Libre del Ambiente y estudiantes del último año de la Escuela Superior de Comercio Manuel Belgrano.

Los resultados preliminares mostraron que la mayoría de los lugares examinados poseen valores de ruido por encima de los límites establecidos por la ordenanza municipal 8167/86 (60dBA durante el día para el caso del centro), los niveles de ruido más importantes se observaron sobre Avenida Colón incrementándose sobre la intersección con Rivera Indarte con promedio de picos de ruido de hasta 86dBA y un promedio de ruido de fondo de 73dBA.

Por otra parte en la zona peatonal también se obtuvieron registros por encima de los permitidos por la ordenanza con valores promedio de hasta 73dBA.

Otra publicación fue realizada por el mismo diario en mayo de 1999, en el mismo consta que según un informe elaborado en 1995 por el Grupo de Estudios de Transporte y Logística de la Universidad Tecnológica Nacional, en algunos sectores de la Ciudad de Córdoba se encuentran niveles hasta 30 puntos más elevados que el máximo tolerable.

Otra investigación realizada en la Universidad Tecnológica Nacional en 1996 constató que el 39% de los vehículos controlados superaba el límite máximo estipulado en 82dBA.

Los estudios realizados en Córdoba en cinco de las esquinas más ruidosas (San Jerónimo e Ituzaingó; Avenida Figueroa Alcorta y 27 de Abril; Marcelo T de Alvear y Boulevar San Juan; Avenida Gral Paz y Humberto primero y Boulevar San Juan y Boulevar Chacabuco), demostraron un nivel de entre 91 y 95dBA cuando lo máximo tolerable a nivel internacional es de aproximadamente 70dBA.

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA:

¿Cuáles son los niveles sonoros por fuentes móviles y que grado de molestia sufre a consecuencia de los primeros la población residente en la zona de las avenidas Amadeo Sabattini, Juan B. Justo, 24 de Septiembre y Eduardo Bulnes en la Ciudad de Córdoba en el año 2000?

JUSTIFICACIÓN:

En los últimos tiempos el incremento de las actividades humanas junto a los avances tecnológicos trajo como consecuencia un aumento importante de los niveles de ruido urbano, en el cual, el tránsito vehicular es la figura principal.

El ruido en niveles excesivos ocasiona perturbaciones muy importantes en la salud y el bienestar de las personas, así, es inevitable considerar los efectos fisiológicos pero sin dejar de lado otros, mas subjetivos, derivados de situaciones que aunque no inciden directamente sobre la salud degradan la calidad de vida al interferir en el normal desarrollo de ciertas actividades humanas como la comunicación, el descanso, las actividades intelectuales y la recreación.

En la ciudad de Córdoba la situación actual es desconocida tanto en lo que a niveles sonoros se refiere como a los efectos que sufre la población expuesta, por esto es de gran importancia un diagnóstico de situación que permita no solo obtener una idea de la distribución del ruido y así determinar la contaminación sonora de la ciudad, sino también evaluar de que manera afecta esto a la población en cuanto a su salud y bienestar.

Por otro lado permite sentar las bases de futuras ordenanzas que regulen los niveles sonoros teniendo en cuenta un margen de seguridad adecuado para proteger a la población.

DELIMITACIÓN DEMOGRÁFICA DEL CAMPO DE INVESTIGACIÓN

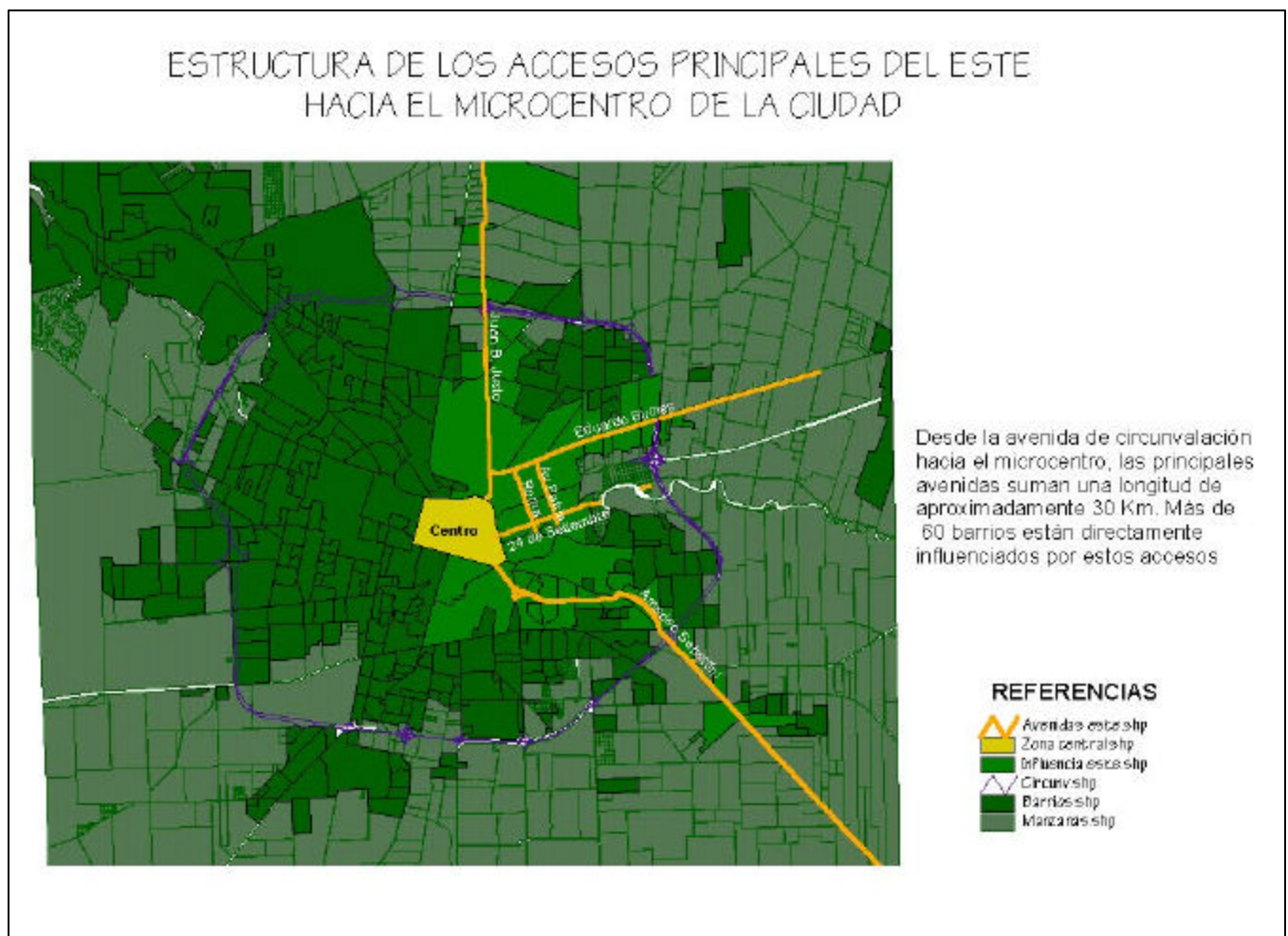


Figura 1: Estructura de los principales accesos de la zona este hacia el microcentro

Se considera Rutas principales de Acceso en el presente trabajo a:

Avenida Amadeo Sabattini: a la zona comprendida entre, Avenida Amadeo Sabattini 900 hasta Avenida Circunvalación y 50 metros hacia fuera, sobre las calles perpendiculares a la primera Avenida.

Avenida Juan B. Justo: a la zona comprendida entre, Avenida Juan B. Justo 2200 hasta Avenida Circunvalación y 50 metros hacia fuera, sobre las calles perpendiculares a la primera Avenida.

Avenida 24 de Septiembre: a la zona comprendida entre, Avenida 24 de Setiembre 800 hasta Avenida Circunvalación y 50 metros hacia fuera, sobre las calles perpendiculares a la primera Avenida.

Avenida Eduardo Bulnes: a la zona comprendida entre, Avenida Eduardo Bulnes 100 hasta Avenida Circunvalación y 50 metros hacia fuera, sobre las calles perpendiculares a la primera Avenida.

Se considera zonas aledañas a:

Avenida Amadeo Sabattini: Barrios Crisol Norte, Crisol Sur, Maipú 1º, Maipú 2º, Sarmiento, Colón, Rivadavia, Cabral y Empalme.

Avenida Juan B. Justo: Barrios Alta Córdoba, Cofico, Panamericano, Los Gigantes, Villa Azalais, Marcelo T. De Alvear, Centro América, Ayacucho y Gral. Bustos.

Avenida 24 de Septiembre: Barrios Gral. Paz, Pueyrredón, Patria, Alto Gral. Paz, Yapeyú y Bajo Chico.

Avenida Eduardo Bulnes: Barrios Pueyrredón, Ampliación Pueyrredón, Yofre, Yofre Sud, Palmar, Villa Claudina, Ampliación Palmar, General Bustos, Talleres Oeste y Talleres Este.

OBJETIVO GENERAL

- ◆ Elaborar un diagnóstico de los niveles sonoros y las molestias inducidas sobre la población residente sobre los accesos Av. Amadeo Sabattini, Av. 24 de Septiembre, Av. Juan B. Justo y Av. Eduardo Bulnes, comparándolos con las zonas residenciales próximas a las mismas.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Se han propuesto como objetivos específicos de esta investigación sobre las zonas mencionadas:

- ◆ Elaborar un mapa estático de niveles sonoros por ruido de tránsito.
- ◆ Obtener estadísticamente el impacto de los niveles sonoros sobre la actividad del sueño.
- ◆ Obtener estadísticamente el impacto de los niveles sonoros sobre la actividad de la concentración.
- ◆ Obtener estadísticamente el impacto de los niveles sonoros sobre la actividad de las comunicaciones.
- ◆ Obtener estadísticamente el impacto de los niveles sonoros sobre la conformidad respecto del lugar de residencia.
- ◆ Construir un índice que permita medir el grado de molestia de una persona expuesta.

FENÓMENOS ACÚSTICOS

SONIDO

El *sonido* es una alteración física en un medio (gas, líquido o sólido) que puede ser detectada por el oído humano. El medio por el cual viajan las ondas sonoras debe poseer masa y elasticidad por lo tanto no puede haber transmisión del sonido en el vacío.

Las ondas sonoras en el aire están causadas por las variaciones de presión por encima y por debajo del valor estático de la presión atmosférica.⁽¹⁾ Se denomina a esto presión sonora.

PROPIEDADES DEL SONIDO

Velocidad del sonido

Se denomina así a la velocidad con que las ondas sonoras se alejan de la fuente. Esta velocidad se expresa en m/s, y su valor varía según el medio de propagación. Para el sonido que se propaga en el aire, a temperatura ambiente, la velocidad es del orden de 344 m/s.⁽²⁾

Frecuencia

La frecuencia de la onda sonora es el número de veces que el movimiento oscilatorio de las partículas se repite en un seg., se designa mediante la unidad Herzio (Hz).

Longitud de onda

Se denomina así a la distancia que existe entre dos puntos de máxima presión, correspondientes a la onda sonora que se está propagando. Cualitativamente se pueden mencionar dos tipos de frecuencias, bajas y altas desde el punto de vista de sus longitudes de onda. A los sonidos de frecuencias bajas y grandes longitudes de onda se los llama graves. En

⁽¹⁾ Harris, Cyril; "Manual de medidas acústicas y control de ruido"; 3º ed.; Ed. Mc. Graw-Hill; 1995; Cap. 1; Pag.1.1.

⁽²⁾ Werner, Méndez, Salazar; "El ruido y la Audición"; 1º ed.;1990; AD-HOC SRL.; Cap. 2; Pag.24.

cambio, a los sonidos de alta frecuencia y de pequeñas longitudes de onda se los llama agudos. ⁽²⁾

Intensidad

El paso de las ondas sonoras se acompaña de un flujo de energía acústica, la intensidad de un sonido está relacionada con la energía que transporta esa onda, por lo tanto, podemos definirla como la energía que atraviesa un área en la unidad de tiempo.

La sonoridad es una impresión subjetiva que el que escucha atribuye a un sonido particular, mientras que la energía de la onda sonora es una magnitud física objetiva.

Debido a que el rango de presiones sonoras es muy amplio, es más cómodo emplear el “Nivel de presión sonora” que es una cantidad proporcional al logaritmo de presión sonora. El término nivel indica que se emplea la escala logarítmica y que las unidades se expresan en decibelios (dB). ⁽¹⁾

La unidad utilizada para expresar la intensidad del sonido es un bel. Por comodidad se usa normalmente 1/10 de un bel (B) como descriptor y recibe el nombre de decibel (dB).⁽³⁾ Este último es una unidad de nivel que denota la relación entre dos cantidades que son proporcionales en su potencia. El número de decibeles que corresponde a ésta relación es 10 veces el logaritmo (de base 10) de la razón de las dos cantidades. Las razones de presión sonora no siempre son proporcionales a las razones de potencia correspondientes, pero es práctica habitual ampliar el uso de ésta unidad (dB) a tales casos.

$$dB = 10 \log_{10} (P/P_0)$$

⁽²⁾ Werner, Méndez, Salazar; “El ruido y la Audición”; 1º ed.; 1990; AD-HOC SRL.; Cap. 2; Pag. 25.

⁽¹⁾ Harris, Cyril; “Manual de medidas acústicas y control de ruido”; 3º ed.; Ed. Mc. Graw-Hill; 1995; Cap. 1; Pag. 1.9.

⁽³⁾ Francone Lossow, Jacob; “Anatomía y Fisiología Humana”; 4º ed.; Ed. Interamericana; 1986.

PSICOFÍSICA DE LA AUDICIÓN

La relación entre intensidad, que es un atributo físico del sonido, y sonoridad, que es un atributo subjetivo, involucra procesos fisiológicos y psicológicos en el oído y en el cerebro. Los experimentos psicofísicos sirven para medir la relación entre el atributo físico de un estímulo y el atributo subjetivo que percibe el individuo.

Respuesta Auditiva

Es muy amplia la gama de presiones sonoras y frecuencias a través de las cuales se recibe información útil. El área de sensación auditiva limita, a niveles bajos de presión sonora con el umbral de la audición, y a niveles muy altos, con el umbral de malestar y dolor.

Los límites de frecuencia no están bien definidos se considera a los 20.000 Hz como límite para las frecuencias altas, y a los 20 Hz como límite para las frecuencias bajas, pero esto varía bastante de una persona a otra.

El **umbral de audición** para un sonido es el nivel de presión sonora mínimo capaz de evocar una sensación auditiva y depende de las características del sonido (por ejemplo la frecuencia), de la forma en que se presente (auriculares, alta voz, etc.), y del punto en el que se mida el nivel de presión sonora.

El **umbral de malestar** se experimenta en un campo libre a niveles de presión sonora por encima de 120 dB.

La gran amplitud de movimiento de los componentes del oído medio a niveles de presión sonora cercanos a 130 dB, produce a menudo una sensación de cosquilleo. A un nivel de aproximadamente 140 dB se alcanza el **umbral de dolor**.

Sonoridad

Debido a que es un atributo subjetivo y por lo tanto no susceptible de una medida física directa su procedimiento de medida también es subjetivo; en él los oyentes realizan enjuiciamientos sistemáticos con respecto a sonidos de referencia con niveles de presión sonora conocidos. Las pruebas

de laboratorio muestran que las personas hacen enjuiciamientos acerca de la sonoridad razonablemente consistentes. La sonoridad depende fundamentalmente del nivel de presión sonora del estímulo y, en menor medida, de su frecuencia, duración y complejidad. ⁽¹⁾

Curvas de igual sonoridad

Los enjuiciamientos de igual sonoridad para tonos puros de varias frecuencias y niveles han dado lugar a las curvas de igual sonoridad. Todos los puntos de una curva determinada representan los niveles de presión sonora que han sido juzgados, por jóvenes adultos con audición normal y de cara a la fuente, como igualmente sonoros en campo libre. Se denomina cada curva por su nivel a 1000 Hz que es la frecuencia de referencia. ⁽¹⁾ En la figura 2 se observa la representación gráfica de éstas curvas.

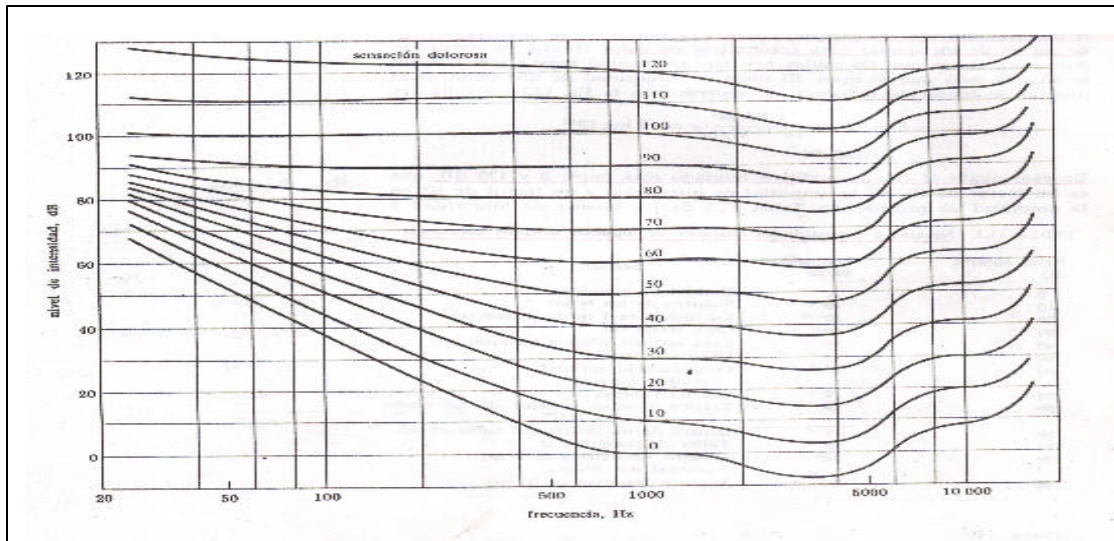


Figura 2: Curvas de igual sonoridad.

Enmascaramiento

Es la propiedad que tiene un sonido de interferir la audición de otro sonido, al evaluar un ruido particular como molesto o no deseado, un factor importante es el grado en que enmascara la audición de ciertos sonidos

⁽¹⁾ Harris, Cyril; "Manual de medidas acústicas y control de ruido"; 3º ed.; Ed. Mc. Graw-Hill; 1995; Cap. 17; Pag.17.9

⁽¹⁾ Harris, Cyril; "Manual de medidas acústicas y control de ruido"; 3º ed.; Ed. Mc. Graw-Hill; 1995; Cap. 17; Pag.17.10

deseados. La magnitud del enmascaramiento depende de varias propiedades físicas de la señal y del sonido enmascarador, su espectro, sus niveles de presión sonora y tiempos de llegada. En la situación de enmascaramiento ambos sonidos ocurren simultáneamente, son estables y alcanzan el aparato auditivo de forma normal, en general el enmascarador es el sonido que enmascara la señal y es el mayor cuando ambos se producen simultáneamente en el tiempo. ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Harris, Cyril; "Manual de medidas acústicas y control de ruido"; 3º ed.; Ed. Mc. Graw-Hill; 1995; Cap. 17; Pag.17.18

ANATOMIA Y FISIOLÓGÍA DEL OIDO

CARACTERÍSTICAS GENERALES

La función principal del aparato auditivo es transformar la energía sonora en energía bioeléctrica para que de ésta manera la corteza cerebral pueda decodificar los sonidos y así permita al hombre no solo acceder y relacionarse al medio que lo rodea sino, desarrollar una de las capacidades humanas más importantes como es el Lenguaje.

El sentido de la vista y la audición son los únicos que posibilitan la aprehensión y el conocimiento de las cosas a distancia aumentando enormemente las posibilidades perceptuales.

La audición es una función esencial para la comunicación entre los hombres, el intercambio de información y la identificación de sonidos placenteros, así como la voz de alerta ante las situaciones de riesgo.

OÍDO EXTERNO

La función del ***pabellón auricular*** es muy pobre en el ser humano ya que solo sirve para captar las ondas sonoras y hacerlas converger a través del ***Conducto Auditivo Externo***.

El conducto desempeña el papel de resonador ya que debido a sus propiedades físicas hay una frecuencia de resonancia de 3000 Hz para la que existe un incremento de más de 10 dB en la presión del sonido. ⁽⁴⁾

OÍDO MEDIO

Está constituido por una cavidad llena de aire, dentro del hueso temporal, que se abre a través de la Trompa de Eustaquio en la nasofaringe, y así se comunica con el exterior. La trompa usualmente se encuentra

⁽⁴⁾ Goodhill, Victor; "El oído. Enfermedades, Sordera y Vértigos"; Ed. Salvat; 1986; Cap. 1; Pag. 18

cerrada, pero se abre durante la deglución, la masticación y el bostezo equiparando presiones dentro de la caja timpánica. ⁽⁵⁾

La **membrana timpánica** divide el oído externo del oído medio, la región más sensible está por debajo de su ombligo y vibra con el más débil sonido. Si aumenta la presión del sonido también aumenta no solo la amplitud de la vibración de la membrana sino también, la zona receptiva que se extiende de forma concéntrica. Si el sonido es de alta frecuencia la membrana vibrará por secciones, cada una a la misma frecuencia pero según diferentes patrones.

Todas las vibraciones se transmiten a la cadena osicular compuesta por el **martillo, yunque y estribo**. Esta cadena funciona como un único sistema de palanca, el desplazamiento del mango del martillo unido íntimamente a la membrana timpánica transmite las vibraciones al resto de la cadena osicular y a la ventana oval por medio de un movimiento de pistón desempeñado por la base del estribo.

La cadena osicular está suspendida en el espacio dentro de la caja timpánica a través de ligamentos y dos músculos (Músculo del martillo y músculo del estribo). La contracción del músculo del martillo produce variaciones de tensión de la membrana timpánica ya que tira hacia dentro al mango del martillo disminuyendo las vibraciones.

La Figura 3 ofrece un esquema de la disposición de este sistema.

⁽⁵⁾ Ganong, William F. "Fisiología Médica", Ed. El manual moderno, S.A. de C.V; 16ª edición; 1998.

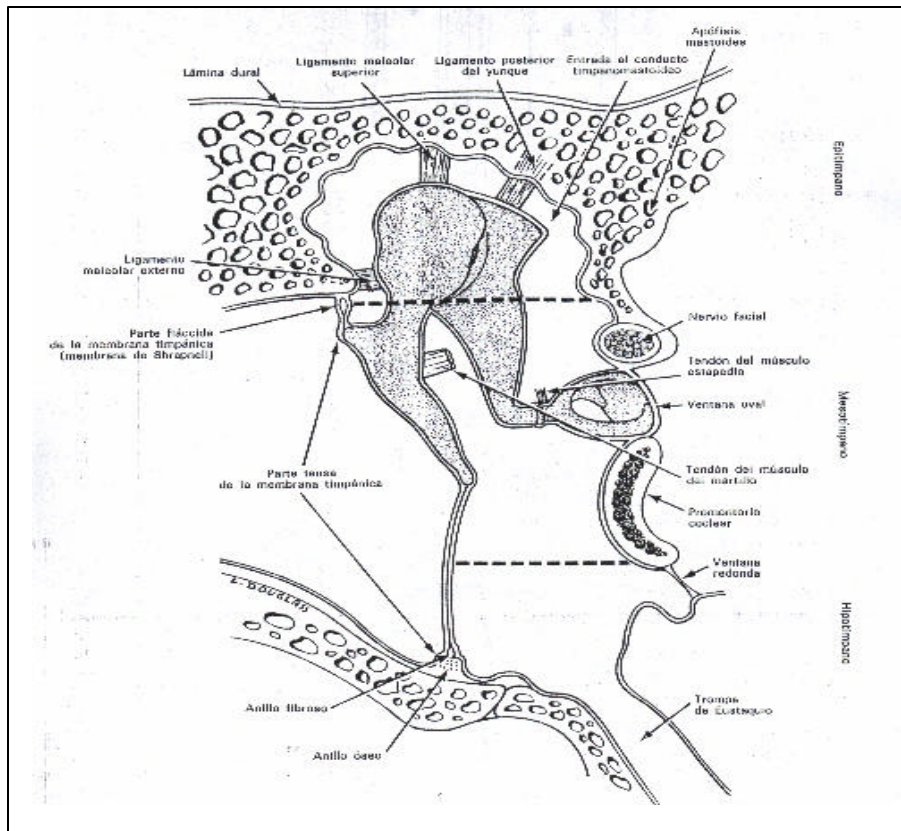


Figura 3: Oído Medio

La contracción del músculo del estribo separa la base del estribo de la ventana oval y es el principal responsable del importante reflejo acústico que tiene entre sus funciones la de proteger al oído interno mitigando el efecto de los sonidos muy fuertes.

Debido a que la cadena osicular trabaja de manera similar a una palanca mecánica, con la característica que el brazo del martillo es más corto que el formado por la apófisis larga del yunque y del estribo, produce una mayor amplitud de movimiento y hace que la fuerza en el estribo sea 1,3 veces mayor que en el mango del martillo. La transformación de la presión total en el oído medio es la suma de las producidas por la diferencia de áreas de la membrana timpánica (9 mm²) y la base del estribo (3,2 mm²) que produce un aumento de presión de 17 veces aproximadamente y el anteriormente citado mecanismo de palanca. El valor total es de 20 a 25 y corresponde a un incremento de la intensidad del sonido de casi 30 dB. ⁽⁴⁾

⁽⁴⁾ Goodhill, Víctor; "El oído. Enfermedades, Sordera y Vértigos"; Ed. Salvat; 1986; Cap. 1; Pag. 2

Al transferirse la energía sonora transformada en energía mecánica en el oído medio a los líquidos del oído interno, éstos líquidos refractan alrededor del 90% de dicha energía, por lo tanto, para compensar la pérdida es necesario la amplificación que realiza el sistema osicular.

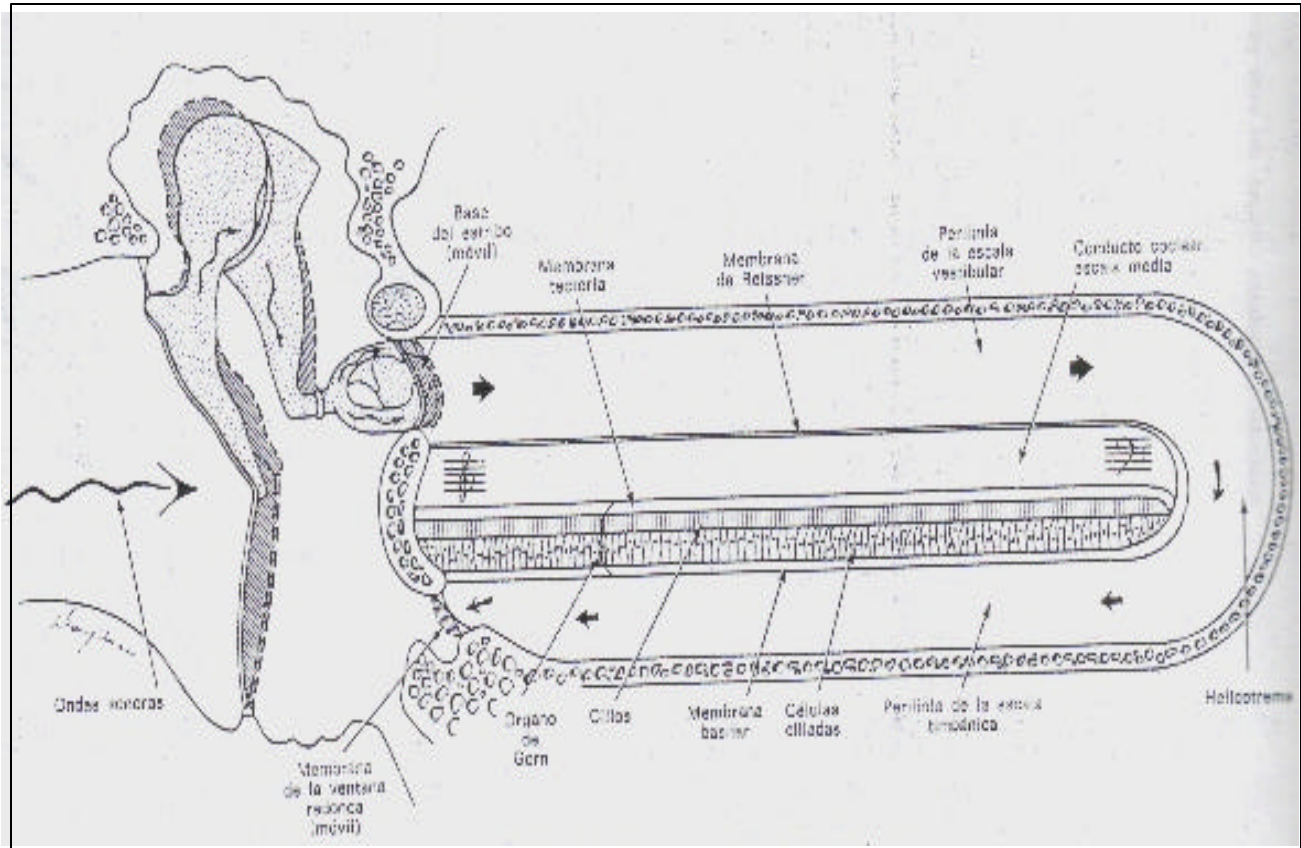


Figura 4: Representación esquemática de las relaciones entre Oído Medio y Oído Interno.

En la Figura 4 se puede apreciar un diagrama de las relaciones entre las diferentes partes del aparato auditivo y la representación esquemática de la transmisión del sonido a través de él.

OÍDO INTERNO

El oído interno es el componente esencial de la audición, se encuentra en la porción inferior del hueso temporal, (porción petrosa), y encierra dos aparatos distintos no sólo desde el punto de vista anatómico sino principalmente en el sentido funcional. Está constituido por el aparato coclear y el aparato vestibular. El aparato coclear es el órgano de la función auditiva, y el aparato vestibular es el órgano del equilibrio. El oído interno está constituido por una serie de cavidades óseas que se encuentran comunicadas entre sí y que son: el laberinto óseo y el laberinto membranoso, entre éstos existe el líquido perilinfático. ⁽⁶⁾

Debido a las características de éste trabajo nos referiremos solamente al órgano de la función auditiva.

La **cóclea** se compone de un pilar óseo triangular central llamada columela alrededor de la cual se enrosca un conducto óseo que en el ser humano tiene dos vueltas y media. Esta dividida en tres túneles, el superior o **rampa vestibular** termina en la **ventana oval**, el inferior o **rampa timpánica** termina en la **ventana redonda**, ambos contienen perilinfa y se comunican entre sí cerca del ápex en el vértice de la cóclea a través de un orificio denominado helicotrema. El tercer túnel llamado conducto coclear se encuentra entre las dos rampas anteriores y está lleno de endolinfa siendo su límite superior la **membrana de Reissner** y el inferior la **membrana basilar**, sobre ésta última se asienta el **Organo de Corti** que posee dos tipos de células, células de sostén y células ciliadas, éstas últimas son las verdaderas receptoras sensoriales de las que se encuentran una hilera de células ciliadas internas en número de aproximadamente de 3.500 y 3 hileras de células ciliadas externas en número de 20.000. cubriendo las filas de células ciliares se encuentra la **membrana tectoria**, en la cual se encuentran alojados los extremos de las prolongaciones de las células ciliares externas y sobre ésta membrana los cilios perforan la llamada **lámina reticular**.

⁽⁶⁾ Kohen, Elizabeth; "Impedancia acústica"; Ed. Médica Panamericana; 1985; Cap.2; Pag. 33

La cóclea es una pequeña cámara helicoidal llena de líquido, en la que está situada el órgano de Corti junto a otras estructuras necesarias para la transformación de las vibraciones acústicas en señales nerviosas.

La principal función del oído externo y el oído medio parece ser la adaptación de impedancia. Esto permite conducir y transformar la energía acústica en movimiento de la perilinfa y endolinfa del oído interno, estos inciden entonces sobre el órgano de Corti y sus células sensoriales. El movimiento del líquido es transformado en energía eléctrica en las fibras nerviosas que forman los contactos sinápticos con las terminaciones nerviosas de las células sensoriales.

MECANISMO FISIOLÓGICO DE LA AUDICIÓN

Las ondas sonoras que llegan al conducto auditivo producen vibraciones en la membrana timpánica que se corresponden exactamente con las de la fuente sonora y se transforman en ondas de líquido en la perilinfa del oído interno, esto requiere normalmente una gran pérdida de energía debido a la gran diferencia de densidad existente entre el aire y el líquido, con lo que el 99% de un sonido conducido por el aire será reflejado por la superficie del líquido, esto se compensa mediante el mecanismo de amplificación que posee el oído medio.

La actividad vibratoria originada en el desplazamiento de la platina del estribo en la ventana oval pone en movimiento el líquido perilinfático de la rampa timpánica del caracol, cuando la base del estribo se mueve hacia adentro la presión en la perilinfa aumenta, como la cavidad del caracol es rígida y el líquido es incompresible, un movimiento de la base del estribo hacia adentro se acompaña de un desplazamiento opuesto de la membrana de la ventana redonda, ésta circulación de líquido produce entonces un desplazamiento de la membrana basilar. Esto es posible dado que la membrana es más rígida en la base del caracol y más flexible en el ápice, lo que favorece la progresión de la onda de desplazamiento que es de forma senoidal.

La discriminación de frecuencias se produce debido a la forma y variación gradual de la longitud de la membrana basilar a lo largo de la cóclea por lo que una determinada zona alcanza su máximo movimiento dependiendo de la frecuencia del sonido. Así en frecuencias bajas la onda atraviesa toda la membrana hasta cerca del helicotrema antes de llegar hasta la zona de igual frecuencia de resonancia donde muere, la onda de alta frecuencia sólo recorre una pequeña parte de la membrana basilar cerca de la base mientras que las frecuencias intermedias llegarán hasta aproximadamente la mitad del caracol.

La vibración de una determinada zona de la membrana basilar produce la excitación de las células ciliadas en esa zona, esta estimulación es provocada por la inclinación de las cilias, esto se obtiene al estar fijada las células ciliadas a la membrana basilar mientras que las cilias están fijadas a la membrana tectoria. La membrana basilar y el órgano de Corti vibran como una unidad y ante un movimiento hacia abajo de la membrana basilar la lámina reticular se mueve hacia abajo y afuera inclinándose las cilias hacia adentro y viceversa. La inclinación de las cilias produce modificaciones del potencial de membrana de las células ciliadas, este potencial de acción viaja por la fibra nerviosa ocasionando una impresión sonora correspondiente a la frecuencia del sonido en cuestión. El espectro de energía sonora es convertido en el órgano de Corti en potenciales de acción en el nervio auditivo; éste, entonces, transmite el estímulo hacia el cerebro.

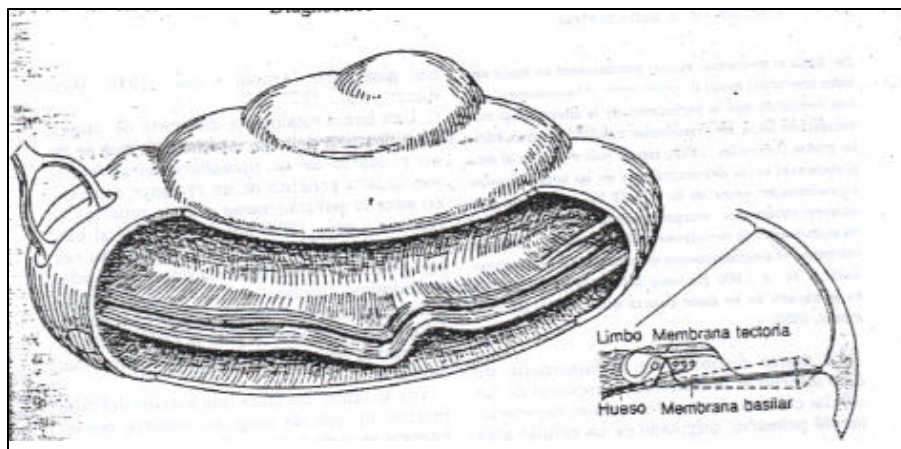


Figura 5: Corte de la cóclea.

El dibujo de la Figura 5 muestra en forma esquemática la propagación de la onda vibratoria a través de la membrana basilar.

En la Figura 6 se observa un corte transversal del aparato auditivo donde se puede apreciar la ubicación de sus distintos componentes, el Oído Externo se encuentra coloreado en rosa, en amarillo claro los huesillos del Oído Medio y en violeta sus otros componentes; la porción petrosa del hueso temporal aparece en azul mientras que, por último, el Oído Interno aparece en amarillo claro.

La tabla muestra de manera esquemática los componentes principales de cada sector topográfico del aparato auditivo al igual que su función y el tipo de energía que allí se genera.

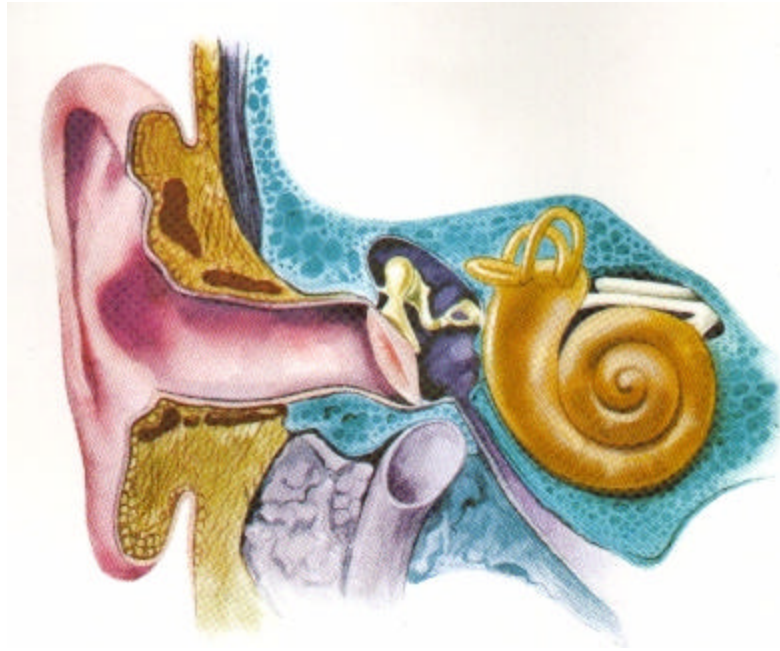


Figura 6: Aparato auditivo.

	OIDO EXTERNO	OIDO MEDIO	OIDO INTERNO
COMPONENTES	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Pabellón ◆ Conducto auditivo externo 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Membrana timpánica ◆ Cadena osicular ◆ Ventanas ◆ Trompa de Eustaquio 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Aparato vestibular ◆ Aparato coclear
FUNCIÓN	Capta las ondas sonoras y las conduce hacia el oído medio	Amplifica el sonido	Transduce la energía
TIPO DE ENERGIA	Energía sonora	Energía mecánica	Energía bioeléctrica

RUIDO URBANO

GENERALIDADES

Una melodía sonando a todo volumen en la radio puede resultar muy agradable para una persona determinada en su casa, pero puede ser una molestia para los vecinos ya que no es deseada sino que es ruido.

Generalmente llamamos **sonido** a todas aquellas señales acústicas que nos producen una sensación agradable. El sonido de una campana; el sonido de un piano; el sonido de una voz conocida. Los sonidos tienen, por lo general una composición armónica definida. Llamamos **ruido** a aquellos sonidos desagradables. El ruido de una máquina, de un avión, etc. Se trata de sonidos complejos, con una composición armónica no definida. ⁽²⁾

Por definición el ruido es un sonido no deseado aunque, también puede definirse como el sonido, generalmente de naturaleza aleatoria, cuyo espectro no exhibe componentes de frecuencias diferenciables.

El **ruido ambiental** es el sonido envolvente asociado con un ambiente acústico determinado, habitualmente compuesto por sonidos de muchas fuentes, próximas y lejanas, donde ningún sonido concreto es dominante, mientras que el **ruido comunitario** o ruido de la comunidad hace referencia al ruido exterior en la vecindad de las áreas habitadas. ⁽¹⁾

El ruido puede transmitirse a través de múltiples vías:



En éste diagrama esquemático las flechas continuas representan la transmisión del sonido de la fuente al oyente. Las flechas punteadas representan la interacción entre los distintos elementos del sistema.

La fuente puede ser una, o varias fuentes de energía vibratoria, las vías pueden ser numerosas (vía de aire directa, vibración de las estructuras,

⁽²⁾ Werner, Méndez, Salazar; "El ruido y la Audición"; 1º ed.; 1990; AD-HOC SRL.; Cap. 2; Pag. 30.

⁽¹⁾ Harris, Cyril; "Manual de medidas acústicas y control de ruido"; 3º ed.; Ed. Mc. Graw-Hill; 1995; Cap. 50; Pag. 50.1.

vibración a través de una vía sólida, etc.), mientras que el receptor puede representar a una sola persona o a un grupo.

RUIDO DE TRÁNSITO

Ya que el ruido es generalmente un subproducto de la actividad de los hombres, es en efecto, en los lugares de trabajo y particularmente en las ciudades donde se manifiesta bajo las formas más agresiva, con el desarrollo de los medios de transporte modernos el ruido se vuelve una molestia permanente.

Los principales objetos sonoros, que componen el medioambiente urbano moderno son producidos por las técnicas de desplazamientos de personas y de mercaderías. Los equipos y las infraestructuras de transporte son las fuentes de ruido más importantes de todas las grandes ciudades.

Hay que distinguir los individuos para los cuales los ruidos son sinónimos de trabajo o actividad económica, de aquellos para los cuales constituye un universo contaminante y para los cuales son signos de molestia.

La circulación de automóviles urbana y más generalmente en rutas, produce ruidos de presión y composición espectral muy variados que dependen de los tipos de vehículos de las condiciones de utilización, tales como la aceleración, la velocidad, etc. Pero el principal parámetro es el total caudal de circulación.

El ruido de vehículos es generado principalmente por los motores y por el contacto de fricción entre el vehículo con el suelo y el aire. En general el ruido de contacto de la ruta excede el ruido del motor a velocidades sobre 60 Km/h.

El nivel de presión sonora del ruido de tráfico puede ser predecido por el índice de su flujo, la velocidad de los vehículos, la proporción de vehículos pesados y la naturaleza de la superficie del camino.

Pueden surgir problemas especiales donde el movimiento del tráfico supone un cambio en la velocidad y la potencia del motor, como semáforos, colinas e intersecciones de ruta.

Las infraestructuras camineras tienen una influencia preponderante sobre el modo de propagación acústica ya que, todo obstáculo que dificulte el libre desplazamiento de vehículos contribuye a un gasto suplementario de energía, ayudando a aumentar el nivel de presión acústica en las inmediaciones.

Numerosos detalles de ingeniería y arquitectura tienen una influencia considerable sobre la calidad del medio ambiente acústico. El perfil transversal de las vías de circulación puede hacer variar notablemente el nivel de presión sonora emitido, la cantidad de energía susceptible de propagarse al resto del espacio urbano y sobre todo el modo geométrico de expansión de las ondas acústicas.

Se deberá así mismo, tener en cuenta el impacto acústico de la circulación sobre los medios naturales, en función de la vegetación y la topografía; la perturbación del medio ambiente sonoro, puede tener igualmente repercusiones nefastas sobre la fauna y el hombre.

El esquema de la página siguiente (Figura 7), muestra la intensidad en dB que pueden alcanzar los ruidos generados por algunas actividades diarias comunes y el efecto que ésta intensidad puede tener sobre el aparato auditivo.

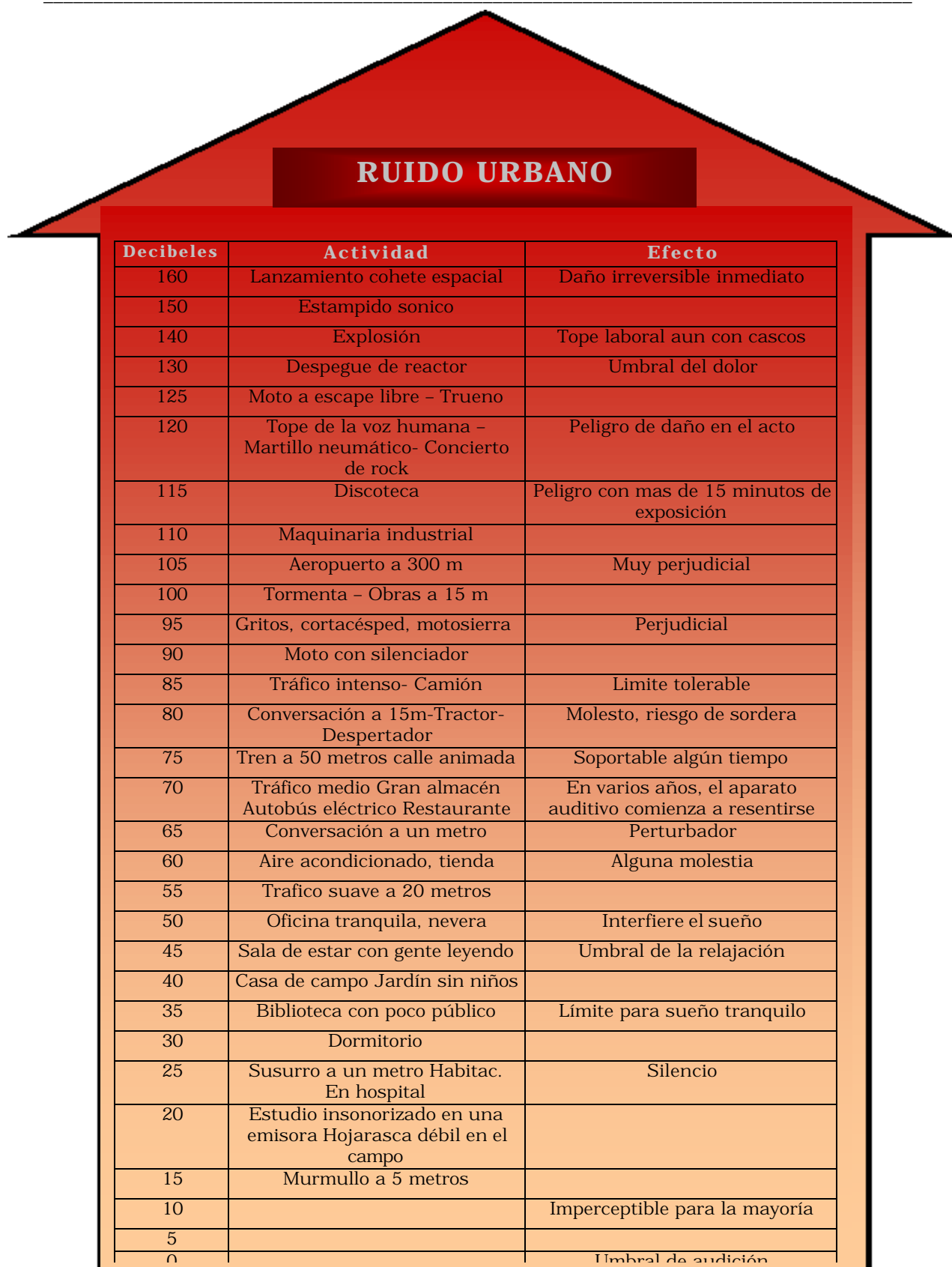


Figura 7: Ruido urbano: actividades y sus efectos según la intensidad.

MEDICIÓN DEL RUIDO AMBIENTAL: DESCRIPTORES DEL SONIDO

La ponderación de frecuencia en un sonómetro altera las características de la respuesta de frecuencia de acuerdo con las especificaciones de una norma nacional o internacional.

La EPA (Environmental Protection Agency) ha adoptado un sistema de cuatro descriptores del sonido para resumir como las personas oyen los sonidos y para determinar el impacto del ruido ambiental en la salud pública y el bienestar.

1. Nivel de Ponderación A

Como vimos en el Capítulo I las personas oyen los sonidos más prontamente cuando la energía sonora corresponde a frecuencias entre 1000 Hz a 6000 Hz, mientras que los sonidos en frecuencias sobre 10.000 Hz y por debajo de 100 Hz son mucho más difíciles de escuchar. ⁽⁷⁾

Por esto, para medir sonidos en una escala que aproxime la manera en que oyen las personas, se debe tener en cuenta esta sensibilidad reducida de la audición para ciertas frecuencias.

Para obtener niveles que mantengan una relación estrecha con los enjuiciamientos de sonoridad, la ponderación en frecuencia A se incorpora en los sonómetros para alterar la sensibilidad del aparato respecto a la frecuencia, de manera que sea menos sensible a aquellas frecuencias a las que el oído es menos sensible.

Es decir que para que exista una relación entre la lectura del sonómetros y la sonoridad captada por el oyente, es necesario cambiar su respuesta en frecuencia de tal manera de ajustarlo a la de un oído normal, esto se logra con la ponderación de frecuencia designada mediante la letra A. (Ponderación A). La unidad del nivel sonoro con ponderación A es el decibel A (dBA).

⁽⁷⁾ Environmental Protection Agency; Information on level of environmental noise requisite to protect public health and welfare with an Adequate margin of safety; 1974 March; 550/9-74-004

2. Nivel sonoro continuo equivalente (Leq)

Otro método para cuantificar el ruido ambiental es determinar el valor de un sonido estático con la misma energía sonora de ponderación A, que aquel contenido en un sonido cuyas características varían con el tiempo, este parámetro se denomina nivel sonoro continuo equivalente en un determinado punto de medición de un sonido que cambia con el tiempo, es igual al nivel de un sonido estable equivalente para la misma duración de la medida; es decir un sonido que tiene la misma energía sonora equivalente que el sonido variable realmente medido.

La mayor virtud del Leq es que correlaciona razonablemente bien los efectos del ruido en la población incluso para amplias variaciones en niveles sonoros ambientales y patrones de tiempo.

3. Nivel de exposición sonora

Para un período de tiempo o un suceso determinado, el logaritmo de la relación entre la integración temporal de la presión sonora al cuadrado con ponderación de frecuencias y el producto de la presión sonora en referencia de 20 micropascales (μPa) por la duración de referencia de un segundo. ⁽¹⁾

4. Nivel sonoro día noche (Ldn)

El nivel sonoro día-noche es el nivel de ponderación A para un período de 24 horas con la corrección de 10 dB adicionales para los niveles sonoros que se encuentran entre las 10:00 p.m. a 7:00 a.m.

⁽¹⁾) Harris, Cyril; "Manual de medidas acústicas y control de ruido"; 3º ed.; Ed. Mc. Graw-Hill; 1995; Cap. 2; Pag. 2.11.

Utilización de los descriptores del sonido ⁽⁷⁾

Uso típico	Nombre del descriptor	Naturaleza del descriptor
Para describir sonido condicionado aéreo estático en una habitación o medir nivel sonoro máximo durante el paso de un vehículo con un simple medidor de nivel sonoro.	Nivel ponderado A	La momentánea magnitud del sonido ponderado para aproximarse a la sensibilidad frecuencial del oído
Para describir ruido de una fuente móvil como es un avión, tren o camión.	Nivel de exposición sonora	Suma de la energía de momentáneas magnitudes de sonido asociadas con un evento simple para medir la energía sonora total del evento.
Para medir el nivel de ruido ambiental promedio al cual la persona está expuesta	Nivel sonoro equivalente	El nivel sonoro ponderado A que es equivalente al actual nivel de sonido variable en el tiempo, en el sentido de que tiene la misma energía total para la duración del sonido
Para caracterizar el nivel sonoro promedio en áreas residenciales alrededor del día y la noche	Nivel sonoro día noche	Nivel sonoro equivalente ponderado A para un período de 24 hs con 10 dB adicionales a sonidos de la noche.

⁽⁷⁾ Environmental Protect Agency; Information on level of environmental noise requisite to protect public health and welfare with an Adequate margin of safety; 1974 March; 550/9-74-004

RUIDO Y MOLESTIA

Molestia inducida por ruido

Los ruidos ambientales amenazan al hombre no tanto en la probabilidad de perder la audición, sino a través de una molestia incesante que, en ciertas condiciones, crea una tensión constante e intolerable. No todas las personas expuestas han de quedar sordas, pero nadie escapará al malestar, que es la más extendida y compleja respuesta al ruido.

Se conoce como malestar a toda respuesta desagradable a un estímulo que impresiona los sentidos. Recordemos que se define al ruido como el sonido no deseado, por lo que es probable que siempre cause sensación de malestar, aún cuando no alcance las condiciones para determinar una lesión orgánica. Este concepto va desligado al de intensidad; no por más fuerte será más molesto, o dos ruidos de la misma intensidad pueden causar malestares diferentes.

El hallazgo más común en todas las experiencias ha sido la relación entre el desagrado y la banda de frecuencia del sonido. Las frecuencias más altas, por arriba de los 2000 Hz son más molestas que las frecuencias bajas, si son emitidas y percibidas al mismo volumen. Con respecto a la duración, cuanto más perdure el ruido en el tiempo, mayor es la molestia experimentada. Parecería además que en los ruidos impulsivos el desagrado guarda relación directa con el nivel máximo alcanzado. ⁽²⁾

También son importantes pero más intangibles a la evaluación los aspectos subjetivos del malestar inducido por el ruido, ya que se relacionan estrechamente con el contenido emocional y el grado de novedad que el mensaje auditivo tiene para el individuo que lo recepta; pudiendo haber respuestas emocionales hacia el ruido totalmente desproporcionadas a la intensidad del mismo.

Cuando el ruido perturba la actividad habitual de una persona y especialmente cuando interfiere en la comunicación se intensifican las sensaciones de desagrado.

⁽²⁾ Werner, Méndez, Salazar; "El ruido y la Audición"; 1º ed.; 1990; AD-HOC SRL. ; Cap. 20; Pag. 297.

Según el programa internacional en la seguridad química (WHO 1194), se define un efecto adverso de ruido como un cambio en la morfología y fisiología de un organismo que produce aumentos de deterioros en la susceptibilidad de un organismo a los efectos dañinos de otras influencias medioambientales.⁽⁸⁾

Diferencias entre sonoridad y molestia.

<i>MOLESTIA</i>	<i>SONORIDAD</i>
Es directamente proporcional a la duración de la señal.	Es insensible a la duración de la señal más allá de un cuarto de hora.
Crece y decrece durante períodos de semanas y meses.	Está directamente ligada a la exposición que se produce.
No siempre es una función única de nivel absoluto aislado de una intrusión sonora.	Aumenta monótonamente con el nivel del sonido.

La molestia se describe como una actitud adversa hacia la exposición al ruido, o si se define en términos de conducta, se dice que un ruido es molesto si la persona intenta evitarlo.

La molestia es un fenómeno mucho más complicado que la sonoridad ya que está influida por una variedad de factores acústicos (nivel absoluto, duración, distribución espectral de la energía sonora, fluctuación) y no acústicos (adaptación, grado de implicación en las actividades que se realizan en el momento de la exposición al ruido, actitudes hacia las fuentes de ruido, etc).

⁽⁸⁾ B.Berglund & T.Lindvall; "Center for Sensory Research Stockholm"; 1995; ISSN.1400 2817; ISBN91-887-8402-9.

Aparte de la molestia la gente puede sentir una variedad de emociones negativas cuando se exponen a ruido ambiental, y pueden reportar enojo, desilusión, insatisfacción, impotencia, depresión, distracción, agitación y cansancio.

El ruido puede producir un número de efectos sociales y de comportamiento en personas residentes, además de la molestia. Los efectos sociales y de comportamiento son frecuentemente complejos, sutiles e indirectos. Muchos son asumidos como el resultado de interacciones con un número de variables no auditivas, incluyen cambios en los patrones de comportamiento diario (por ejemplo: cerrar las ventanas, no usar balcones, subir los niveles de la televisión y la radio, escribir peticiones, queja a las autoridades); cambios adversos en el comportamiento social como agresión, hostilidad, despreocupación; cambios adversos en indicadores sociales como movilidad residencial, admisiones hospitalarias, consumos de drogas, proporciones de accidentes; cambios en el humor como menor felicidad y mayor depresión.

Aunque los cambios en el comportamiento social, son asociados con la exposición al ruido, no se cree sea suficiente para producir agresión. Sin embargo, en combinación con la provocación, ira preexistente u hostilidad, puede activarla.

Evidencias consistentes muestran que el ruido sobre 80dBA es asociado con el comportamiento de cooperación reducido y con el incremento de comportamiento agresivo.

Los efectos del ruido comunitario pueden ser estimados evaluando la magnitud de la molestia (alto, moderado, bajo) entre los individuos expuestos, o evaluando la interrupción de actividades específicas como la lectura, mirar la televisión y la comunicación. Las relaciones entre la molestia y las actividades interrumpidas no son necesariamente directas y hay ejemplos de situaciones donde la magnitud de la molestia es baja, a pesar de un alto nivel de actividad interrumpida.

Ciertos estudios han mostrado que iguales niveles de ruido de tráfico e industriales resultan en diferentes magnitudes de molestia.

Debe tenerse cautela al interpretar los datos de los diferentes estudios, ya que deben distribuirse cinco parámetros mayores al azar para que los análisis sean válidos: factores personales, demográficos, y de estilo de vida, así como la duración de exposición al ruido y experiencia de la población con el ruido. La molestia en las poblaciones expuestas al ruido medioambiental varía no solo con las características acústicas del ruido (la fuente, la exposición), sino también, con muchos factores no acústicos de naturaleza social, psicológica o económica. Estos factores incluyen miedo asociado con la fuente del ruido, convicción de que el ruido podría reducirse, sensibilidad individual al ruido, grado al que un individuo se siente capaz para controlar el ruido y si el ruido es originado por una actividad económica importante.

Variables demográficas como la edad, sexo y status socioeconómico, son menos fuertemente asociadas con la molestia. La correlación entre la exposición al ruido y la molestia general es mucho más alto a nivel de grupo que a nivel individual.

Reacciones más fuertes han sido observadas cuando el ruido es acompañado por vibraciones y tiene componentes de baja frecuencia, o cuando contiene impactos como ruido impulsivo.

Reacciones más fuertes también suceden cuando la exposición al ruido es incrementada periódicamente, en contraste con situaciones de exposición a ruido constante.

Resultados de investigaciones acerca de la molestia ⁽⁷⁾

Los estudios de molestia generalmente se basan en los resultados de investigaciones sociológicas algunas de las cuales han sido conducidas entre los residentes de varios países como por ejemplo EE.UU.

La reacción molesta inmediata a eventos de ruido individuales, la cual puede ser estudiada tanto en pruebas de laboratorio o en estudios de campo, no está explícitamente considerada ya que solo los efectos repetidos de

⁽⁷⁾ Environmental Protection Agency; Information on level of environmental noise requisite to protect public health and welfare with an Adequate margin of safety; 1974 March; 550/9-74-004

molestia por estímulos ambientales pueden conducir a efectos negativos en la salud y bienestar.

Aunque es conocido que la reacción molesta a largo término a cierto ambiente puede ser influenciada en alguna medida por la experiencia de resientes eventos molestos aislados, las investigaciones sociológicas intentan reflejar una respuesta integral sobre un determinado ambiente y no la respuesta a eventos individuales.

Cada investigación social intenta hacer una correlación entre la molestia y los niveles exteriores de ruido en áreas residenciales.

Los resultados muestran que las respuestas individuales varían ampliamente para el mismo nivel de ruido; pero, promediando las respuestas sobre investigaciones enteras se obtienen relaciones funcionales casi idénticas entre respuestas humanas y niveles de ruido tanto para el total de la población inspeccionada como para los grupos que tienen respuestas neutrales.

En la mayoría de los casos la respuesta global promedio puede ser interpretada como la respuesta global promedio durante un período de vida; es decir, que esta respuesta hace, en alguna medida expresa la respuesta individual, por lo tanto, refleja los efectos que más probablemente afecten la salud.

EFFECTOS DEL RUIDO SOBRE EL APARATO AUDITIVO

Se cree que el ruido, tanto dentro del lugar de trabajo como fuera de él, explica más casos de afección auditiva que todas las otras causas combinadas.

El deterioro de la audición se define típicamente como un aumento en el umbral auditivo. Se evalúa a través de la audiometría. El impedimento auditivo es la desventaja impuesta por el deterioro auditivo suficiente como para afectar a uno en la eficacia personal del vivir cotidiano. Esto es usualmente expresado por lo que se refiere a la comprensión del discurso convencional en los niveles comunes de ruido de fondo. (ISO 1990) ⁽⁸⁾

Los efectos perjudiciales del ruido se pueden clasificar como psicológicos (molestia, síntomas de estrés) enmascaramiento (imposibilidad de registrar otros sonidos) y problemas fisiológicos. Este último rango va desde daño en el oído interno por el aumento de la presión sanguínea, un incremento de las funciones metabólicas y del ritmo respiratorio hasta dolores de cabeza, náusea, tensión muscular, cansancio y nervosidad. ⁽⁹⁾

DAÑO AUDITIVO INDUCIDO POR RUIDO

La exposición al ruido daña en primer lugar las células ciliadas externas del órgano de Corti y más tarde afecta a sus células ciliadas internas, el epitelio sensorial y vascular de la cóclea y los vasos capilares. Finalmente el órgano de Corti desaparece y es reemplazado por una capa de células epiteliales simples.

Gravendeel y Plomp sugirieron que el daño auditivo inducido por ruido a largo plazo representa una acumulación gradual de microtraumatismos por ruido, una célula ciliada puede perderse hoy, otra dentro de unos días, y así sucesivamente, por lo que si bien no puede medirse el efecto de la exposición de un solo día, después de varios años la pérdida acumulada de

⁽⁸⁾ ⁽⁹⁾ B.Berglund & T.Lindvall; "Center for Sensory Research Stockholm"; 1995; ISSN.1400 2817; ISBN91-887-8402-9.

⁽⁹⁾ H. Engström & B. Engström; "Exposición al ruido"; Breve estudio de algunas enfermedades comunes o importantes del oído; Topholm & Westermann; Vaerloese, Dinamarca; 1979.

células ciliadas por estos microtraumatismos pasa a ser significativa. Habitualmente la primera frecuencia audiométrica en la que existe una pérdida de audición detectable es 4000 Hz. A medida que aumentan los años de exposición al ruido, la pérdida a 4000 Hz se hace más pronunciada pero se restringe al rango de frecuencias de 3000 a 6000 Hz. Con mayor exposición la pérdida continúa aumentando y se extiende sobre una gama más amplia de frecuencia.

Cambios anatómicos del aparato auditivo

Los cambios pueden ir desde un cambio moderado en las estereocilias de las células ciliadas hasta la completa destrucción del órgano de Corti y la membrana de Reissner, aunque las mayorías de las veces no se observan cambios óseos, nerviosos o capilares.

El cuadro general será causado porque el aparato auditivo ha vibrado con una amplitud demasiado intensa y la severidad de la lesión resultante se relaciona tanto con la duración de la exposición como con el grado en el cual la amplitud excedió el umbral hipotético de lesión.

Las lesiones auditivas inducidas por acción del ruido, producen hipoacusias perceptivas, el daño radica en el órgano neurosensorial auditivo. Esto requiere de tres factores importantes: un ruido de una presión sonora suficiente, que actúa durante un tiempo necesario, sobre un oído con una susceptibilidad característica.

Covell y col. (Davis y col., 1953; Eldredge y col. , 1958, 1961) desarrollaron una escala de nueve puntos para determinar el grado de lesión debida a ruidos.

Los *valores 1 y 2*, representan los niveles dentro de los límites normales.

Los *valores 3 y 4*, picnosis de las células ciliadas, tumefacción moderada y cierta redistribución de las estereocilias con desplazamiento de las células de sostén y una fina capa de células en la superficie basal de la membrana basilar. Es probable que éstos cambios sean todos reversibles y representen a la fatiga auditiva.

Los *niveles 5 y 6*, denotan gran tumefacción, desintegración y picnosis de las células ciliadas externas, gran desplazamiento y fractura de las estereocilias que suelen fusionarse en cilias gigantes; separación parcial y desaparición de gran parte de las células de sostén. Todo esto causa tanta presión sobre las células ciliadas externas que aparentemente son expulsadas del órgano de Corti, dejando orificios en la lámina reticular que en pocas horas son reemplazados por cicatrices falángicas.

En el *nivel 7*, algunas células ciliadas están totalmente ausentes, las células de sostén separadas de la membrana basilar y no se observan células mesoteliales.

Un *nivel 8*, indica mayor pérdida de células ciliadas, incluso de las más internas y ruptura de la membrana de Reissner.

El *nivel 9*, señala que todas las células ciliadas están destruidas y que el órgano de Corti está totalmente colapsado, separado de la membrana basilar o ausente.

La lesión coclear no puede ser evaluada solamente por un estudio de la pérdida sensorial, debe ser también examinado el efecto del daño en los capilares y células sensoriales de las terminaciones nerviosas. ⁽¹⁰⁾

Fisiopatología ⁽²⁾

La principal lesión se localiza en un segmento de 10 mm de la cóclea, que corresponde a la zona de la audición de los tonos agudos, de frecuencia 4000 Hz. Con el microscopio óptico se observa la comentada pérdida de la cilias y una lesión radial de las fibras nerviosas.

Las causas que explican la lesión que produce la exposición al ruido, así como la razón de la localización de la misma en la zona de los 4000 Hz, han sido motivo de interesantes teorías.

Para Vogel y Fowler, en la zona donde asientan las células que son excitadas por la frecuencia 4000 Hz, existe un espacio con escasa

⁽¹⁰⁾ H. Engström & B. Engström; "Acción de las células sensoriales del oído interno"; La audición: algunas palabras sobre su función y estructura; Topholm & Westermann; Vaerloese, Dinamarca; 1979.

⁽²⁾ Werner, Méndez, Salazar; "El ruido y la Audición"; 1º ed.; 1990; AD-HOC SRL. ; Cap. 6; Pag. 80.

vascularización, por coincidir con la bifurcación de la arteria coclear en sus ramas basal y apical.

Basándose en la teoría de la onda deslizante de Von Békésy, Ruedi y Furrer, consideraron que los ruidos de gran intensidad provocarían que la onda aplane la membrana basilar en la zona de los 4000 Hz.

También Lenhardt considera que la zona 4000 Hz es la más vulnerable, debido a que allí las vibraciones sacuden más vigorosamente a la membrana basilar, por lo cual, todas las frecuencias por debajo de 4000 Hz contribuirán y se sumarán en sus efectos a la misma.

El papel de los factores de vasoconstricción en la hipoacusia inducida por ruido también ha sido objeto de atención.

Hawkins demostró que la hipoxia prolongada da lugar a deterioros similares a los que produce el ruido. Merle Lawrence investigó la microcirculación coclear, destacando el papel de los capilares de la estría vascular de la membrana basilar, que llevan a las células neurosensoriales el oxígeno y los nutrientes necesarios para mantener el equilibrio iónico y la carga eléctrica para la transducción. El diámetro de los vasos de la estría vascular es de 10 micrones, lo que los hace fácilmente bloqueables. El ruido, a partir de cierta intensidad produciría un edema de las células endoteliales de éstos capilares, que causaría a su vez atascamientos de los eritrocitos y formación de microtrombos. De ésta manera se originaría la anoxia que daña a las células.

Hamberger, Hyden y Kluyskens dirigieron sus esfuerzos a estudiar las alteraciones metabólicas que se producen en los animales de experimentación expuestos al ruido. En general, se ha demostrado una disminución e inhibición del metabolismo de los ácidos nucleicos de las células del órgano de Corti y del ganglio espiral. El descenso del ARN es incluso proporcional al estímulo sonoro.

Giges y col. , experimentando sobre trauma acústico en animales, encontraron una disminución precoz de los mucopolisacáridos ácidos y un agotamiento paulatino de las reservas de glucógeno, como expresión de la destrucción celular. No han hallado alteraciones de la membrana tectoria.

En conclusión, es probable que en la patogenia del daño auditivo por ruido actúen factores de la dinámica del líquido peri y endolinfático, factores metabólicos celulares y factores circulatorios.

Wiener y Ross citan otra teoría: el canal auditivo actúa como caja de resonancia y amplifica frecuencias entre 2000 y 5000 Hz por 10 dB o más, éste efecto tiene un máximo cerca de los 2500 Hz, en consecuencia los tonos puros en la región de frecuencias desde 2000 a 3000 Hz llegan al oído interno a una intensidad mayor que los tonos de frecuencias mayores o menores y estos tonos producen su efecto máximo en el área a 10 mm.

DESPLAZAMIENTO TRANSITORIO DEL UMBRAL AUDITIVO

El desplazamiento del umbral se refiere a la diferencia entre los niveles del umbral de audición medidos antes y después de la exposición al ruido.

En el desplazamiento temporal del umbral observamos una elevación de los niveles auditivos ocasionado por una pérdida de la sensibilidad auditiva luego de la exposición al ruido; esta pérdida de la audición es reversible. La magnitud del desplazamiento depende del tiempo transcurrido entre el cese de la exposición al ruido y la medida del umbral luego de la exposición.

Los desplazamientos temporales suelen estimarse unos dos minutos después de la exposición, para evitar la influencia de otros procesos que puedan afectar la audición, como por ejemplo; adaptación neuronal y sensibilización subjetiva.

Existen factores que afectan al desarrollo del desplazamiento temporal del umbral como por ej. el *nivel sonoro*, para la exposición a ruido de niveles de presión sonora moderado (80 a 105 dB) durante menos de 8 hs, el desplazamiento temporal del umbral aumenta linealmente a medida que aumenta el nivel de presión sonora del ruido.

En cuanto a la *duración* de la exposición se han realizado experimentos exponiendo a humanos a niveles de ruido de octavas entre 80 y 90 dB durante 8 hs y más, el desplazamiento temporal del umbral aumenta a medida que aumenta la exposición hasta cierto límite temporal y

luego se estabiliza, esto se logra después de 8 a 12 hs de exposición. Este desplazamiento estabilizado aumenta 1,7 dB por cada dB de aumento del nivel de la banda de octava, salvo para niveles iguales o superiores a 100 dB donde el desplazamiento aumentará más rápidamente a medida que aumenta el nivel de la octava y ya no se mantiene la relación equivalente.

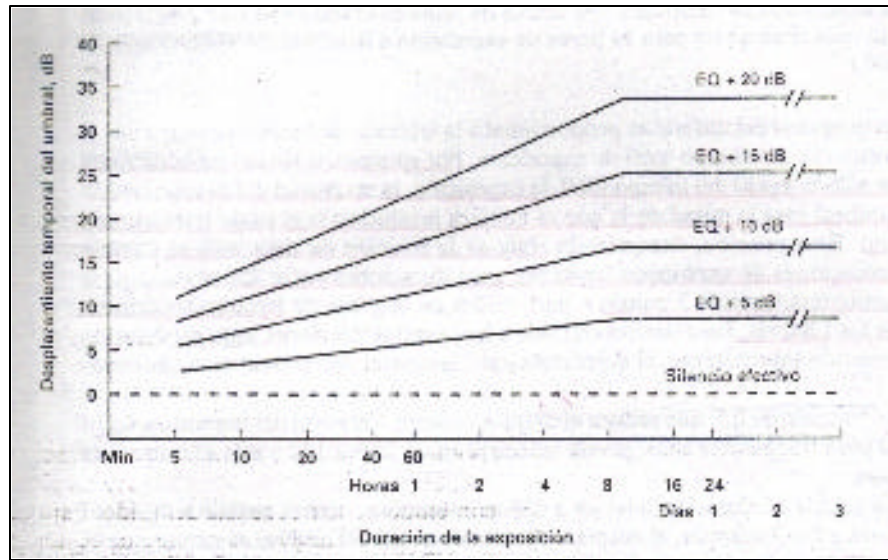


Figura 8: Desplazamiento temporal del umbral humano.

La Figura 8 muestra el patrón de desarrollo idealizado del desplazamiento temporal del umbral humano para frecuencias que producen un efecto máximo en función del nivel y la duración de la exposición al ruido.

Las condiciones de exposición capaces de producir desplazamientos que persistan durante 2 min. o más (Niveles de presión sonora iguales o superiores a 80 dB) producen desplazamientos máximos en frecuencias por encima de la del sonido estimulador y cambios insignificantes para frecuencias por debajo de éste. El efecto máximo suele medirse entre media y una octava por encima de la frecuencia superior de la banda de ruido, si la banda de ruido es ancha y plana el desplazamiento máximo ocurre en un rango de frecuencias entre 3000 y 6000 Hz.

Cuanto más alta es la *frecuencia* del sonido (al menos hasta 6000 Hz) produce un mayor desplazamiento del umbral.

Bajo condiciones de *ruido fluctuante* el desplazamiento del umbral estará en relación con el nivel medio de presión sonora y no con la cantidad de energía.

Para *ruido impulsivo* el desplazamiento temporal del umbral aumenta con el nivel pico de presión sonora y es proporcional al número de impulsos más que al período total de tiempo a lo largo del cual se hayan experimentado estos impulsos, el desplazamiento máximo se produce cuando el intervalo entre pulsos es de aproximadamente un segundo.

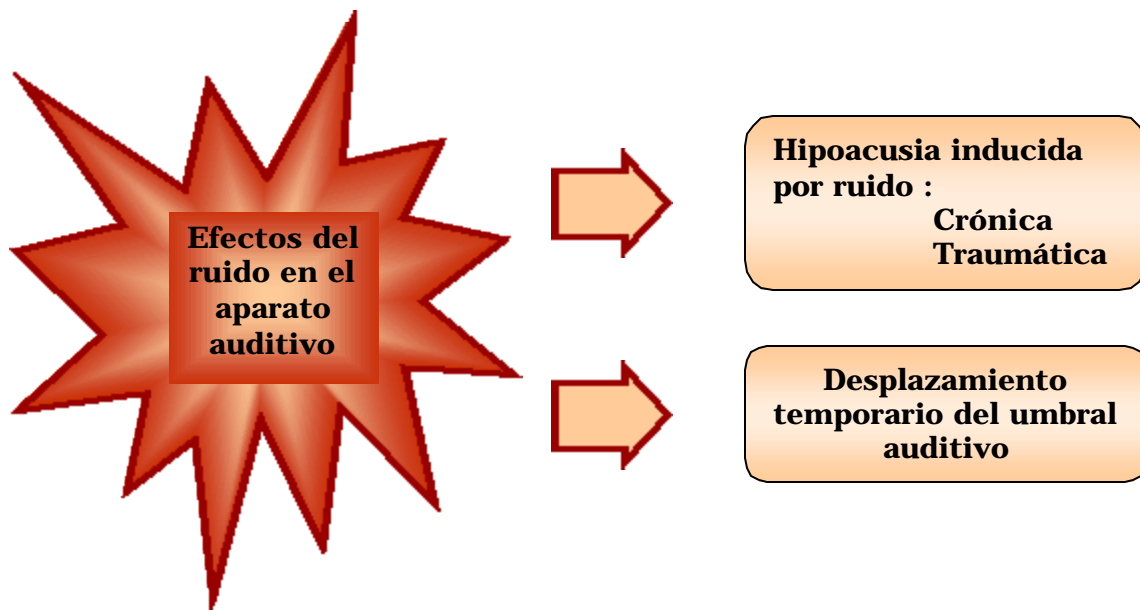
Cuando existen intervalos entre los pulsos más largos da lugar a una recuperación de las células ciliadas que en el impulso sufren la hipoxia y por ende a una recuperación del desplazamiento del umbral, además la contracción por efecto del reflejo estapedial atenúa la energía sonora transmitida a la cóclea.

TRAUMA ACÚSTICO AGUDO (2)

En este caso actúa sobre el oído una energía sonora concentrada pero de tal intensidad que será suficiente para lesionarlo. El daño puede ser uni o bilateral.

La lesión del oído está provocada por la acción de energía sonora intensa y brusca sumada a otros factores, y que por lo tanto afectan a todas las estructuras del oído. Al ruido en sí se asocian los cambios bruscos de presión, las vibraciones, y en el caso específico de explosiones con desprendimiento de calor, la energía radiante. Existe un momento de inicio bien delimitado en el tiempo y la hipoacusia se instala en forma inmediata al accidente. Puede ser bilateral, pero lo común es que afecte al oído más expuesto a la onda expansiva.

Si hay desplazamiento del aire ambiental, se mueven en forma brusca los huesecillos de la caja timpánica que pueden desarticularse, desinsertarse la platina del estribo de la ventana oval o romperse la membrana timpánica.



CÁLCULO DE LA EXPOSICIÓN AL RUIDO MÁXIMO ACEPTABLE ⁽⁷⁾

Los tres mejores estudios científicos que han intentado evaluar el daño auditivo por varias exposiciones al ruido, están basados en la comparación de grupos de gente expuesta al ruido con un grupo comparable de no expuestos y han intentado predecir la pérdida auditiva como una función de la exposición al ruido.

Se intentó estimar cual era el nivel de exposición preservable que podría producir pérdida auditiva mínima: menos de 5 dB en los 4000 Hz para el 96% de las personas. Se calculó que 40 años de exposición (250 días de trabajo por año) a un nivel de ruido de 73 dB durante 8 hs por día produce una pérdida auditiva de 5 dB para el 96% de las personas.

Sin embargo para aplicar esto a situaciones específicas deben aplicarse ciertas correcciones, por ejemplo para determinar el nivel anual (365 días) se realiza una reducción de 1,6 dB. La corrección basada en una exposición de 24 hs en lugar de 8 hs produce una reducción adicional de 5 dB. Así para un individuo que experimenta intensas exposiciones de ruido

⁽⁷⁾ Enviromental Protect Agency; Information on level of environmental noise requisite to protect public health and welfare with an Adequate margin of safety;1974 March; 550/9-74-004

fuera de las hs de trabajo la protección en 24 hs base 365 días por año, requiere exposición a un nivel equivalente de menos de 71,4 dB. Este valor es redondeado a 70 dB para proveer un ligero margen de seguridad, exposiciones a mayores niveles pueden producir más de 5 dB de pérdida auditiva en al menos algunas de las personas.

TASAS DE INTERCAMBIO Y DOSIS DE RUIDO

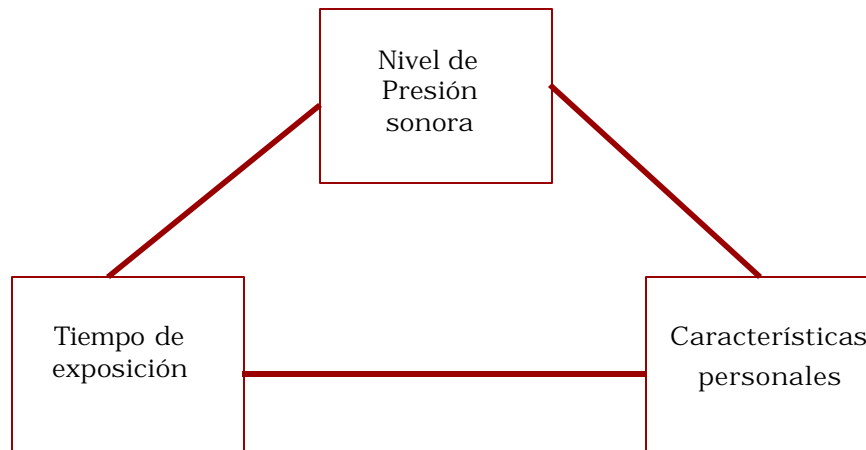
Una **tasa de intercambio** expresa cuanto tendría que aumentar o descender el nivel sonoro para mantener una medida seleccionada de riesgo de pérdida auditiva cuando se duplica o se reduce a la mitad la duración de la exposición; las tasas de intercambio que se utilizan para ello son las de 3 y 5 dB.

Tasa de intercambio de 3 dB: Asume que la lesión es proporcional a la energía total con ponderación A absorbida por el oído. Un aumento de 3 dB duplica la energía; por tanto, de acuerdo con ésta regla, un aumento de 3 dB en el nivel sonoro con ponderación A al que la persona está expuesta es equivalente a duplicar la duración de la exposición

Tasa de intercambio de 5 dB: contrariamente a la relación anterior los experimentos que utilizan los desplazamientos temporales del umbral inducidos por el ruido han indicado que la reducción a la mitad del tiempo de exposición, permite un aumento medio de 5 dB en el nivel sonoro con ponderación A para un efecto constante, aunque el valor exacto depende de la duración específica y el nivel sonoro particular.

Dosis de ruido

La existencia de la hipoacusia inducida por ruido se sustenta sobre el siguiente esquema:



Cabe suponer que cuanto más tiempo permanezca una persona en un lugar ruidoso, mayores son las posibilidades de padecer de hipoacusia inducida por el ruido, de igual forma ocurre con el nivel de presión sonora: a mayor nivel, mayor deterioro auditivo. De la interrelación de estos dos factores surge el concepto de dosis de ruido.

Se ha comprobado que no son solo los niveles de ruido, sino las dosis las que originan las hipoacusias inducidas por ruido, siendo el tiempo de exposición tan importante como el nivel sonoro. Esta teoría, llamada de la “igualdad de energía”, sostiene que el daño es proporcional a la dosis acumulada a lo largo de la vida y supone que los efectos sobre el oído son una función de la energía total, sin considerar la distribución en el tiempo.

Por lo tanto, como dijimos anteriormente según la tasa de intercambio de 3 dB, cada vez que se divide por dos el tiempo de exposición, la energía puede duplicarse (aumento de 3 dB), o viceversa, cada vez que se reduzca 3 dB la energía, el tiempo de exposición puede ser duplicado.

La dosis de ruido suele expresarse como un porcentaje de la exposición diaria máxima permisible al ruido; es una combinación de un nivel sonoro continuo equivalente estable con ponderación A y la duración de la exposición correspondiente.

Estimación de la limitación auditiva inducida por el ruido (Norma ISO 1999) ⁽¹¹⁾

Esta norma impuso un método para calcular el desplazamiento permanente del umbral inducida por el ruido para frecuencias entre 500 y 6000 Hz para un nivel de presión sonora continuo equivalente con ponderación A, para una jornada laboral de 8 hs entre 75 y 100 dB.

Las fórmulas de ésta norma se aplican a períodos de exposición sonora entre 0 y 40 años. El método se aplica a ruidos estables, intermitentes, fluctuantes, irregulares o impulsivos y aporta las bases para calcular la limitación auditiva de acuerdo con las distintas fórmulas empleadas en diferentes países.

DETERIORO AUDITIVO INDUCIDO POR RUIDO URBANO⁽⁷⁾

Determinar los niveles de exposición que protejan al oído con un margen adecuado de seguridad es una materia complicada no solo por lo complejo del mecanismo auditivo sino, porque el ruido medioambiental puede variar considerablemente de momento a momento, por lo que la especificación de los niveles de protección debe incluir estas consideraciones dinámicas.

Sin embargo está faltando un acuerdo completo dentro de la comunidad científica en éstas materias, el esfuerzo es así considerando suposiciones alternativas e hipótesis para asegurar que los métodos usados en los niveles de protección sean basados sobre la practica más defendible.

⁽¹¹⁾ "Acoustic -Determination of occupational noise exposure and estimation of noise-induced hearing impariment", ISO 1999:1990, International Organization for Standarization, CH-1211 Ginebra 20, Suiza, 1990

⁽⁷⁾ Enviromental Protect Agency; Information on level of environmental noise requisite to protect public health and welfare with an Adequate margin of safety;1974 March; 550/9-74-004

EFFECTOS DEL RUIDO SOBRE LAS ACTIVIDADES HUMANAS

El ruido produce una serie de afectos sobre las actividades del hombre que van desde la comunicación hablada hasta diversas tareas intelectuales, el efecto depende de varios factores como por ejemplo del tipo de ruido, la exigencia de la tarea, etc.

EFFECTO DEL RUIDO EN LA COMUNICACIÓN HABLADA

Una de las consecuencias más serias del ruido es que impide o dificulta comprender lo que otras personas dicen ya sea cara a cara, o por teléfono. La comunicación es un elemento esencial de la sociedad humana, y el discurso es la forma más conveniente de su expresión. La interferencia con el discurso puede degradar directamente perturbando las normales actividades sociales y laborales, e indirectamente causando molestia y estrés.

Inteligibilidad del habla

La interferencia del ruido en la comprensión del discurso produce un gran número de dificultades personales, impedimentos y cambios del comportamiento. Los problemas en la concentración se identifican como: fatiga, incertidumbre, falta de confianza en si mismo, irritación, equivocaciones, capacidad activa disminuida, problemas en las relaciones humanas y varias reacciones de tensión.

El porcentaje de palabras o frases correctamente entendidos, se denomina inteligibilidad, y ésta es indispensable para obtener una correcta comunicación oral. No es necesario entender la totalidad de la información para obtener buena inteligibilidad, sobre todo cuando los oyentes conocen el idioma y el tema.

En las condiciones que plantea la vida diaria la inteligibilidad del discurso es influenciada por el nivel de presión sonora del discurso, pronunciación, distancia entre hablante y oyente, y en alguna magnitud

otras interferencias como el ruido de fondo y las características reverberantes del cuarto.

En la emisión de la palabra, el rango de niveles sonoros utilizados va de 40 a 80 dB. Al tratar de comunicarse en ambientes muy ruidosos, es necesario elevar el nivel de la palabra hasta alcanzar o superar al ruido de fondo. Es decir que, si por ejemplo, en un ambiente hay un ruido de fondo de 95dBA, para tratar de comunicarse se deberá gritar a 95 o tal vez a 98dBA, si se pretende que el mensaje sea comprendido.

En cuanto al nivel de presión sonora, el mensaje, para ser inteligible, debe superar el umbral de audibilidad, pero no superar el punto de sobrecarga. Se denomina sobrecarga a aquel nivel por encima del cual la audición no responde correctamente a los estímulos y comienza a distorsionar. La inteligibilidad entre 0 y 50 dB aumenta; entre 50 y 90 dB se mantiene; con más de 90 dB decrece (sobrecarga).

Factores que afectan la inteligibilidad

Principalmente son el espectro y la estructura temporal del habla y del ruido, el nivel de la voz del hablante, la distancia entre hablante y oyente, y la familiaridad de éste con las palabras que use quien habla.

También son importantes los factores lingüísticos y pragmáticos como el contenido del mensaje, el contexto en que se produce, los dialectos entre el hablante y el oyente, la claridad de la articulación, e incluso el estado emocional o el grado de estrés del hablante que produce cambios en su conducta verbal, y por lo tanto, cambios en la inteligibilidad del habla.

Relación entre el discurso y el ruido

Los niveles vocales se elevan aproximadamente de 3 a 6 dB por cada 10 dB de aumento en el nivel sonoro por encima de 50dBA. Si es importante comprender todo lo que dice el hablante, el nivel de la voz puede elevarse hasta 10 dB por cada 10 dB en el nivel de ruido. La mayoría de las personas con audición normal puede comunicarse razonablemente bien con relaciones “habla-ruido” (diferencia entre el nivel del discurso y el nivel de presión sonora del ruido de interferencia), de aproximadamente 15 a 18 dB, pero

personas con limitaciones auditivas, incluso leves tienen mucha más dificultad para comprender el habla en estas condiciones.

Además, como las personas automáticamente aumentan su voz para superar el efecto del ruido sobre el discurso, aumenta el esfuerzo vocal imponiendo en el hablante una tensión adicional.

Distancia entre los hablantes para un discurso entendible según el nivel de presión sonora del ruido de fondo

Metros de distancia en la comunicación	0.5	1	2	3	4	5
Voz normal	72 dB	66 dB	60 dB	56 dB	54 dB	52 dB
Voz aumentada	78 dB	72 dB	66 dB	62 dB	60 dB	58 dB

Si los niveles de ruido de fondo son excedidos, los hablantes pueden acercarse o esperarse una reducción de la inteligibilidad. Por ejemplo, considerando una conversación a un esfuerzo vocal normal a una distancia de 3 metros con un ruido de fondo estable de 56 dB, si el nivel de fondo se incrementa a 66 dB, los hablantes deberán acercarse aproximadamente un metro para mantener la misma inteligibilidad, o alternativamente aumentar apreciablemente sus voces. Si ellos permanecen apartados 3 metros sin aumentar sus voces, la inteligibilidad del discurso caerá considerablemente.

La interferencia del discurso es básicamente un proceso de enmascaramiento, la interferencia del ruido hace que el discurso sea incapaz de entenderse.

A mayor nivel de ruido “enmascarador” y mientras mayor sea la energía que contenga en las frecuencias principales del discurso (100-6000 Hz), mayor será el porcentaje de sonidos que se volverá indiscriminable.

El ruido medioambiental también puede enmascarar muchos otros sonidos importantes para la vida diaria como sonidos del teléfono, despertadores, alarmas de fuego y otros signos de advertencia, y música.

El efecto enmascarante del ruido que interfiere en la discriminación es más pronunciado para las personas dañadas auditivamente que para las personas con oído normal.

RENDIMIENTO HUMANO Y RUIDO

No hay estudios publicados sobre si el ruido ambiental perjudica el rendimiento cognitivo en el adulto, los accidentes pueden ser un indicador del déficit en el rendimiento, pero los pocos estudios de campo acerca de los efectos del ruido sobre el rendimiento y la seguridad mostraron que el ruido puede producir algunos deterioros de tareas e incremento del número de errores de errores es el trabajo, pero los efectos dependen del tipo de ruido y de las tareas que se realizan. ⁽⁸⁾

El ruido produce una serie de efectos positivos y negativos sobre el rendimiento, el resultado final dependerá no solo del tipo de ruido sino también, de las exigencias de la tarea. Por ello, factores como el nivel de familiaridad de la persona con el trabajo, el grado en que la ejecución depende del uso de palabras, la medida en que las distintas partes de la tarea planteen exigencias contradictorias sobre la atención, el tiempo que se ha estado ejecutando la tarea, y algunos otros determinan el grado de alteración. Otros agentes y factores que determinan la reactividad de la persona o el nivel de activación (como la pérdida de sueño o el estado de ánimo) modifican la respuesta normal frente al ruido.

Generalmente, los ruidos inesperados y desconocidos tienen sobre el rendimiento humano efectos perjudiciales de corta duración. Activar y desactivar el ruido tiene un efecto que es proporcional al cambio en el nivel del sonido del ruido.

Los golpes de ruido deterioran la ejecución sobre todo si coincide con la adquisición de la información por parte de la persona, pero puede existir un pequeño efecto incluso cuando la información ya ha sido registrada.

⁽⁸⁾ B.Berglund & T.Lindvall; "Center for Sensory Research Stockholm"; 1995; ISSN.1400 2817; ISBN91-887-8402-9.

A medida que los golpes de ruido se hacen frecuentes pueden tener un efecto distractor inicialmente, pero cuando la persona lleva un rato trabajando, pueden tener un efecto alertador.

Muchas tareas sencillas que requieran discriminaciones relativamente fáciles o decisiones sin presión de tiempo son inmunes a los efectos del ruido continuo, incluso cuando los niveles de ruido exceden los 100 dB. En cambio, pueden encontrarse efectos a niveles tan bajos como 85 dB si la tarea contiene algún elemento de comparación y recuerdo de cosas.

Si hay que realizar más de una tarea simultáneamente, el ruido llevara la atención de la persona solo hacia la tarea más dominante; la eficacia de un elemento de la ejecución puede mejorar con el ruido, pero a costa del de menor prioridad, al que no se responderá o se hará lentamente.

El estado general de activación del individuo configura el grado de alteración producido por el ruido continuo; la cantidad de pérdida de sueño contrarresta el efecto habitual, y el estado de ánimo de la persona puede tener efectos positivos y negativos.

En todos los casos el habla irrelevante afecta al rendimiento incluso con niveles sonoros tan bajos como 55 dB reduciendo la capacidad de procesamiento disponible. El significado del habla es importante de forma que si no es comprensible no habrá distracción.

Entre los efectos cognitivos, lectura, atención y solución de problemas son los mas fuertemente afectados por el ruido. Los efectos observados sobre la motivación como la persistencia de la medición de la tarea cognitiva difícil pueden ser secundarios o independientes a los deterioros cognitivos mencionados anteriormente. ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Harris, Cyril; "Manual de medidas acústicas y control de ruido"; 3º ed.; Ed. Mc. Graw-Hill; 1995; Cap. 24; Pag. 24.24.

EFFECTOS ADVERSOS DEL RUIDO SOBRE LA SALUD

El conocimiento en este campo no ha estado a la altura de los avances en el conocimiento de la relación entre el ruido y la audición. Los estudios sobre los efectos fisiológicos contienen dificultades de observación e interpretación ya que cuando los estudios son de laboratorio la proyección a situaciones de la vida real puede inducir a error y en los estudios de campo de situaciones humanas reales, las condiciones de un control adecuado pueden alcanzar inalcanzables.

EFFECTOS FISIOLÓGICOS DEL RUIDO

Los efectos fisiológicos se subdividen en a corto y a largo plazo. Los efectos a corto plazo pueden sobrepasar apenas la duración del ruido o pueden persistir durante períodos breves, medibles en minutos. Los efectos a largo plazo pueden durar horas, días o incluso más tiempo.

Las reacciones de alerta de los sistemas nervioso central y vegetativo juegan un papel importante, éstas son de naturaleza fisiológica y no patológica, los patrones de reacción pueden parecerse a los efectos de cualquier carga estresante.

Efectos a corto plazo

Estos efectos pueden describirse adecuadamente en tres categorías de respuesta frente a un ruido sin significado o no identificado:

- Respuesta de sobresalto: es el resultado de un estímulo sonoro de suficiente intensidad y rapidez de aparición.
- Reflejo de orientación: es la respuesta a un estímulo no familiar que es por lo tanto evaluado como un daño potencial.
- Reflejo de defensa: está provocado por un estímulo sonoro intenso que se interpreta como dañino. Supone una preparación para defensa, ataque o huida.

Efectos a largo plazo

Algunos han sido atribuidos a la estimulación repetida que produce respuestas a corto plazo que se asume tienen efectos acumulativos. La situación de los efectos a largo plazo está cargada de incertidumbre respecto a la especificidad del ruido que causa los efectos y la importancia de éstos.

PERTURBACIÓN EN EL SUEÑO

En un estudio que investigó las bases fisiológicas de los efectos del ruido sobre el sueño, mediante registros poligráficos se observó que incluso después de más de 5 años de exposición al ruido, se observaron reacciones cardíacas en personas que vivían en carreteras transitadas, en la mayoría de los casos no se producía habituación de las respuestas agudas al ruido generado por vehículos pesados. La exposición continuada a ruidos de niveles altos durante las horas diurnas tiene efectos posteriores sobre el sueño inalterado de la noche siguiente; durante el día, el electroencefalograma de la actividad espontánea inducida por el ruido reflejó vigilia tensa y fatiga intensificada. Los datos recogidos durante las noches posteriores muestran la influencia sobre el sueño en términos de un proceso de recuperación de larga duración. ⁽¹⁾

Se conoce el sueño ininterrumpido como un requisito previo para el buen funcionar fisiológico y mental de personas saludables; por otro lado, se considera que la perturbación del sueño, está dada por el efecto del ruido medioambiental.

Se estima que el 80-90% de los casos informados de perturbación de sueño en ambientes ruidosos son de otra manera por razones originadas fuera de la casa.

Los efectos de perturbación de sueño primarios son: dificultad para dormirse (aumento del tiempo de latencia de sueño); despertares; y alteraciones de fases del sueño o profundidad, sobre todo una reducción en la proporción del REM - sueño (REM = movimiento rápido del ojo)

⁽¹⁾ Harris, Cyril; "Manual de medidas acústicas y control de ruido"; 3º ed.; Ed. Mc. Graw-Hill; 1995; Cap. 25; Pag. 25.16.

Otros efectos fisiológicos primarios que también pueden ser inducidos por el ruido durante el sueño, incluyen aumento de la presión de sangre, aumento de la proporción del corazón; aumento de la amplitud del pulso digital; vasoconstricción; cambios en la respiración; arritmia cardíaca; y un aumento en los movimientos del cuerpo.

La exposición al ruido durante la noche también induce a efectos secundarios que pueden medirse el día siguiente a la exposición nocturna mientras el individuo está despierto. Estos incluyen: percepción de la calidad de sueño reducida; aumento de fatiga; mal o buen humor; y disminución del rendimiento.

Los efectos a largo plazo en lo psicosocial han sido relacionados también con la exposición al ruido durante la noche. La molestia del ruido durante el tiempo nocturno aumentó lo expresado en molestia de ruido total por las personas en las siguientes 24 h.

Varios estudios también han mostrado que las personas que viven en las áreas expuestas a ruido nocturno utilizan sedantes o píldoras para dormir. Otros efectos del comportamiento frecuentemente informados incluyen las ventanas de la habitación cerradas y uso de protectores de oído personales.

Una reciente investigación japonesa se dirigió en 3600 mujeres (entre 20 a 80 años) que viven en ocho zonas a orillas del camino con diferente ruido de tráfico, mostró que se percibieron cuatro medidas de calidad de sueño (dificultad para dormir; se despertaban durante el sueño; se despertaban demasiado temprano; sentimientos de insomnio uno o más días a la semana) correlacionados significativamente con los volúmenes medio de tráfico durante la noche.

El estudio mostró que el ruido de tráfico de camino a más de 30 dB Leq para la noche indujo a una perturbación del sueño. Los meta-análisis de campo y estudios de laboratorio han sugerido que hay una relación entre el nivel sonoro equivalente para un solo evento de ruido nocturno y un porcentaje de las personas que se despiertan, o quienes mostraron cambios de fase de sueño.

Todos estos estudios asumieron que el número de despertares por noche para cada valor del SEL es proporcional al número de eventos de ruido del tiempo nocturno.

Para el ruido de tráfico de camino, la calidad de sueño percibida está relacionada con el tiempo que necesitó la persona para dormirse y el tiempo de sueño total.

Los estudios también han mostrado que la frecuencia de los despertares inducidos por el ruido disminuyen durante las primeras ocho noches consecutivas.

Hasta ahora, la habituación se ha mostrado para los despertares, pero no para la proporción de los efectos sobre el corazón y sobre los efectos como la percepción de la calidad de sueño, humor y rendimiento.

Se cree que para un buen dormir, los niveles de presión sonora interiores no deben exceder aproximadamente 45 dB Lamax más de 10-15 veces por noche, y la mayoría de los estudios muestra un aumento en el porcentaje de despertares a los valores de SEL de 55-60 dBA.

El carácter intermitente del ruido tiene que ser tenido en cuenta al poner los límites de tiempo nocturno para la exposición al ruido.

Por ejemplo, esto puede lograrse por el número considerado de eventos del ruido y la diferencia entre el nivel de presión sonora máximo y el nivel de fondo de estos eventos.

También debe prestarse atención especial a las siguientes consideraciones:

a. Las fuentes del ruido en un ambiente con un nivel bajo de ruido de fondo. Por ejemplo, tráfico nocturno en las áreas residenciales suburbanas.

b. Ambientes donde se produce una combinación de ruido y vibraciones. Por ejemplo, ruido de ferrocarril, o vehículos pesados.

c. Las fuentes con componentes de baja frecuencia. Las perturbaciones pueden ocurrir aunque el nivel de presión sonora durante la exposición esté debajo de 30 dBA.

Para evitar efectos negativos en el sueño el nivel de presión sonora equivalente no debe exceder 30 dBA dentro de la habitación, para ruido continuo.

Si el ruido no es continuo, la perturbación del sueño se pone en mejor correlación con L_{max} y los efectos han sido observados a 45 dB o menos.

Esto es particularmente verdad si el nivel de fondo es bajo. Por consiguiente si es posible deben limitarse eventos de ruido que exceden a 45 dBA.

Se cree que la mitigación neta a la primera parte de la noche es eficaz para el buen dormir. ⁽⁸⁾

EFFECTOS CARDIOVASCULARES Y FISIOLÓGICOS

Se ha postulado que el ruido actúa como un estresador medioambiental.

Las exposiciones agudas al ruido activan los sistemas autónomos y hormonales, llevando a cambios temporales como el aumento de presión de sangre, aumento de la proporción del corazón y vasoconstricción.

Después de la exposición prolongada, los individuos susceptibles de la población en general pueden desarrollar efectos permanentes, como hipertensión y enfermedad isquémica del corazón asociadas con exposiciones a niveles de presión sonora altos.

La magnitud y duración de los efectos son en parte determinados por las características individuales, comportamientos, estilos de vida de los sujetos y condiciones medioambientales.

Los sonidos también evocan respuestas reflejas, particularmente cuando ellos son poco familiares y tienen un ataque súbito.

Los experimentos de laboratorio y los cuasi experimentos de campo muestran que si la exposición al ruido es temporal, el sistema fisiológico normalmente regresa - después de que la exposición termina - a un normal estado (el de pre-exposición) dentro de un tiempo en el rango de duración de

⁽⁸⁾ B.Berglund & T.Lindvall; "Center for Sensory Research Stockholm"; 1995; ISSN.1400 2817; ISBN91-887-8402-9.

la exposición. Si la exposición es de intensidad suficiente e impredecible, las respuestas cardiovasculares y hormonales pueden aparecer incluso aumentos en la proporción del corazón, y resistencia vascular periférica; cambios en la presión de sangre, viscosidad y grasa en la sangre; cambios en el equilibrio de los electrolitos (Mg/Ca) y los niveles hormonales (la epinefrina, el norepinefrina, el cortisol). Los primeros cuatro efectos son de interés porque en éstos el ruido se relacionó con la enfermedad coronaria del corazón.

Los datos clínicos de laboratorio sugieren que el ruido puede elevar la movilidad gastrointestinal significativamente en los humanos pero, la evidencia sobre este aspecto no es total.

Muchos estudios realizados en fábricas industriales han indicado que obreros expuestos a niveles altos de ruido industrial durante 5-30 años han aumentado la presión de sangre y estadísticamente ha aumentado significativamente el riesgo de hipertensión, comparado con obreros de áreas de control. En contraste, sólo unos pocos estudios en ruido medioambiental han mostrado que poblaciones que viven en áreas ruidosas alrededor de los aeropuertos y en las calles ruidosas tienen un mayor riesgo de padecer hipertensión.

La evidencia global hace pensar en una asociación débil entre un largo tiempo de exposición al ruido medioambiental e hipertensión, y ninguna relación de respuesta podría establecerse.

Estudios prospectivos hacen pensar en un aumento en la enfermedad isquémica del corazón cuando los niveles del ruido exceden 65-70 dB Leq (6-22hs). (Para el ruido de tráfico, la diferencia entre Leq (6-22 hs) y Leq, 24 h normalmente es del orden de 1.5 dB).

En los estudios epidemiológicos el nivel más bajo de ruido de tráfico que tenía un efecto en la enfermedad isquémica del corazón era de 70 dB para Leq, 24h.

La conclusión global es que los efectos cardiovasculares son asociados con la exposición a largo plazo a valores en el rango de 65-70 dB o más del Leq, 24h, para tráfico aéreo y de tránsito.

Sin embargo, las asociaciones son débiles y el efecto es algo más fuerte para la enfermedad isquémica del corazón que para la hipertensión. No obstante, tales riesgos pequeños son potencialmente importantes porque un gran número de personas se expone actualmente a éstos niveles de ruido, o probablemente serán expuestos en el futuro.

Otro efecto psicosocial observado, son los cambios en las hormonas de tensión, niveles de magnesio, indicadores inmunológicos, y perturbaciones gastrointestinales, sin embargo las conclusiones son demasiado incoherentes para establecer una relación sobre la influencia de polución del ruido.

EFFECTOS SOBRE LA SALUD MENTAL

Se define la salud mental como la ausencia de desórdenes psiquiátricos identificables según las normas actuales. No se cree que el ruido medioambiental sea una causa directa de enfermedad mental, pero se supone que acelera e intensifica el desarrollo de desorden mental latente.

Los estudios sobre los efectos adversos del ruido medioambiental sobre la salud mental cubren una variedad de síntomas como: ansiedad; tensión emocional; quejas nerviosas; náuseas; dolores de cabeza; inestabilidad; impotencia sexual; cambios en el humor; aumento en los conflictos sociales, así como, desórdenes psiquiátricos generales como neurosis, psicosis e histeria.

Los estudios de la población a gran escala han hecho pensar en asociaciones entre la exposición al ruido y una variedad de indicadores de salud mental, como la sola valuación de bienestar; el perfil sintomatológico-psicológico normal; la ingesta de drogas psicotrópicas; y consumo de tranquilizantes y píldoras para dormir.

Los primeros estudios mostraron una asociación débil entre la exposición al ruido y las admisiones psiquiátricas de hospital en la población general que vive en zonas aledañas a aeropuertos o rutas muy transitadas.

La exposición a altos niveles de ruido profesional ha sido asociada con el desarrollo de neurosis e irritabilidad; y la exposición a niveles altos de ruido medioambiental con deterioro de la salud mental.

Sin embargo, los resultados sobre los efectos del ruido medioambiental en la salud mental están inconclusos. El único estudio longitudinal en este campo mostró una asociación entre el nivel inicial de ruido de tráfico y los desórdenes psiquiátricos menores, aunque la asociación para el aumento de ansiedad era débil y no lineal. Resultó que esos desórdenes psiquiátricos eran asociados con la sensibilidad al ruido, en lugar de la exposición al ruido.

Éstos y otros resultados mostraron la importancia de tener en cuenta los grupos vulnerables, porque ellos no pueden manejar suficientemente el ruido medioambiental no deseado. Esto es particularmente verdad en niños, ancianos y personas con enfermedades preexistentes, como las que padecen depresión.

A pesar de las debilidades de varios estudios, la posibilidad de que el ruido medioambiental tenga efectos adversos sobre la salud mental se sugiere por los estudios en el uso de drogas médicas, como los tranquilizantes y las píldoras para dormir, en los síntomas psiquiátricos y en las proporciones de admisiones mentales de hospital.

EL RUIDO URBANO EN LA CIUDAD DE CÓRDOBA

Informe del Observatorio Ambiental, Subsecretaría de Ambiente de la
Municipalidad de Córdoba, año 98.

ASPECTOS OBJETIVOS

En el caso particular de la Ciudad de Córdoba, un conjunto de elementos tienden a agravar el problema de la exposición a niveles sonoros elevados por las fuentes móviles a saber: No existe ningún estudio sistemático previo que evalúe el problema en forma precisa, sistemática e interdisciplinaria; la normativa vigente establece límites muy permisivos de emisión; la flota vehicular se incrementó de 216.613 vehículos en 1987 a 369.540 en 1997 (Dirección de Planificación y Coordinación de Tránsito – Municipalidad de Córdoba 1998) para la misma infraestructura urbana en el microcentro; una división de ámbitos urbanos para el control de ruidos molestos obsoleta; la inexistencia de estándares de calidad de aire y ruido urbano y la estructura altamente centralizada de las actividades económicas, administrativas, educativas y financieras que obligan a un número importante de vecinos a acudir diariamente al microcentro.

La ciudad de Córdoba cuenta en la actualidad con una población de 1.270.000 habitantes distribuidos en una superficie de 576 km². Desde su fundación hasta el presente, la urbe se desarrolló entorno de su centro histórico y cultural.

El microcentro tiene una superficie de influencia aproximada de 4 km², siendo la más problemática la zona comprendida entre calles Avellaneda, Salta, Humberto 1º y Bv. San Juan (aproximadamente 1,4 km²) y allí se confunden actividades comerciales, de prestación de servicios, administrativas, culturales, y financieras.

La población residente en la zona es de aproximadamente 72.000 habitantes.

Dada su posición relativa y la estructura radial de la red de avenidas, es la vía de comunicación más directa oeste-este y norte-sur.

La flota de automotores está compuesta por un 67% de vehículos automotores livianos, 11% de utilitarios; 4% de vehículos pesados (incluyendo ómnibus del servicio público de transporte) y 18% de motocicletas. La antigüedad de la flota es importante. El 75% de la misma tiene al menos 5 años.

En lo referente al flujo vehicular, las principales arterias conducen un promedio superior a los 30.000 vehículos/día.

Un aspecto que tiene una importancia fundamental en los niveles de exposición por parte de los vecinos está estrechamente relacionado con la arquitectura del microcentro. Las aceras son estrechas. En la mayoría de los casos no supera el metro de ancho. Esta situación provoca que las personas estén expuestas a las fuentes emisoras a una distancia muy pequeña. Además, es físicamente imposible colocar barreras que disminuyan los niveles de exposición sin obstaculizar el libre tránsito peatonal.

Las mediciones fueron realizadas con medidores de nivel sonoro Tipo 2 marca TES modelo 1310A para el prediagnóstico de niveles y selección de sitios. Para utilizar este equipamiento de una manera más eficiente, diseñamos registradores analógicos de estado sólido con resolución de 8 bits y capacidad de almacenamiento de 8192 muestras en memoria no volátil (e2prom serial 24C65), con intervalo de muestreo de 1s y un conjunto de programas de computadora que permite rápidamente recuperar y tratar los valores registrados.

Para la determinación de los parámetros estadísticos se utilizó un medidor de nivel sonoro integrador Tipo I marca Aclan modelo SIP 95 con registrador incorporado y capacidad para medir y registrar simultáneamente niveles ponderados A y C. Este dispositivo tiene la particularidad de calcular en forma automática los parámetros LAeq, histograma de niveles sonoros, histograma de presiones acústicas, sobre un período de promediación programable por el usuario. Para poder hacer un tratamiento más preciso de los datos diseñamos un programa que permite recuperar los valores instantáneos almacenados en la memoria interna del medidor.

Metodología de Muestreo

En el área de 4 km² que contiene al microcentro se realizaron más de 50 mediciones en el horario 8:00 a 17:00 hs. El trabajo de muestreo fue orientado a la caracterización de arterias y no de puntos, por lo tanto los sitios fueron elegidos de tal manera de minimizar el aporte de las calles laterales. Para ello, se dispusieron los medidores en un punto equidistante de las esquinas a una altura de 1,50 m y a una distancia del borde de la acera de aproximadamente 1m, utilizando un trípode de uso fotográfico. Con el fin de determinar el período mínimo de medición para caracterizar un sitio se dispuso un medidor con registrador durante 24 horas en un punto característico. Con los datos registrados se tomaron LAeqs sobre distintos períodos de tiempo. Observamos que en los horarios de máxima actividad (que es lo que queremos caracterizar) a intervalos de 15 minutos, la dispersión máxima en los LAeqs calculados está dentro de la tolerancia de los equipos (+/-1dB). Éste fue tomado como criterio de tiempo mínimo de medición.

Fue prácticamente imposible la ubicación de los medidores a una distancia mínima de 3m de la superficie reflectora más próxima en la mayoría de los sitios debido al escaso espacio disponible en la vía pública

(figura 9).

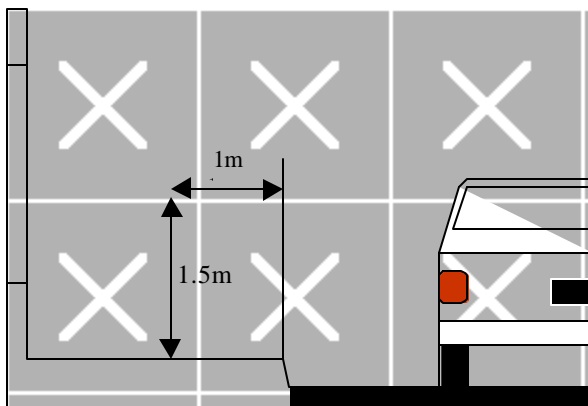


Figura 9 – Esquema de disposición de medidores

En todas las mediciones se utilizaron pantallas antiviento, las cuales se realizaron para condiciones atmosféricas con velocidad de viento menor a 3m/s y humedad menor a 75 % (Datos Observatorio Meteorológico Nacional – FAA)

Resultados

Dado que la mayoría de los estudios relacionan los efectos adversos sobre la salud y el bienestar de las personas con el nivel continuo equivalente de ruido, en todos los sitios se calculó este valor además del nivel de fondo (L90) y los picos más frecuentes (L10).

Para una mejor interpretación de los resultados, se dividió la zona en dos áreas: a) peatonales y b) con circulación de vehículos automotores.

a) El uso de las áreas peatonales es eminentemente comercial. Aquí, las principales fuentes no son móviles. La mayoría de ellas están relacionadas con fuentes fijas proveniente de las diversas actividades que se desarrollan y en general están relacionadas fuertemente con anuncios publicitarios y promociones de diversa índole (uso de megáfonos, promociones discográficas, anuncios a viva voz, etc.). Por su origen, los niveles sonoros no tienen un comportamiento uniforme a lo largo del día. Tampoco se encontró elevada repetibilidad en las mediciones en días diferentes de la semana para el mismo sitio. Ante esta situación condujimos una experiencia de medición móvil con un medidor de nivel sonoro y un registrador digital portátil, promediando luego los niveles registrados sobre todo el recorrido.

Sobre 5 experiencias, el promedio en escala lineal obtenido fue de 72 dBA, con una desviación estándar de 3.3 dBA. La longitud total de las áreas peatonales es de 2.300 m sobre un total de 14.000m lineales de arterias que componen el microcentro.

b) Sobre los valores medidos, se obtuvo un promedio (escala lineal) de 79.4 dBA sobre la totalidad de los sitios caracterizados, con una desviación estándar de 2.61 dBA y una mediana de 79 dBA.

ASPECTOS SUBJETIVOS

Es por todos conocido que la perturbación que provoca el ruido en el ser humano tiene una componente subjetiva muy importante. Es por ello que al fijar los estándares se deberían considerar no solo los efectos fisiológicos directos sino también aquellos derivados de situaciones que si bien no afectan a la salud, degradan la calidad de vida. Es en este contexto que se diseñó una campaña breve de encuestas a los vecinos para el relevamiento de opinión sobre diversos tópicos referidos al comportamiento del ruido en su entorno de residencia, en el centro de la ciudad, las fuentes más molestas, los horarios en los que se producen, sus conductas en el microcentro (lugares más visitados, tiempo de permanencia, etc) y actividades más afectadas por niveles excesivos. También se aprovechó la ocasión para sensar el nivel de conocimiento acerca de los problemas de salud que el ruido provoca, conocimiento de la ordenanza municipal y la opinión sobre las responsabilidades del problema.

Contenido de la Encuesta.

1- Generalidades:

- ◆ Edad
- ◆ Sexo
- ◆ Ocupación
- ◆ Domicilio
- ◆ Conocimiento de la Ordenanza
- ◆ Tipo de daño que el ruido de tránsito intenso puede causar
- ◆ Responsabilidades en la problemática.

2- Del Lugar de Residencia

- ◆ Fuentes más ruidosas en el barrio
- ◆ Momento del día en el que se producen con mayor frecuencia
- ◆ Frecuencia de la perturbación
- ◆ Confortabilidad

3- Del Centro de la Ciudad

- ◆ Gravedad del problema en el centro
- ◆ Comparación con el lugar de residencia
- ◆ Clasificación de las fuentes más importantes
- ◆ Motivo de permanencia en el centro
- ◆ Tiempo de permanencia en el centro
- ◆ Horario de visita al centro
- ◆ Lugar de permanencia
- ◆ Tres calles más ruidosas

4- Actividades habituales

- ◆ Clasificación de actividades más perjudicadas por el ruido

5- Datos de Correlación

Este punto requiere una explicación adicional. El encuestador, además de realizar el cuestionario, durante todo el recorrido lleva un medidor de nivel sonoro y un registrador portátil. Este último, además de registrar los datos de niveles de ruido cada 2 segundos posee dos pulsadores: Encuesta y Esquina. Estos dos botones fueron implementados con el objeto de facilitar la reconstrucción del mapa de niveles y la correlación entre datos medidos y opinión vertida por el encuestado. La pregunta f del cuestionario dice: En este preciso instante, el ruido en este lugar es bajo, medio o alto?. En ese mismo momento el encuestador presiona el botón Encuesta, dejando una marca en el registro de datos. De esta manera, al analizar la secuencia de datos es posible estudiar la evolución de los niveles de ruido que indujeron al encuestador a dar su respuesta.

El objetivo de esta sección es generar un base de datos que permita asignar a bandas de dB un rango subjetivo como es Bajo, Medio o Alto.

Con el objeto de poner a punto las estrategias de muestreo y encuesta se utilizó la cuadrícula de prueba del Inventario de Emisiones. La región

muestreada es un cuadrado de aproximadamente 4Km² en las cercanías del microcentro (Barrio Observatorio, Centro, Nueva Córdoba, Bella Vista) en el que se trazaron los siguientes recorridos:

1- Desde Observatorio, Capital Federal, Pueyrredón, Independencia, Ambrosio Olmos, Plaza de las Américas.

2- Plaza de las Américas, Av. Velez Sarsfield, Boulevard San Juan, Mariano Moreno, Laprida, Observatorio.

3- Observatorio, Laprida, Mariano Moreno, Fructuoso Rivera, Paraguay, Dante, Santa Cruz, San Luis, Mariano Moreno, Laprida, Observatorio.

4- Observatorio, Laprida, La Pampa, Julio A. Roca, Paso de los Andes, Laprida, Observatorio.

5- Laprida, Mariano Moreno, Oliver, Perú, Arturo M. Bas, Laprida, Observatorio.

6- Plaza de las Américas, Richardson, Belgrano, Montevideo, Artigas, Observatorio.

7- Observatorio, Laprida, Pje Gould, San Luis, Marcelo T. de Alvear, Julio A. Roca hasta Paso de los Andes.

En todos los recorridos se realizaron encuestas, sin embargo, dado que contamos solo con dos equipos para monitoreo de ruido, en los cuatro primeros se pudo medir. El muestreo se realizó sobre los circuitos trazados. Los puntos de medición y encuesta se tomaron uno cada tres cuadras. En cada sitio de encuesta se midió durante 15 minutos. Este período es el recomendado por la Asociación de Acústicos Argentinos en su Segunda Reunión de Noviembre de 1997 para monitoreo de ruido urbano.

Análisis de las Encuestas

En total se realizaron 72 encuestas de las cuales 42 fueron acompañadas de registros de niveles sonoros.

Las respuestas obtenidas podemos agruparlas de la siguiente manera.

Generalidades:

Conocimiento de la Ordenanza

De la totalidad de encuestados, solamente el 20% dice conocer la existencia de la ordenanza municipal sobre ruidos molestos.

Tipo de daño que el ruido de tránsito intenso puede causar:

De la totalidad de encuestados, el 70% dice saber que el daño producido por el ruido de tránsito intenso es permanente; el 18 % piensa que el daño es solo temporario y el 12 % supone que provoca solo una molestia momentánea.

Responsabilidades en la problemática.

El 43% opina que le problema del ruido en la ciudad de Córdoba se debe exclusivamente a una falta de control por parte de las autoridades; 17% una falta de conciencia ciudadana; el 9% por falta de educación y el 40% a una combinación de todas las causas citadas.

Del Lugar de Residencia

Fuentes más ruidosas en el barrio:

Al momento de indicar las fuentes de ruido más importante en su lugar de residencia, el 40 % indicó a los ómnibus como el elemento de mayor perturbación; el 31% indicó a las motos como las más molestas mientras el 22% a los autos; El 7 % indicó otros elementos como los más molestos (publicidad, sirenas).

Momento del día en el que se producen con mayor frecuencia.

A esta pregunta el 33 % de los encuestados indicaron la mañana; el 18 % la noche; otro 18% la tarde; un 23 % siempre y el 8 % la siesta.

Del Centro de la Ciudad

Gravedad del problema en el centro

El 42% de los encuestados opinó que los niveles de ruido en el centro son intolerables; el 55% opinó que es molesto y solamente el 3% opinó que es leve.

Clasificación de las fuentes más importantes

Los ómnibus son señalados como las fuentes más molestas en un 62%; el segundo lugar es ocupado por las motos con un 24%; los autos fueron señalados en un 13 % de los casos mientras que el 1% restante representa otras fuentes como publicidad callejera, sirenas, etc.

Motivo de permanencia en el centro

Ante la pregunta ¿Debido a qué actividad permanece en el centro habitualmente?, un 34% señaló como motivo principal el trabajo; en segundo lugar con un 33% a compras; un 27% respondió trámites y el 6 % restante como pasatiempo.

Tiempo de permanencia en el centro

El 49 % de los encuestados dijo permanecer en el centro menos de 2 hora; el 27 % de 2 a 6 horas, el 12 % respondió de 6 a 10 y el 12 % restante más de 10 horas.

Horario de visita al centro

El 55 % señaló la mañana; el 27 % la tarde y el 18% restante señaló la siesta.

Lugar de permanencia

A la pregunta acerca de los lugares en los que permanece más tiempo, el 30 % contestó las áreas peatonales, 29% en calles, el 26 % en oficinas públicas y el 15 % restante en galerías y shoppings.

Actividades habituales

Clasificación de actividades más perjudicadas por el ruido

A la pregunta ¿Cuál es la actividad que se ve más perjudicada por el ruido intenso?, el 29% señaló las comunicaciones interpersonales, el 23% el estudio, el 18% la lectura, un 15 % el descanso y otro 15% actividades recreativas como escuchar radio o TV.

Datos de Correlación

La cantidad de encuestas realizadas es aún escasa para poder correlacionar datos reales con la opinión vertida para asignar bandas del tipo bajo, medio o alto, sin embargo son informadas aquí como parte de las actividades realizadas.

Al tener la posibilidad de registrar los niveles sonoros durante el recorrido de muestreo y encuesta, se tomaron los parámetros Leq, L10 y L90 sobre el último minuto antes de la respuesta. Se obtuvieron los siguientes datos estadísticos:

Valores menores a 60 dBA:

Para el Leq sobre el último minuto, para valores por debajo de 60 dB, el 83 % opinó que el nivel era bajo; el 17% Medio. Ninguno opinó que era alto el nivel en ese momento.

Valores entre 60 y 65 dBA:

Para valores de Leq entre 60 y 65 dB, el 33% dijo que era bajo; el 47 % respondió medio respondió alto.

Valores entre 65 y 70 dBA:

Para registros entre 65 y 70 dB el 33% respondió bajo; el 38 % dijo medio y el 25% restante opinó Alto.

Valores entre 70 y 75 dBA:

Finalmente para valores entre 70 y 75 dB, el 70% respondió medio, el 30 % alto y ninguno respondió bajo.

CONCLUSIONES

El microcentro de la Ciudad de Córdoba es paso obligado para un sinnúmero de actividades. Cientos de miles de personas rutinariamente se ven expuestas a las diversas problemáticas de esta zona de la ciudad. Los niveles sonoros medidos durante esta campaña manifiestan que éstos son un importante factor de deterioro no solo de la calidad de vida y confort de los vecinos sino también de la salud pública.

En relación con los efectos directos sobre la salud auditiva, niveles promedio de 79 dBA, siguiendo el criterio de igualdad de energía, permiten una exposición diaria de solo 2 horas si se pretende conservar la salud auditiva del percentil 95 de la población expuesta. En general, las actividades desarrolladas habitualmente demandan más de 2 horas de permanencia en la zona.

Respecto de las relaciones interpersonales, los niveles medidos pueden considerarse como una barrera importante en las comunicaciones habladas incluso en las zonas “más tranquilas” del microcentro (áreas peatonales). Esto teniendo en cuenta que en todas las calles muestreadas se superan ampliamente los 66 dBA, lo cual indica que en el centro de la ciudad se pierde más del 5% de la información que integra el sistema de comunicación entre personas para niveles de voz y distancias normales.

Finalmente, si bien la presente investigación constituye un trabajo de tipo exploratorio, los resultados obtenidos son lo suficientemente contundentes como para demostrar la necesidad de:

- 1- Tomar conciencia desde el ámbito gubernamental de la problemática planteada

2- Generar los cambios necesarios en la normativa municipal que permitan hacerle frente a la problemática del ruido de tránsito por fuentes móviles de manera efectiva

3- Dar inicio sin demora a programas de conservación de la audición para concienciar a la comunidad y evitar la potenciación de los daños

4- Incorporar en el diseño de las políticas de distribución del tránsito la variable asociada al ruido por fuentes móviles.

5- Culminar el diagnóstico en las zonas periféricas.

6- Caracterizar el comportamiento del ruido y la reacción de la población frente a las perturbaciones del ruido urbano.

7- Evaluar el impacto económico de la problemática

DISEÑO METODOLOGICO

HIPÓTESIS

El presente trabajo es el primero con estas características que se realiza en nuestro medio. Así, consideramos que la información previa para plantear hipótesis formales es insuficiente.

El problema planteado por el municipio respecto de la problemática del ruido urbano es establecer un diagnóstico preciso de situación. Sin embargo, adicionalmente, se planteó poner de manifiesto que:

“Las molestias inducidas por ruido urbano son una magnitud medible y la probabilidad de encontrar personas molestas es mayor en las proximidades de los principales accesos que en las zonas residenciales circundantes.”

Con esto se pretende establecer las bases para que futuras investigaciones puedan utilizar estas herramientas como instrumento.

VARIABLES

Las variables aisladas para su cuantificación son las siguientes:

- 1- Composición de flota vehicular
- 2- Flujo vehicular
- 3- Nivel sonoro continuo equivalente
- 4- Tiempo de residencia
- 5- Edad
- 6- Sexo
- 7- Interferencia sobre la actividad del sueño
- 8- Interferencia sobre la actividad de las comunicaciones
- 9- Interferencia sobre la actividad de la concentración
- 10- Conformidad respecto del lugar de residencia.
- 11- Índice de molestia.
- 12- Porcentaje de población altamente molesta.

Las variables Composición de flota vehicular, flujo vehicular, tiempo de residencia, edad y sexo son variables independientes. El nivel sonoro continuo equivalente es una variable dependiente de las dos primeras. Las últimas seis variables son consideradas dependientes del nivel sonoro continuo equivalente.

TIPO DE ESTUDIO

El tipo de estudio será **DESCRIPTIVO EXPLORATORIO** debido a que, no existiendo antecedentes formales, es la primera investigación que aborda el tema del ruido urbano en la ciudad de Córdoba y se lo hace con la intención de lograr una perspectiva general del problema, haciendo un diagnóstico de la situación que sirva no solo para poner de manifiesto la amplitud del mismo, sino también que sienta las bases para investigaciones futuras.

MATERIALES Y METODOS

UNIVERSO Y MUESTRA

La población está constituida por todas aquellas personas que residen en los barrios ubicados a ambos lados de las Avenidas Amadeo Sabattini, Juan B. Justo, 24 de Septiembre y Eduardo Bulnes a saber:

Avenida Amadeo Sabattini: Barrios Crisol Norte, Crisol Sur, Maipú 1º, Maipú 2º, Sarmiento, Colón, Rivadavia, Cabral y Empalme.

Avenida Juan B. Justo: Barrios Alta Córdoba, Cofico, Panamericano, Los Gigantes, Villa Azalais, Marcelo T. De Alvear, Centro América, Ayacucho y Gral. Bustos.

Avenida 24 de Septiembre: Barrios Gral. Paz, Pueyrredón, Patria, Alto Gral. Paz, Yapeyú y Bajo Chico.

Avenida Eduardo Bulnes: Barrios Pueyrredón, Ampliación Pueyrredón, Yofre Sud, Yofre, Palmar, Villa Claudina, Ampliación Palmar, General Bustos, Talleres Oeste y Talleres Este.

Debido a la forma en que se organizó la investigación, la población bajo estudio puede ser categorizada según sus niveles sonoros característicos de exposición. Así, se dividió el universo en:

- a) Los residentes en calles con un flujo vehicular muy importante, y por lo tanto expuestos a niveles sonoros elevados.
- b) Los residentes en calles con escaso flujo vehicular, no tan transitadas lo que determina un nivel sonoro menor que en el grupo anterior.

Dado a que no se cuenta con un registro detallado de los individuos que componen la población en estudio, un muestreo aleatorio puro fue impracticable. Se optó entonces por un muestreo estratificado por cuotas y rutas.

Para formar cada grupo se realizó una observación directa de la zona, Analizando las características del flujo y la flota vehicular que transitaba por cada calle.

Los grupos quedaron conformados de la siguiente forma:

Grupo A: personas residentes en calles con un flujo vehicular intenso y cuya flota está compuesta por todo tipo de fuentes móviles (autos, motos, utilitarios, camiones, etc.). también se incluyeron las personas residentes en las calles perpendiculares a la considerada pero solo en aquellos 50 metros a partir de su intersección.

Grupo B: personas residentes en calles con un flujo vehicular escaso o moderado y cuya flota vehicular contiene una componente importante de vehículos livianos y que no se ven afectadas por el recorrido del transporte urbano de pasajeros.

La ecuación para obtener el número de muestras a tomar (N) siguiendo un muestreo aleatorio es

$$N = \frac{4pq}{E^2}$$

Donde p. q es la varianza y p+q= 100

4 corresponde a un 95,5% de confianza

E² es el cuadrado del error

Para este estudio se trabajó con un error del 10%, lo cual da un número de muestras máximo de

$$N = \frac{4 * 50 * 50}{10^2} = 100$$

Como un muestreo aleatorio puro no fue posible practicar se utilizó un muestreo por cuotas en su modalidad por rutas para evitar problemas de sesgo.

Según R. Sierra Bravo en su libro “Técnicas de investigación social”, en el capítulo dedicado al dimensionamiento de la muestra asegura que se deben tomar un tamaño muestral de por lo menos 50% superior al que daría para un muestreo aleatorio para obtener errores comparables. Así para cada estrato se calculó un número de muestras de al menos 150.

Se asignó a cada encuestador un número determinado de encuestas resultando un total de 465 encuestas repartidas de la siguiente manera:

Estrato A: 237 encuestas

Estrato B: 234 encuestas

Asimismo se realizaron 39 mediciones de niveles sonoros en la zona correspondiente al estrato A y 30 En la zona correspondiente al estrato B conformando un total de 69 mediciones en sectores previamente establecidos.

MEDICIONES DE VARIABLES

Para realizar la medición de los niveles sonoros existentes se utilizó un medidor de niveles sonoros. El sonometro integrador de precisión SIP 95 constituye una cadena completa de medición destinada al estudio de ambientes acústicos a largo plazo, las características mas remarcables del SIP 95 son:

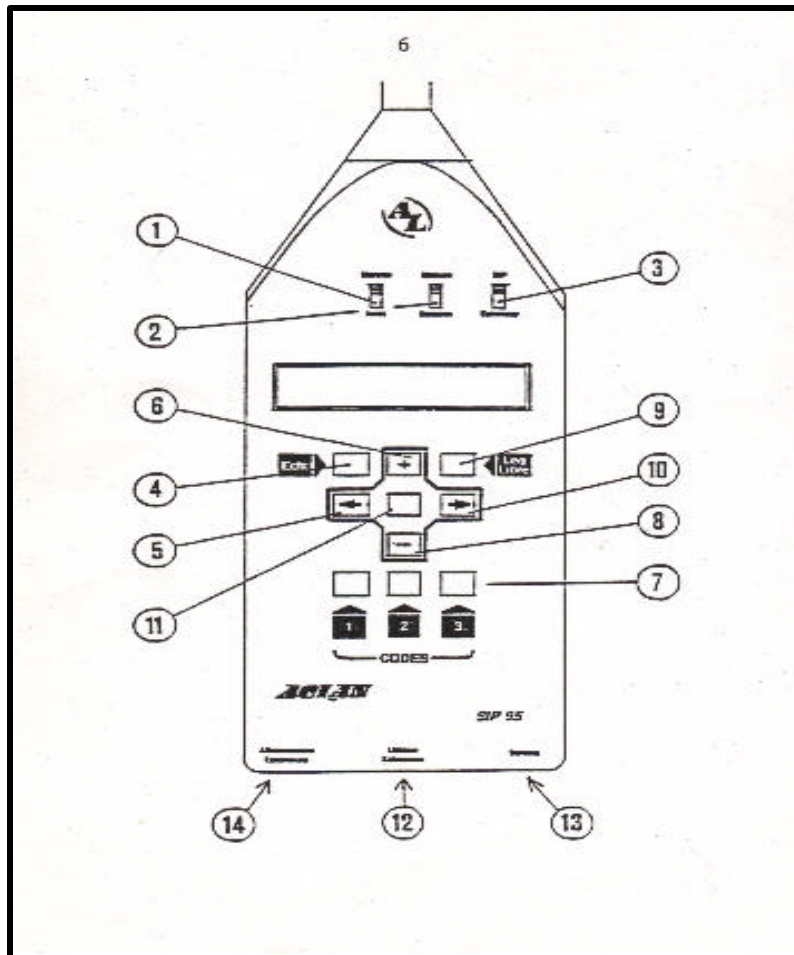
- 1- Adquisición del valor eficaz de la señal con exigencias superiores a aquellos establecidos por la clase I de la norma CEI 804 y UTE NF S31-109
- 2- Calculo del Leq Ponderado A, medición y almacenamiento de nivel de presión acústica máxima (LPC)
- 3- Capacidad de memoria 128.000 resultados dobles (Leq y Lpc)
- 4- Histograma de los Leq 025 y Lpc, conexión RS 232 bidireccional para comunicación con un ordenador.
- 5- Preamplificador desmontable.

Función de las llaves del instrumento de medición

- 1- **“ON/OFF”**: Cuando se coloca en “Off” se corta el suministro de energía a los circuitos pero no se borran los resultados actuales memorizados o el programa de sub-control de la batería.
- 2- Acceso al programa de sub-control de la batería.
- 3- Modo de funcionamiento del sistema computarizado:
 - “SIP”**: almacenamiento automático individual.
 - “EXTERIOR”**: el SIP 95 transmite Lxeq. Y Lpc. continuamente al omputador exterior por vía RS232.

- 4- **“ECH”**: llave que permite reiniciar el sistema.
- 5 y 10- **“FLECHAS”**: permite al usuario moverse entre los modos de programación.
- 6 y 8- **“LLAVES +/-”**: permite incrementar o disminuir los valores numéricos o la modificación de la proposición actual.
- 8- **“LEQ. LIBRE”**: la primer presión de esta llave comienza un cálculo de Leq. Hasta el momento de la segunda presión.

Figura 10: Medidor de niveles sonoros



Procedimiento de operación del instrumento

Se enciende con Marche, aparecen en pantalla tres opciones **Mes/Dep/Raz**. La opción Mes es para comenzar una nueva medición. **Dep** es para consultar datos de mediciones anteriores. **Raz** es para borrar memoria.

Para comenzar una medición: se elige la opción **Mes**, la cual habilita el menú de calibración, respondiendo **O** se comienza con el ciclo de calibración, respondiendo **N** se evita el ciclo de calibración pasando al menú de medición, eligiendo **Leq** se puede hacer una medición sin almacenamiento de los datos.

Eligiendo **Stock** se abre el menú para lanzar una medición con almacenamiento de los datos.

Eligiendo siempre la opción **G** se puede modificar el rango de mediciones, habitualmente se utiliza de 30 a 130 dB, eligiendo **T** se modifica el intervalo de almacenamiento de datos, eligiendo **Leq** se puede optar por una ponderación A o C, y eligiendo **Lpc** el tipo de ponderación para el almacenamiento de los valores pico.

Finalmente se elige el tipo de medición a ejecutar, el cual puede ser **Imm** (inmediato), **Diff** (diferido), **Periode** (períodos), nosotros utilizamos el modo **Imm**.

Para detener la medición presionamos la tecla **Ech** y eligiendo la opción **Fin**. Para recorrer los datos se utiliza un programa de computadora suministrado por el fabricante del equipo.

El mismo realiza mediciones en un rango de 30 a 130 dB, registra los Niveles Continuos Equivalentes con intervalos de 1 segundo utilizando para esto la curva de Ponderación A mientras que al detectar picos lo hace a través de la curva de Ponderación C. El aparato también registra cual fue el **Leq**. Máximo y mínimo para un período de medición dado.

11- **“Llave validación”**: valida completamente la pantalla en el estado actual y avanza el programa.

7- Tecla para codificación de eventos.

Función de los enchufes:

12- Vínculo bidireccional RS232.

13- Salida de datos y RS232 monodireccional.

14- Enchufe para suministro exterior de energía o para cargar baterías.

Las mediciones se realizaron tanto en la zona correspondiente al estrato A como a la correspondiente al estrato B en sitios de medición previamente establecidos.

Técnica de medición

Para determinar los sitios de medición se buscaron lugares donde el flujo vehicular fuera constante, uniforme y sin obstáculos en su desplazamiento, evitando por lo tanto la cercanía de semáforos y paradas de transporte urbano. De la misma manera se evitó aquellos lugares donde se veían modificaciones significativas del número de la flota vehicular ya sea por desvío de ésta hacia otra arteria lo cual disminuye su intensidad o por aumento de la misma en el caso de recibir el aporte de otro corredor. Debido a que se pretendió medir el nivel sonoro producido por las fuentes móviles se descartaron aquellos lugares cercanos a fuentes fijas productoras de ruido como por ejemplo talleres mecánicos, obras en construcción, etc.

El micrófono del medidor de niveles sonoros se colocó sobre un trípode a una distancia de 1,20 metros sobre el nivel del suelo y a 90° respecto de la línea de tránsito.

El operador, ubicado a 1.50 metros como mínimo del aparato de manera de no interferir con el registro a realizar, al activarlo asentaba en la Planilla de medición la hora exacta del comienzo de la medición que duraba 15 minutos durante los cuales se contaba la cantidad de autos, motos, camiones o colectivos y utilitarios que pasaban por el sitio de medición registrando el número en la planilla.

También se dejaba constancia en la planilla de datos específicos del sitio de medición: dirección, tipo de superficie refractante tanto delante como detrás del micrófono y la presencia o no de superficies a la derecha e izquierda del mismo.

También se registró para cada período de medición el Nivel Continuo Equivalente (Leq.), los picos de ruido, el Leq. Máximo y el Leq. Mínimo.

Para certificar las mediciones y a manera de control de calidad se realizaron dos registros en cada sitio, uno a la mañana en el horario de 8:00 a 13:00 y otro por la tarde en el horario de 16:00 a 20:30. Estas franjas horarias fueron elegidas debido a que son los momentos de mayor desplazamiento de flujo vehicular producto de las actividades generales de la ciudad.

Se evitó realizar mediciones cuando las condiciones del tiempo eran adversas como por ejemplo viento en exceso, altos índices de humedad, precipitaciones, etc. Las restricciones impuestas por el fabricante del instrumento para la medición en campo son las siguientes:

- velocidad de viento menor a 3 m/s
- humedad menor al 75%
- ausencia de precipitaciones

Para conocer la molestia que el ruido causa se recurrió a la utilización de entrevistas como instrumento de observación.

La misma fue realizada a la población residente en las zonas estudiadas y que accedieron a responder a la entrevista, tanto las preguntas como las opciones fueron formuladas por el encuestador consignando la/s respuesta/s del entrevistado.

Sondeo de opinión

Para la confección de las encuestas se realizó una revisión de experiencias anteriores sobre investigación de ruido urbano realizadas en Suecia y Estados Unidos tomadas de B.Berglund & T.Lindvall; "Center for Sensory Research Stockholm"; 1995; ISSN.1400 2817; ISBN91-887-8402-9 y Environmental Protect Agency; Information on level of environmental noise requiere to protect public health and welfare with an Adequate margin of safety;1974 March; 550/9-74-004.

En primer lugar se dejaba constancia en la entrevista de los datos personales del entrevistado como edad, sexo, ocupación, dirección y tiempo de residencia.

En toda la entrevista se utilizaron preguntas de selección múltiple.

Basándose en la bibliografía consultada se eligieron tres actividades de la vida diaria para investigar cómo influye el ruido urbano en el desempeño de las mismas.

En primer lugar, con relación a la actividad del sueño, las preguntas estuvieron dirigidas a averiguar si el ruido interfería en el sueño ya sea ocasionando una demora en conciliarlo o interrumpiéndolo en algún momento, también se pidió al entrevistado consignara, en caso de

manifestar que sea el ruido el motivo de interferencia, cuál era la fuente móvil que mas molestaba.

Para investigar los efectos del ruido con relación a la concentración se eligió la actividad de leer o estudiar averiguando si las personas eligen un determinado horario para realizarlas en base a la presencia o no de ruido.

En relación con las comunicaciones se consideraron el hablar por teléfono y el mirar televisión, viendo si las personas se veían obligadas a tomar ciertos recaudos en función del ruido para poder desempeñar normalmente estas actividades.

También se averiguó como consideraba el entrevistado a su lugar de residencia preguntando si existe la voluntad de trasladarse a un lugar mas silencioso y si considera al ruido como un aspecto ambiental que fuese necesario mejorar.

Por último se pidió que la persona calificara al ruido existente en su barrio como indiferente, molesto o intolerable y en el caso de elegir alguna de las dos últimas opciones, en que momento del día.

La pregunta acerca de la existencia o no de problemas auditivos en el entrevistado fue formulada con el objeto de eliminarlas en el momento del procesamiento de datos por considerarlas con sesgo.

Para la construcción del índice de molestia se asignó en cada pregunta un valor numérico entre 0 y 1 a cada opción, otorgando el valor 1 a aquellas opciones que señalan al ruido urbano como causante de alguna molestia o que indica que la persona tiene que modificar su conducta diaria a causa del ruido.

Aquellas opciones que indican una relación más débil entre el ruido y la molestia fueron valoradas con el número 0,5 y las opciones que no relacionan al ruido como un causante de molestia se le asignaron el valor 0.

Por ejemplo en la pregunta “¿Se despierta de noche?” la opción “siempre” recibió el valor 1, la opción “frecuentemente” el valor 0,5 y la opción “nunca” el valor 0.

TRATAMIENTO DE LOS DATOS

Los datos medidos fueron pasados a la planilla de campo y, junto con los otros datos, volcados al sistema de información geográfica el cual está basado en el software comercial Arcview 3.0.

El Sistema de Información Geográfica de la Municipalidad de Córdoba en software de modelado, permitió extrapolar las mediciones puntuales realizadas, a toda la zona bajo estudio.

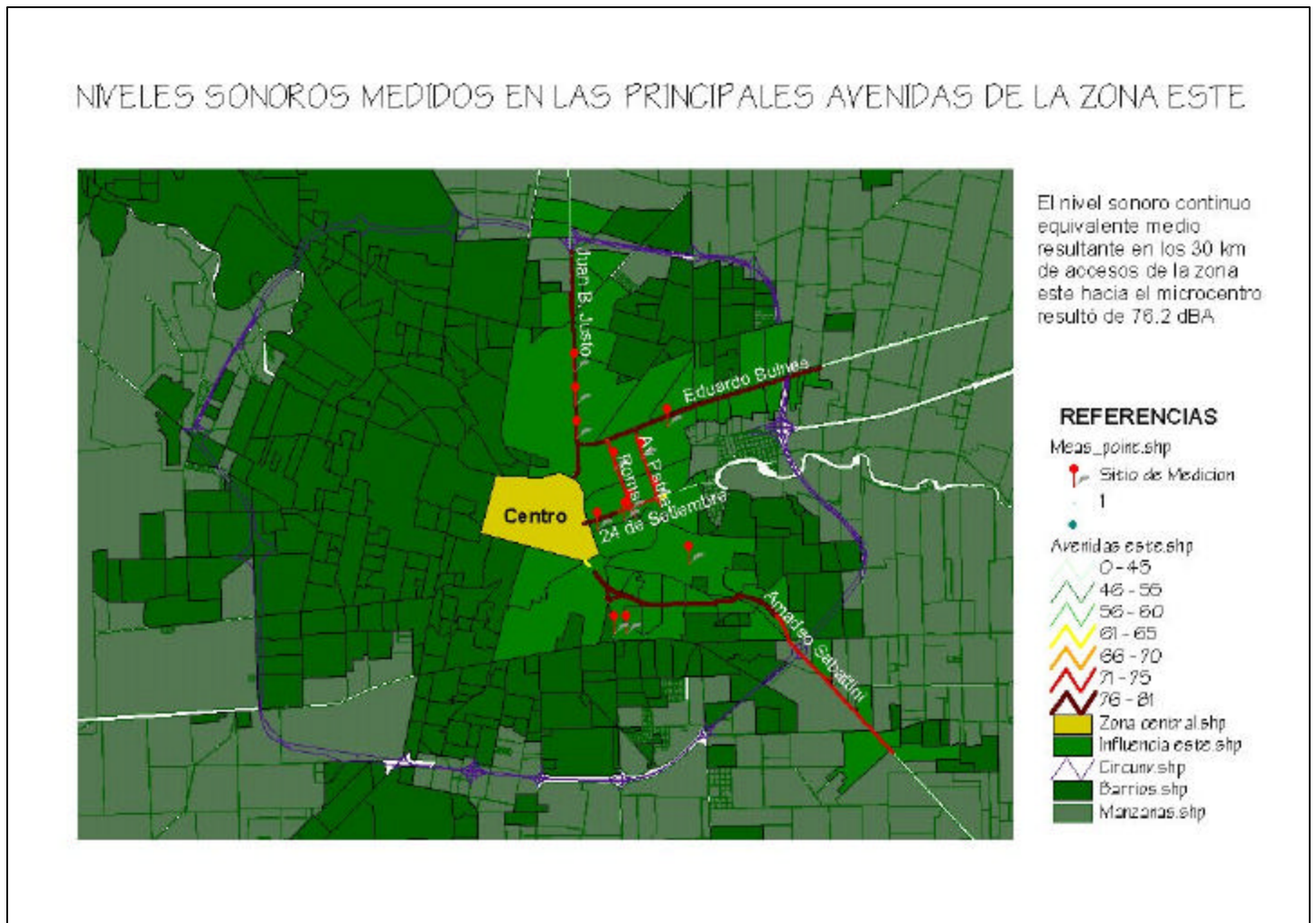


Figura 11: Niveles sonoros medidos en las avenidas principales de la zona este.

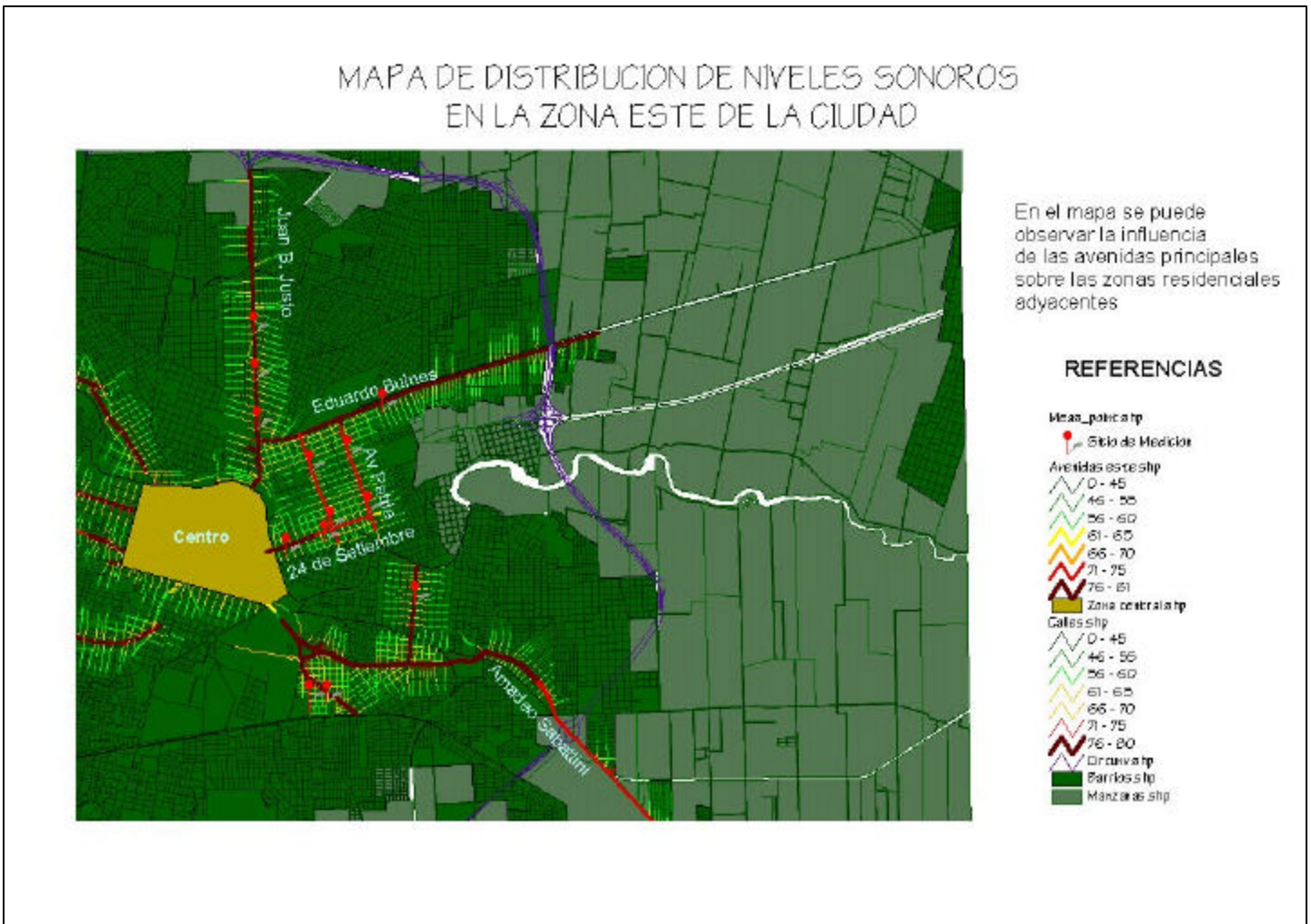


Figura 12: Mapa de distribución de niveles sonoros en la zona este de la ciudad.

A partir de la información organizada de esta forma se pudieron establecer el área exacta de influencia de estas avenidas principales, los niveles sonoros característicos de la zona de estudio y diversos parámetros acústicos relacionables con la caracterización de la molestia.

Los datos obtenidos a través de las encuestas fueron tabulados y para el tratamiento de los mismos se utilizó el software Excel del paquete Microsoft Office 97 y Microcal Origin 4.0 para algunas operaciones estadísticas no soportadas por el primero.

La matriz general de datos fue dividida en primer lugar en dos partes, una correspondiente al Grupo A y al Grupo B, luego cada una de ellas se dividieron según grupos etarios, sexo y tiempo de residencia, a partir de los cuales, se realizaron los análisis para la cuantificación de las variables.

RESULTADOS GRUPO “A”

ANÁLISIS DE LA VARIABLE “SEXO”

Al analizar la variable sexo se observó que el sexo femenino manifestó tener un porcentaje mayor de interrupción al (25,19 %) así como también se mostró un mayor porcentaje, 71,63 %, de molestias en la comunicación a causa del ruido. En cambio el sexo masculino mostró los mayores porcentajes de molestia en la demora al conciliar el sueño (25,27 %), y en la actividad de la concentración (27,8 %) y la necesidad de considerar al ruido como un aspecto ambiental a mejorar (60,42 %).

Por otro lado el sexo femenino manifiesta mas indiferencia hacia el ruido existente en su lugar de residencia (29,12 %) obteniéndose en el sexo masculino los mayores porcentajes de población que califica al ruido como un elemento molesto (59,34 %) e intolerable (16,48 %).

A pesar de estas diferencias, es de hacer notar que en cada ítem ambos sexos obtuvieron valores muy similares entre sí, siendo despreciable la diferencia entre uno y otro.

Porcentajes de interferencia obtenidos según la variable "sexo"

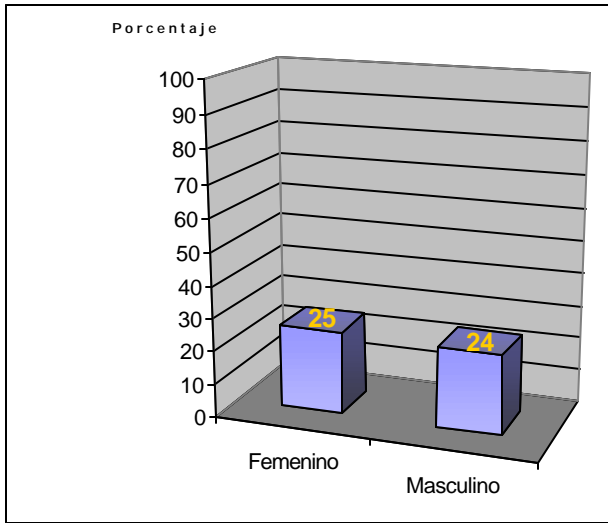


Gráfico N° 1: Interrupción frecuente al sueño

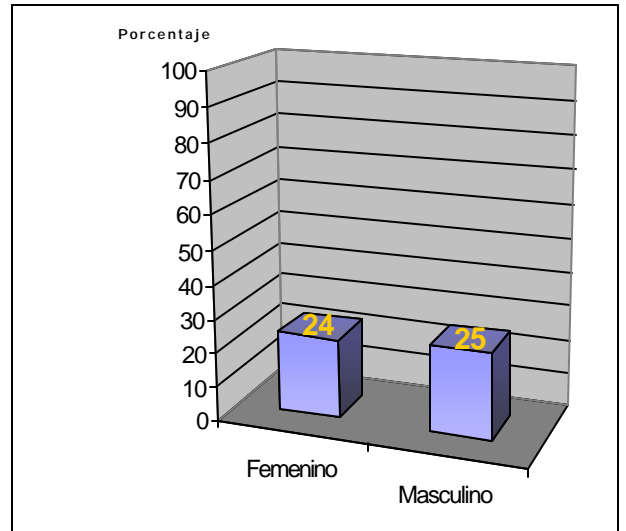


Gráfico N° 2: Demora en conciliar el sueño

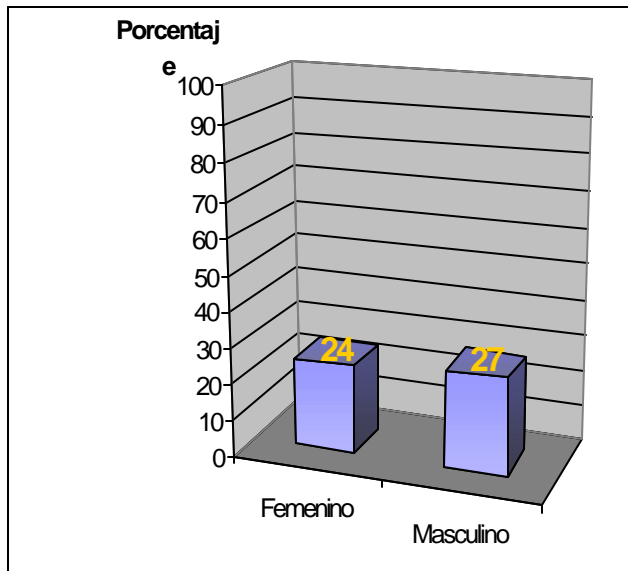


Gráfico N° 3: Dificultad en realizar actividades que exijan concentración.

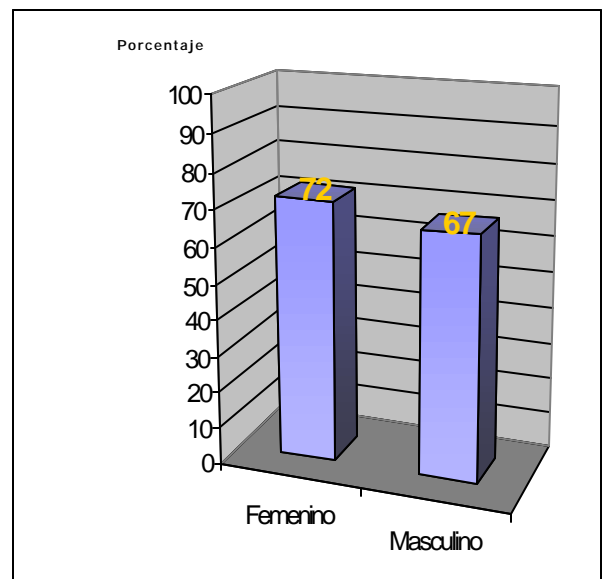


Gráfico N° 4: Interferencia en las comunicaciones.

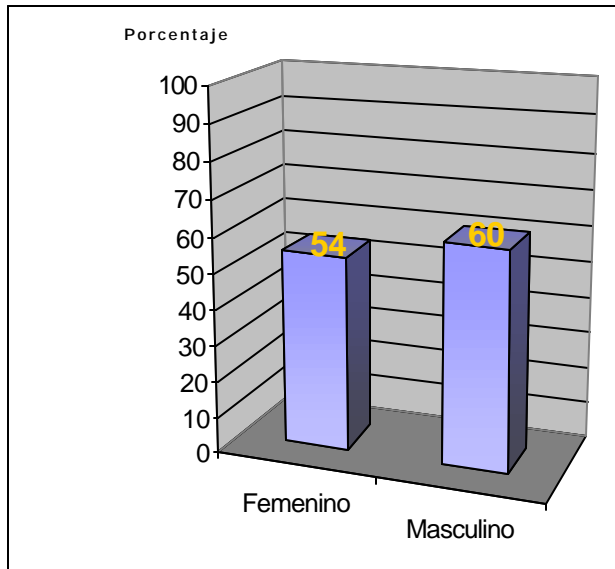


Gráfico N° 5: Personas que consideran al ruido urbano como un aspecto a mejorar.

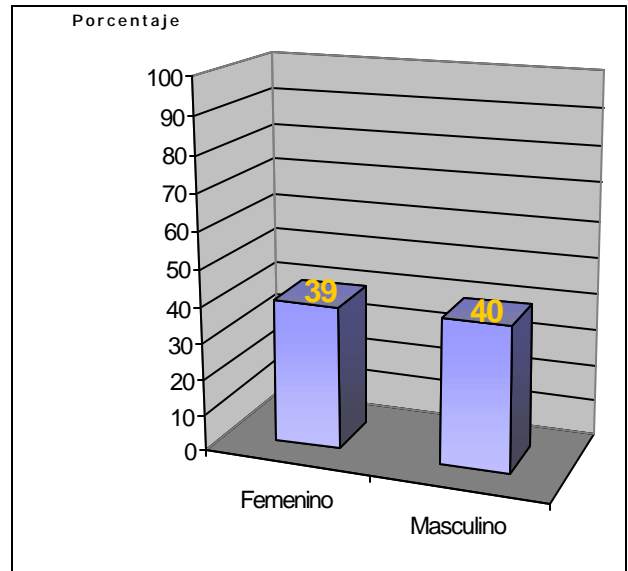


Gráfico N° 6: Personas que se trasladarían a un lugar más silencioso.

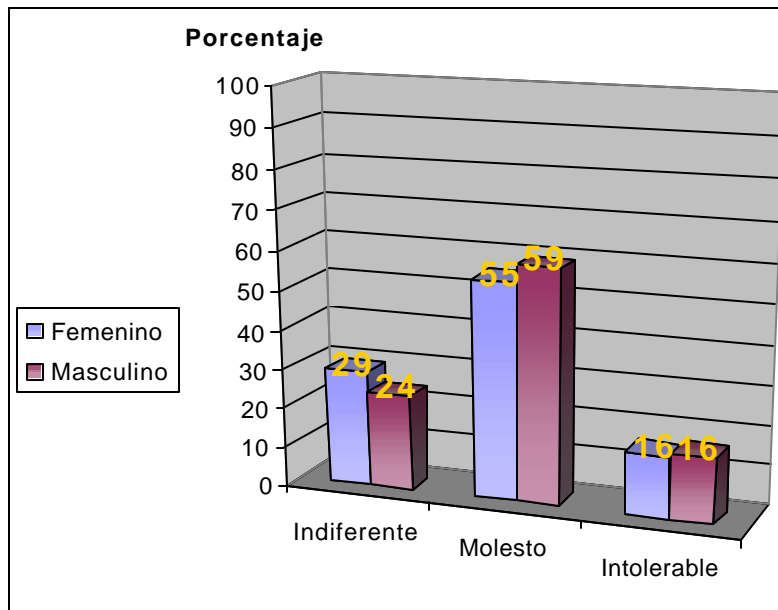


Gráfico N° 7: Opinión acerca del ruido existente en el lugar de residencia

ANÁLISIS DE LA VARIABLE “EDAD”

Al realizar el análisis de datos según la edad se apreció que la interrupción frecuente al sueño afectó en mayor medida (30,21 %) al grupo etario de 30 a 39 años y en un 29,7 % al grupo de 50 a 59 años siendo el menos comprometido el grupo de 40 a 49 años con un 3,23 % de personas molestas.

Por otro lado en la demora en conciliar el sueño los grupos mas comprometidos fueron de 20 a 29 años (58,97 %) y de 60 a 69 años (53,85 %) obteniendo nuevamente el menor valor de molestia el grupo de 40 a 49 años (34,38 %).

La concentración se vio afectada por el ruido en mayor medida en las personas de entre 50 a 59 años (41,67 %) y a los de entre 20 a 29 años (28,21 %), en este caso el grupo de 30 a 39 años fue el que menos porcentaje de molestia en la concentración obtuvo (5,26 %).

El mayor porcentaje de personas que dijeron que el ruido afectaba negativamente en la comunicación estuvo ubicado dentro del grupo de edades de 40 a 49 años en un porcentaje de 58,21 % y en menor medida en el grupo de 60 a 69 años con 55,41 %; la franja comprendida entre 10 a 19 años fue donde se ubicó el menor porcentaje de molestia en la comunicación (38,67 %)

Coincidentemente las personas de entre 50 a 59 años manifestaron en mayor medida considerar al ruido urbano como un aspecto ambiental a mejorar (62,5 %) y también a demostrado un mayor porcentaje de intenciones de mudarse del lugar de residencia hacia un lugar más silencioso (54,17 %). Los valores inversos se obtuvieron en el grupo de 40 a 49 años con un 53 % de personas que consideran al ruido como un aspecto ambiental a mejorar y un 25 % que se iría de su barrio a causa del ruido.

Por ultimo los valores de opinión estuvieron mucho más repartidos ya que la mayor indiferencia hacia el ruido se ubicó en el rango de 70 a 79 años (40 %), el mayor porcentaje de molestia en la franja de 10 a 19 años (64,62 %) y la calificación del ruido como intolerable se vio en mayor medida en la franja de 50 a 59 años (25 %).

A pesar de las variaciones el grupo de 50 a 59 años es el que obtiene el mayor porcentaje de dificultades con el ruido, en la mayoría de los ítems investigados.

Porcentajes de interferencia obtenidos según la variable “edad”

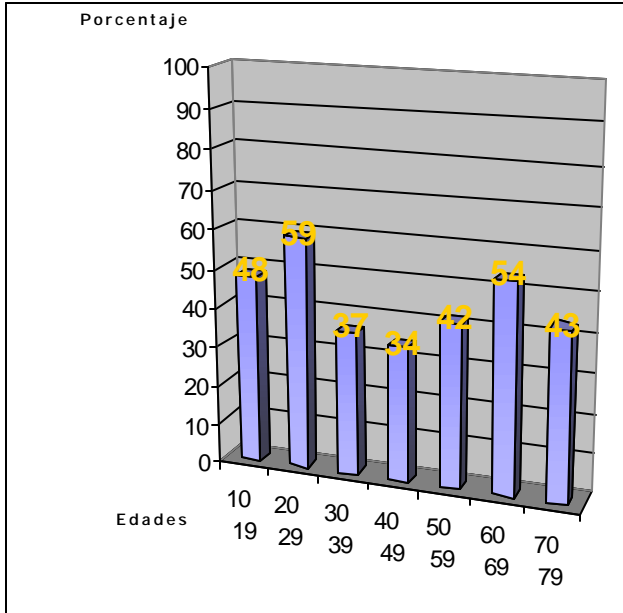


Gráfico N° 8: Interrupción frecuente al sueño.

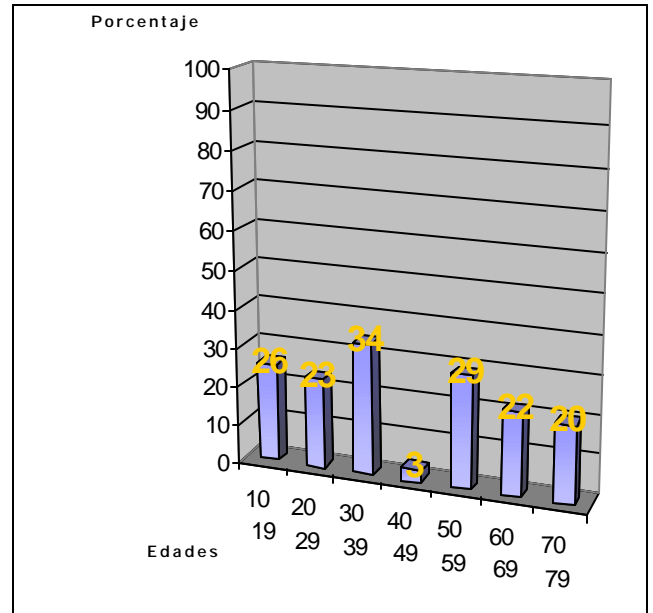


Gráfico N°9: Demora en conciliar el sueño.

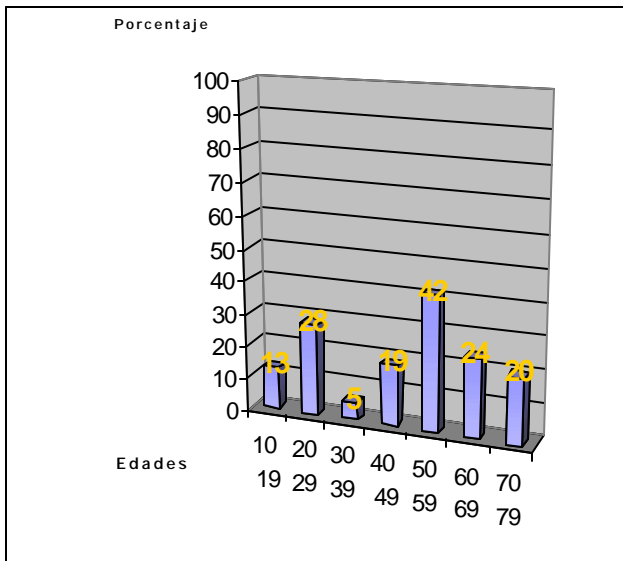


Gráfico N° 10: Dificultad en realizar actividades que exijan concentración.

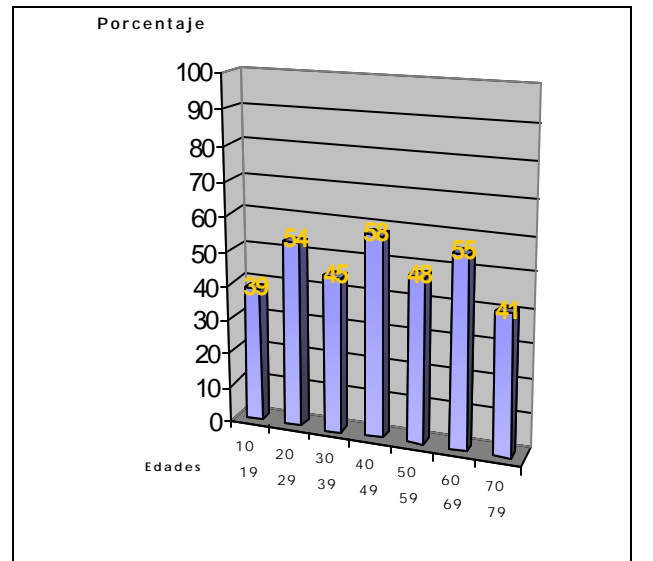


Gráfico N° 11: Interferencia en las comunicaciones.

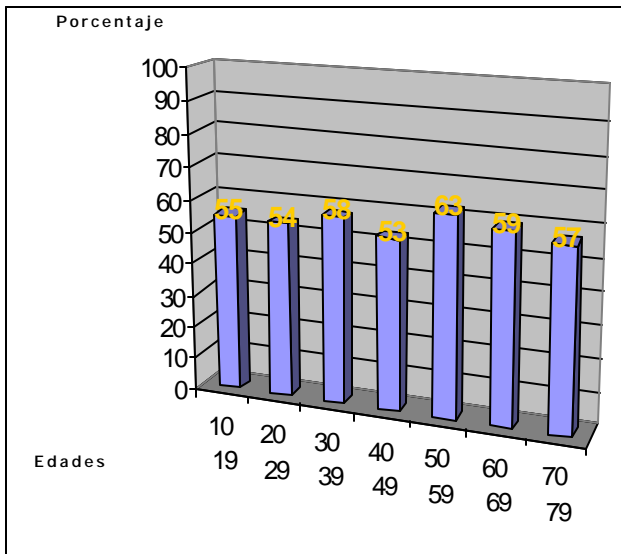


Gráfico N° 12: Personas que consideran al ruido urbano como un aspecto a mejorar.

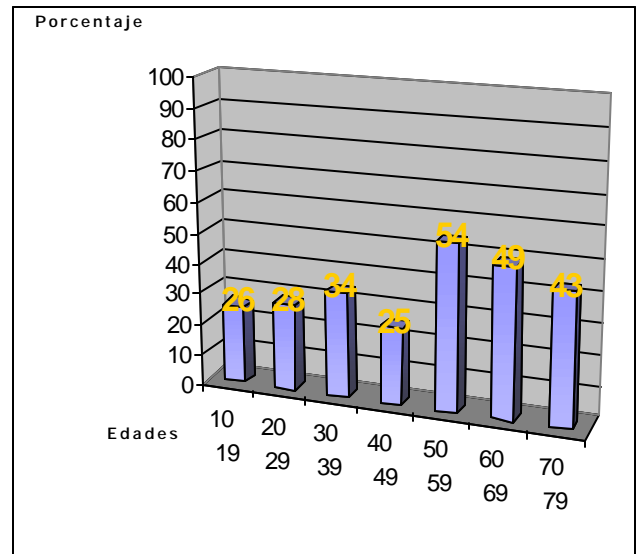


Gráfico N° 13: Personas que se trasladarían a un lugar más silencioso

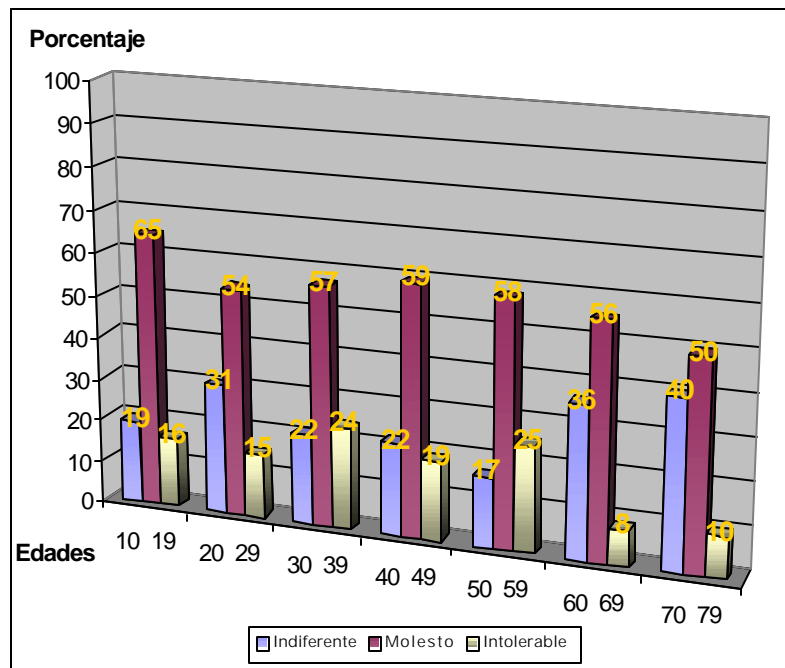


Gráfico N° 14: Opinión acerca del ruido existente en su lugar de residencia.

ANÁLISIS DE LA VARIABLE “TIEMPO DE RESIDENCIA”

La variable que corresponde al tiempo de residencia nos mostró que no existen diferencias marcadas en los porcentajes obtenidos en personas de mas de 1 año de residencia en el lugar, destacando que las diferencias encontradas entre los grupos de 1 a 10 años de residencia en la zona y más de 10 años de residencia son demasiado leves como para considerarlos significativos. Podemos detallar que el grupo de 1 a 10 años de residencia obtuvo el porcentaje mas alto de interrupción frecuente al sueño (26,53 %) así como también en las molestias en la comunicación (75,55 %) mientras que los valores mas altos en la demora en conciliar el sueño (47,41 %) la concentración (27,59 %) la voluntad de desplazarse del lugar de residencia (42,24 %) y la valoración del ruido como un aspecto ambiental a mejorar (58,62 %) se dio en el grupo de personas con mas de 10 años de residencia. Al analizar la opinión de la población afectada en lo referente al ruido la mayor indiferencia se registró en las personas de menos de un año de residencia (41,18 %) y los porcentajes mas elevados de individuos que eligieron la calificación de molesto (60,20 %) e intolerable (21,43 %) se ubicó en el rango de 1 a 10 años de residencia.

Porcentajes de interferencia obtenidos según la variable “Tiempo de residencia”

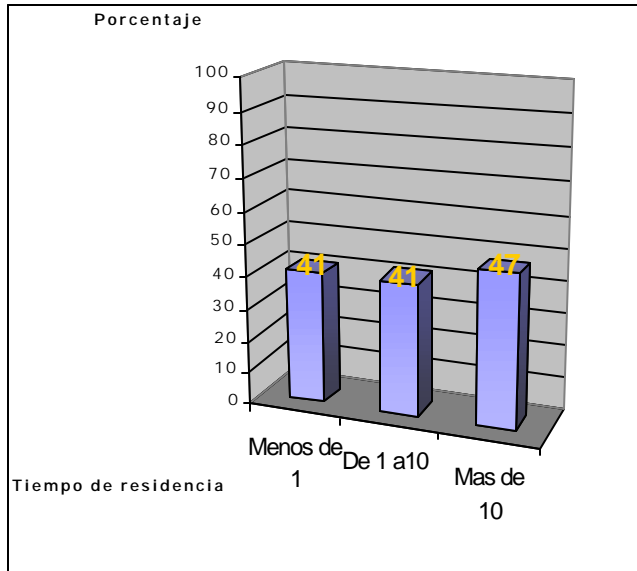


Gráfico N° 15: Interrupción frecuente al sueño.

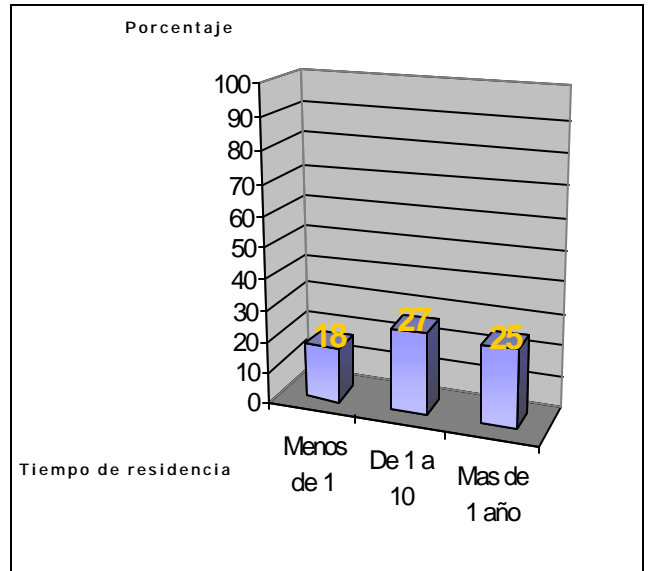


Gráfico N° 16: Demora en conciliar el sueño.

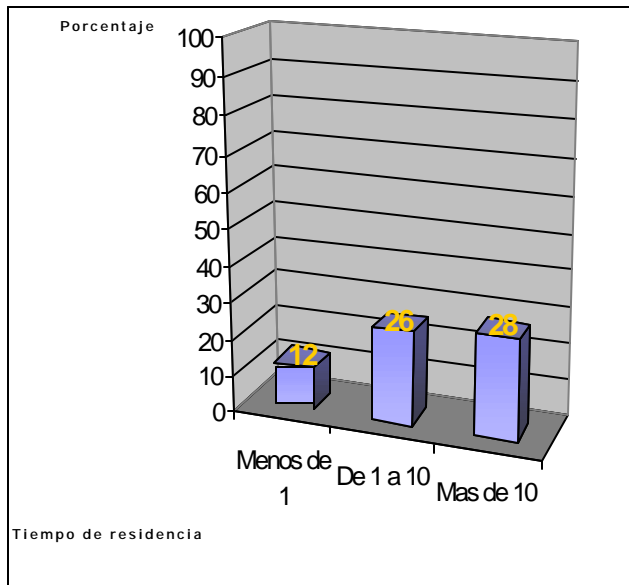


Gráfico N° 17: Dificultad en realizar actividades que exijan concentración

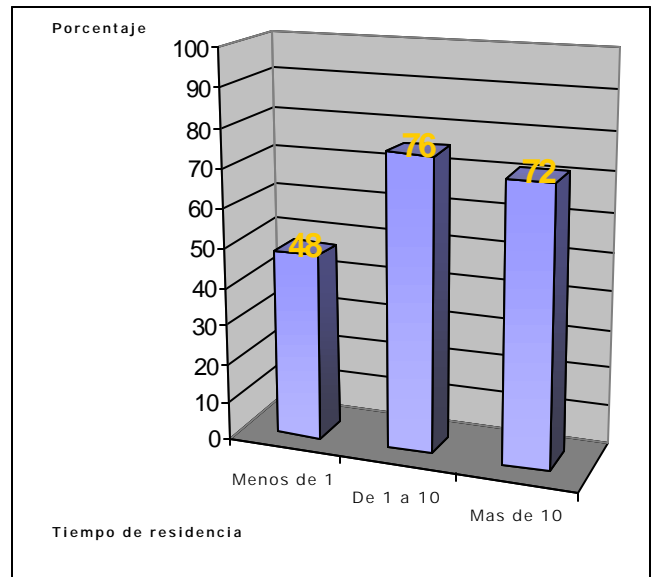


Gráfico N° 18: Interferencia en la comunicación.

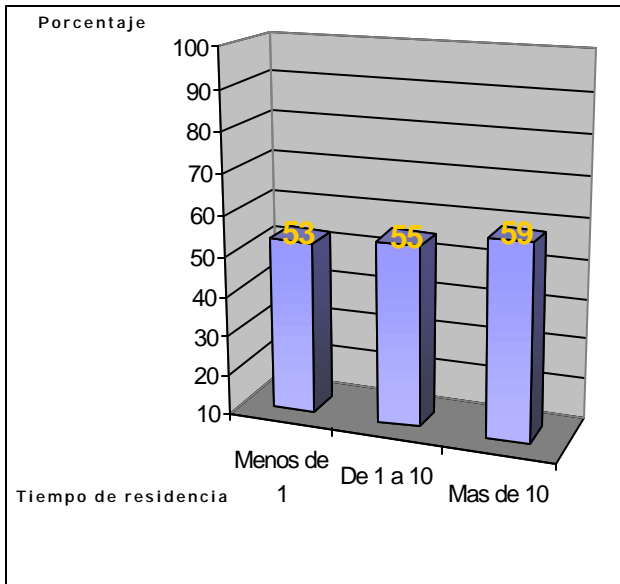


Gráfico N° 19: Personas que consideran al ruido urbano como un aspecto a mejorar.

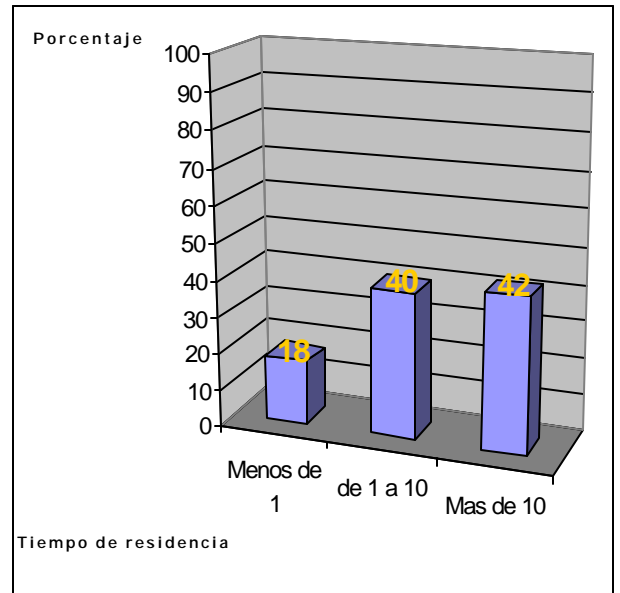


Gráfico N° 20: Personas que se irían a un lugar mas silencioso.

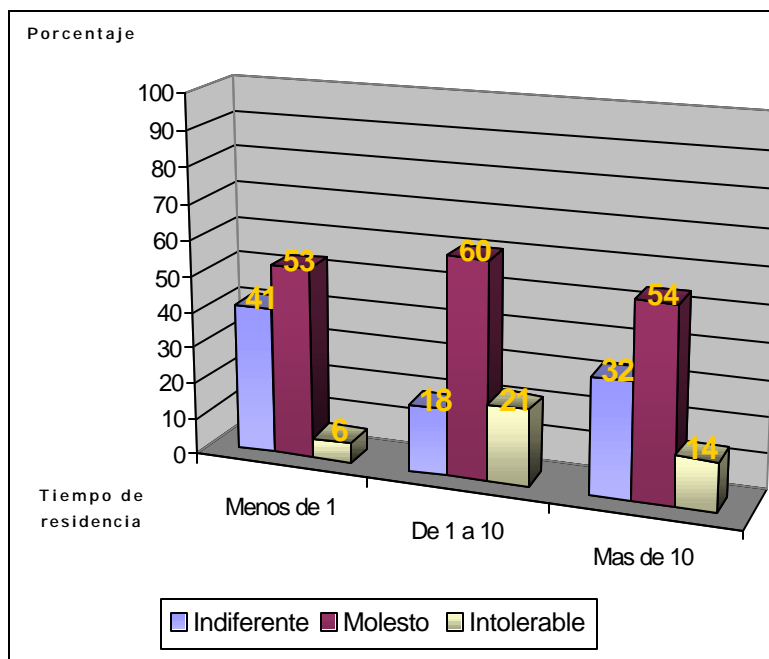


Gráfico N° 21: Opinión acerca del ruido existente en el barrio.

ANÁLISIS DEL INDICE DE MOLESTIA

Analizando el índice de molestia se apreció que los valores que éste adoptó no ofrecieron grandes variaciones con respecto a las categorías. Sin embargo se observó que los mas afectados fueron el sexo masculino con un índice de 2,47, el grupo etario de 50 a 59 años con un índice de 2,75 y aquellas personas con 1 a 10 años de residencia que obtuvieron un índice de molestia de 2,6.

Índices de molestia obtenidos

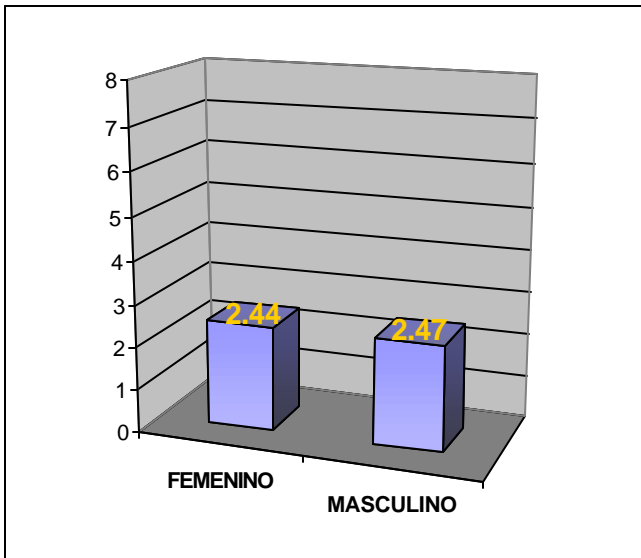


Gráfico N° 22: Índice de molestia según la variable "Sexo".

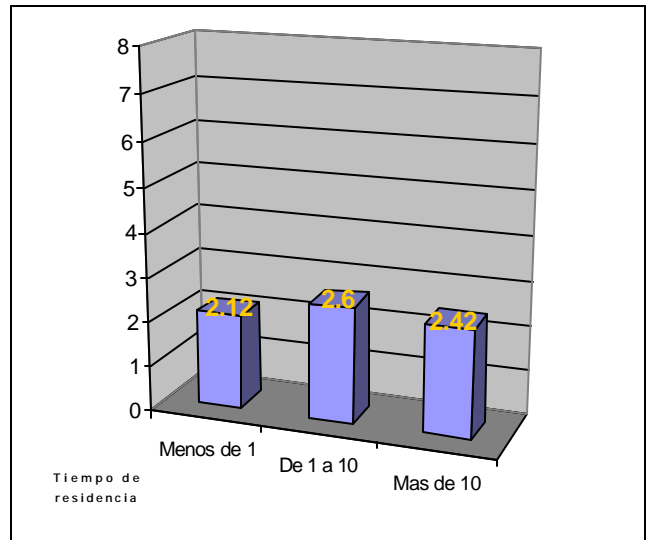


Gráfico N° 24: Índice de molestia según la variable "tiempo de residencia".

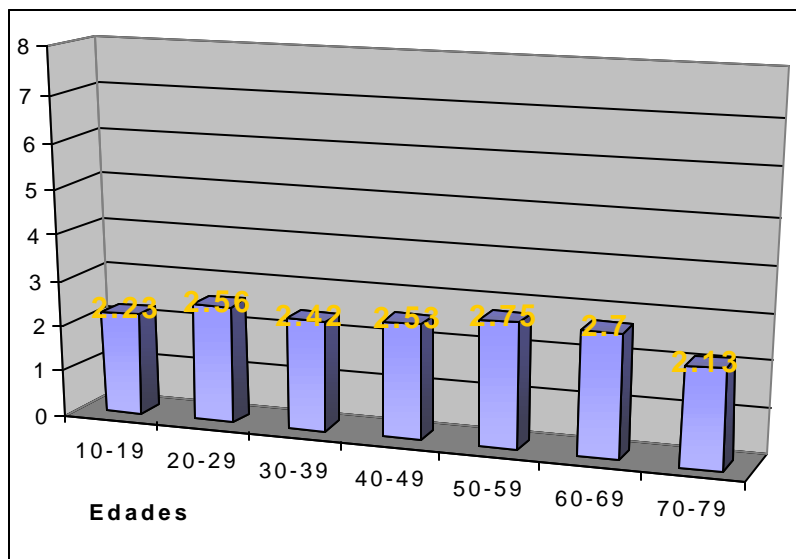


Gráfico N° 23: Índice de molestia según la variable "Edad".

RESULTADOS GRUPO “B”

ANÁLISIS DE LA VARIABLE “SEXO”

Con respecto a la variable sexo se observó que el femenino fue el que sufrió en mayor medida la interrupción en el sueño a causa del ruido (13,51 %) y la demora en conciliarlo (11,49 %) manifestando también en mayor medida (15,5 %) que cambiaría su lugar de residencia a causa del ruido, del cual opinaron en mayor medida que es un aspecto ambiental a mejorar (31 %).

En relación con la actividad de la concentración y la comunicación el sexo masculino mostró los porcentajes mas altos de molestia, 12,5 % para la primera y 16,25 % para la segunda.

Al observar la opinión de los diferentes sexos, el calificativo de indiferente se dio en mayor medida en el sexo masculino (60 %) mientras que el de molesto e intolerable en el sexo femenino (38,16 % y 5,4 % respectivamente)

Porcentajes obtenidos según la variable "Sexo"

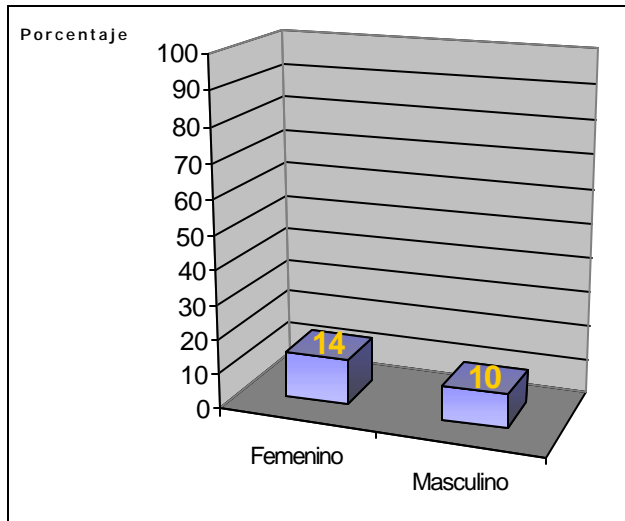


Gráfico N° 25: Interrupción frecuente al sueño.

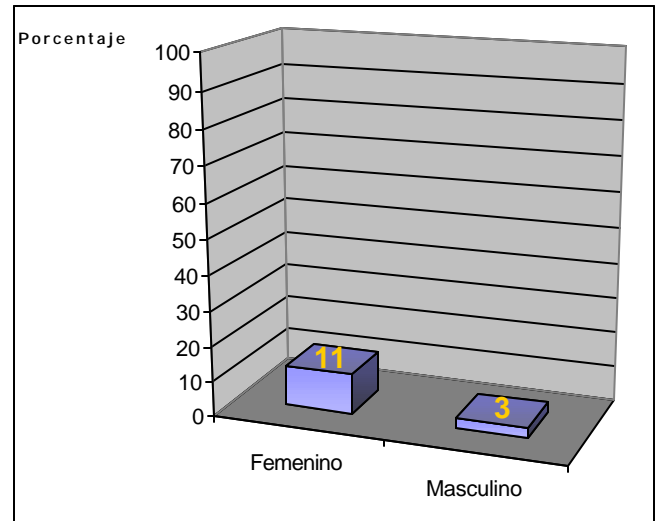


Gráfico N° 26: Demora en conciliar el sueño.

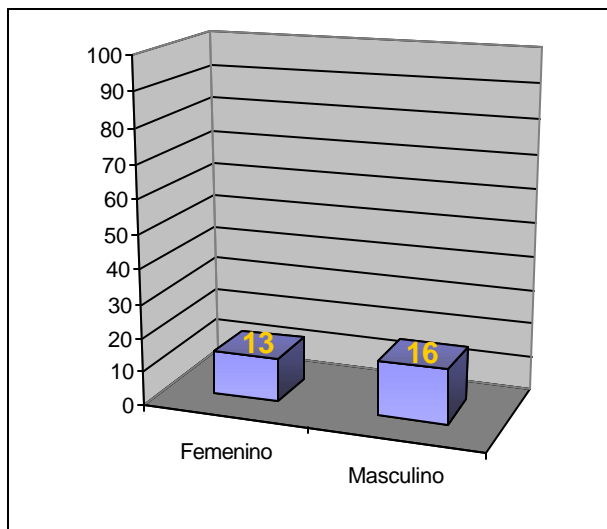


Gráfico N° 27: Dificultad en realizar actividades que exijan concentración.

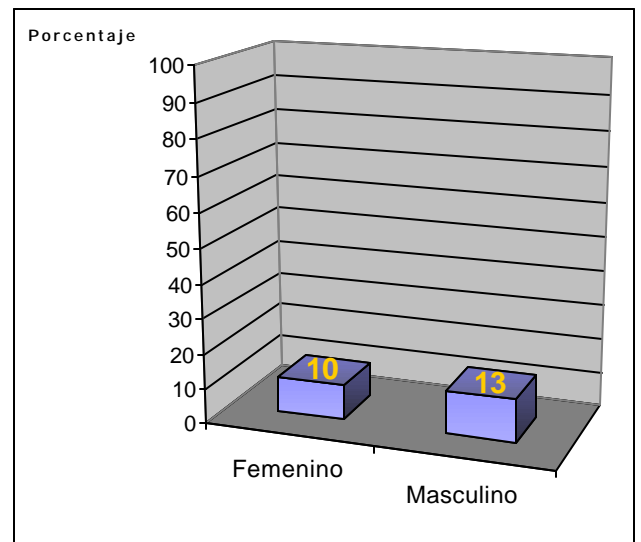


Gráfico N° 28: Interferencia en las comunicaciones.

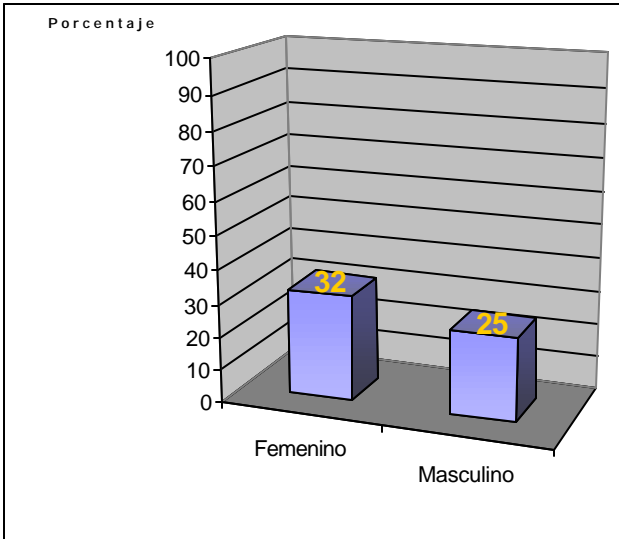


Gráfico N° 29: Personas que consideran al ruido urbano como un aspecto a mejorar.

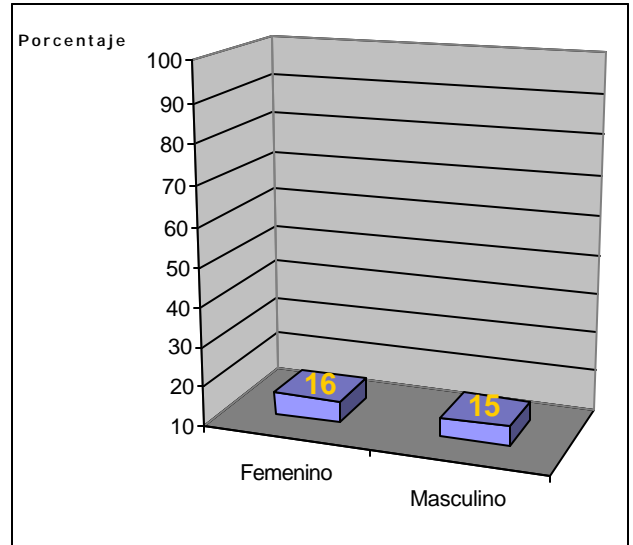


Gráfico N° 30: Personas que se irían a vivir a un lugar más silencioso.

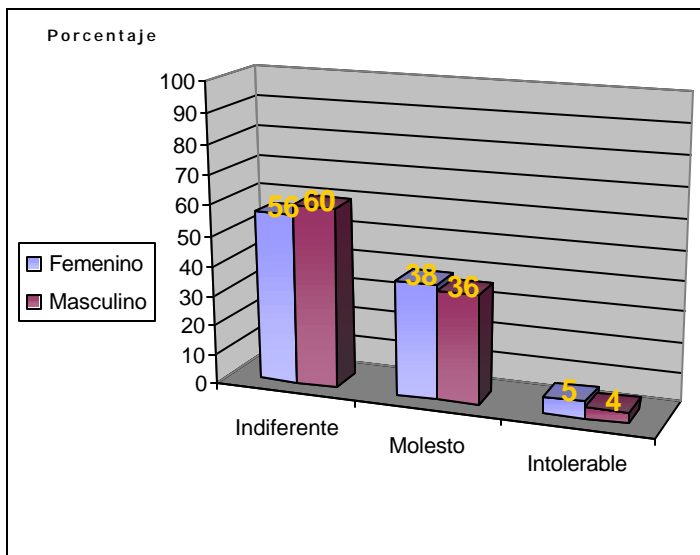


Gráfico N° 31: Opinión acerca del ruido existente en el lugar de residencia.

ANÁLISIS DE LA VARIABLE “EDAD”

Acerca de la edad el mayor porcentaje de personas que presentaron problemas en conciliar el sueño fue aquella comprendida entre 40 a 49 años con un 57,69 % y en un menor porcentaje de 30 a 39 años con 24,32 % y el menos comprometido el rango de 30 a 39 años con 5,42 %.

En el caso de la concentración el grupo etario de 10 a 19 años fue el que más se vio afectado (15,38 %) contrariamente al grupo de 70 a 79 años donde se registró el valor de molestia mas bajo (4 %).

La actividad de la comunicación en la franja de 20 a 29 años obtuvo mayor porcentaje de interferencia (28,47 %) y el menor se obtuvo en la franja de 50 a 59 años (9 %).

Cuando se investigó si el ruido era un factor determinante en la decisión de trasladar el lugar de residencia, la mayoría de respuestas afirmativas la dieron las personas de entre 50 a 59 años (54,17 %) mientras que la población de 30 a 39 años registró los menores valores (5,4 %).

En cuanto a la opinión de considerar al ruido como un aspecto ambiental a mejorar se vio en mayor medida en el grupo de 70 a 79 años (44 %) y en menor grado al comprendido entre 10 a 19 años (19,23 %).

Los resultados reflejaron el mayor porcentaje de indiferencia hacia el ruido en el grupo etario de 60 a 69 años con un valor de 68,75 %, el grupo de 10 a 19 años fueron los que notaron en mayor medida como molesto al ruido de su barrio (50 %) y como calificando al ruido como intolerable resaltó el grupo de 70 a 79 años (8,33 %)

Porcentajes de interferencia obtenidos según la variable “edad”

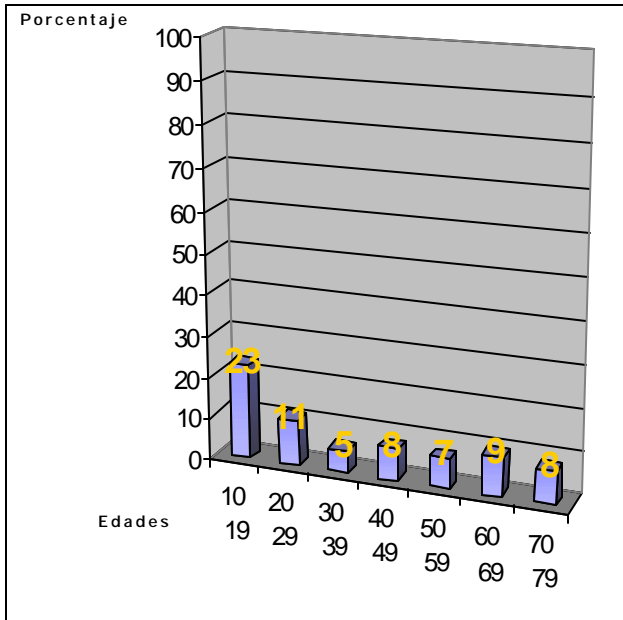


Gráfico N° 32: Interrupción frecuente al sueño.

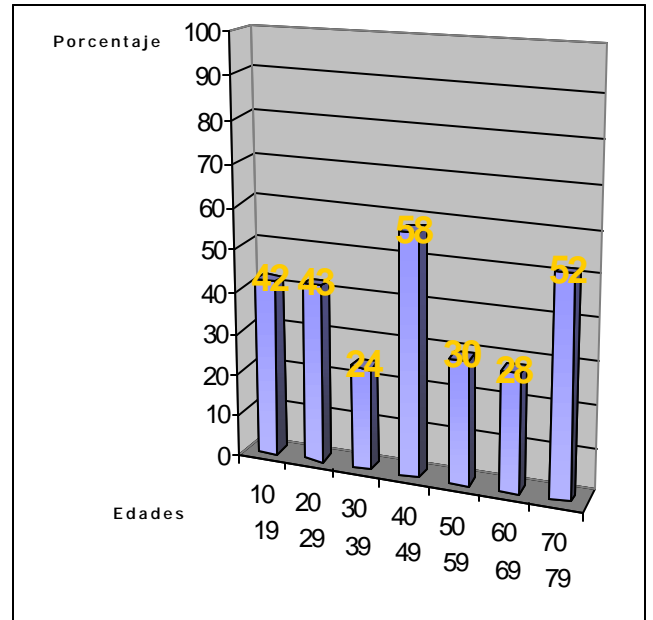


Gráfico N° 33: Demora en conciliar el sueño.

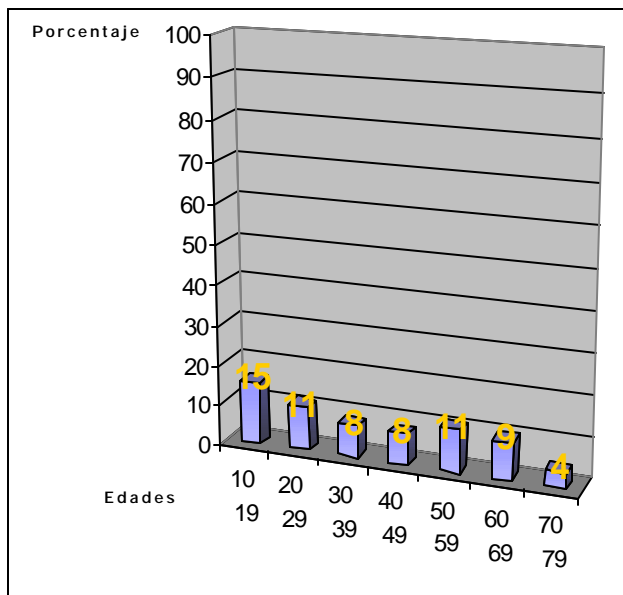


Gráfico N° 34: Dificultad en realizar actividades que exijan concentración.

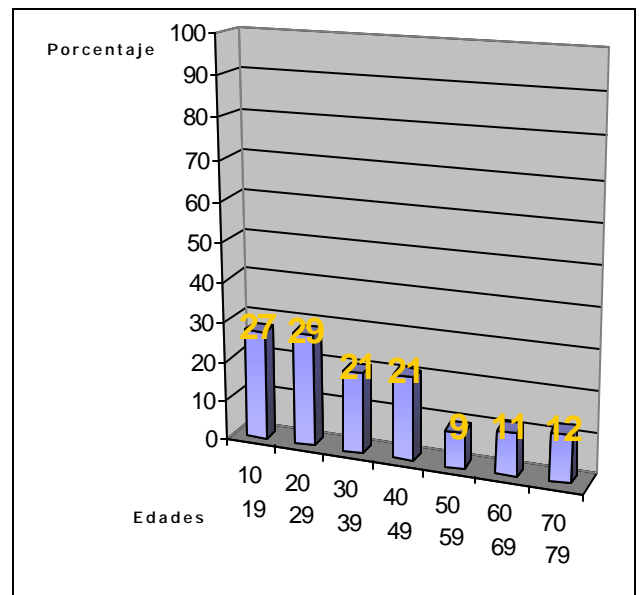


Gráfico N° 35: Interferencia en las comunicaciones.

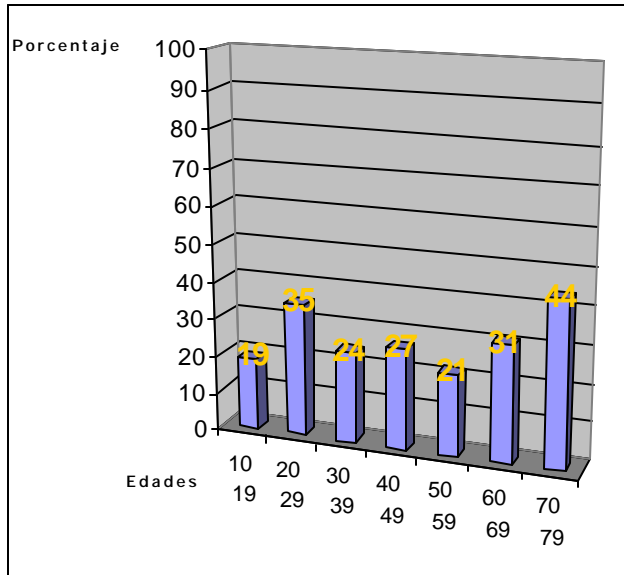


Gráfico N° 37: Personas que consideran al ruido urbano como un aspecto a mejorar

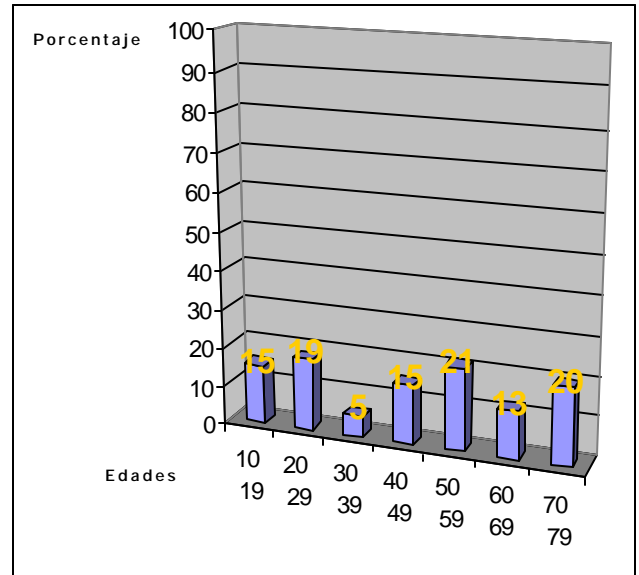


Gráfico N° 38: Personas que se irían a un lugar mas silencioso.

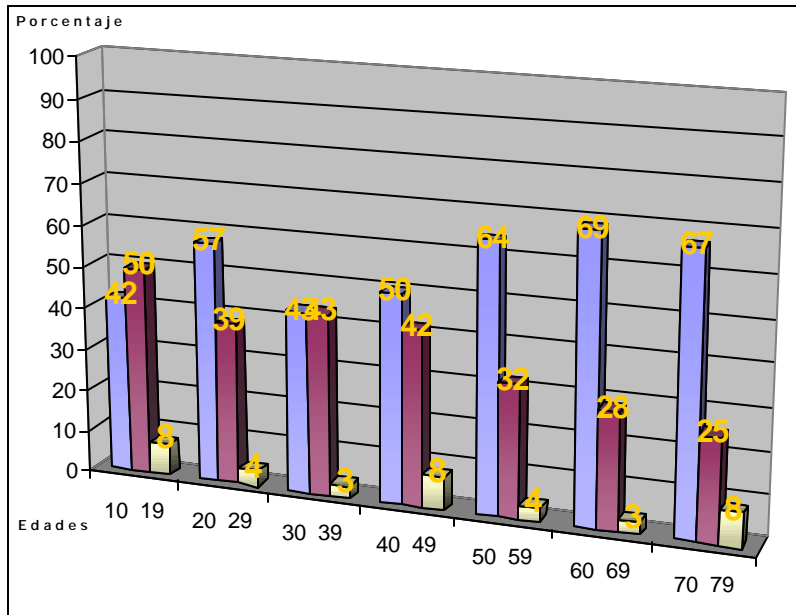


Gráfico N° 38: Opinión acerca del ruido existente en el lugar de residencia.

ANÁLISIS DE LA VARIABLE “TIEMPO DE RESIDENCIA”

En referencia al tiempo de residencia, aquellas personas con menos de un año de residencia en la zona estudiada registraron los mayores porcentajes de interferencia en sus actividades a causa del ruido con un 11,1 % que dijo demorar en conciliar el sueño, un 22,2 % que sufrió el impacto en la concentración y un 33,3 % en la comunicación. El mismo grupo expresó la voluntad de cambiar su lugar de residencia si tuviera la posibilidad de hacerlo en un 22,2 % y el 33,3 % indicó la necesidad de mejorar el ruido existente en su barrio.

El grupo con 1 a 10 años de residencia manifestó en mayor medida (10,75 %) la interrupción en la actividad del sueño y también mostró los mayores porcentajes al opinar que el ruido de su barrio era molesto (40,8 %) e intolerable (5,38 %) y en cuanto a calificar al ruido como indiferente el porcentaje mayor (88,89 %) se observó en las personas que tienen menos de un año de residencia.

Porcentajes de interferencia obtenidos según la variable “tiempo de residencia”

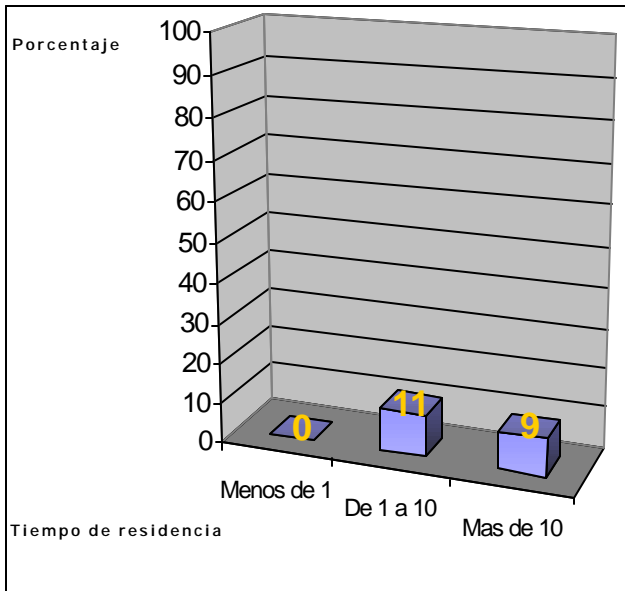


Gráfico N° 39: Interrupción frecuente al sueño.

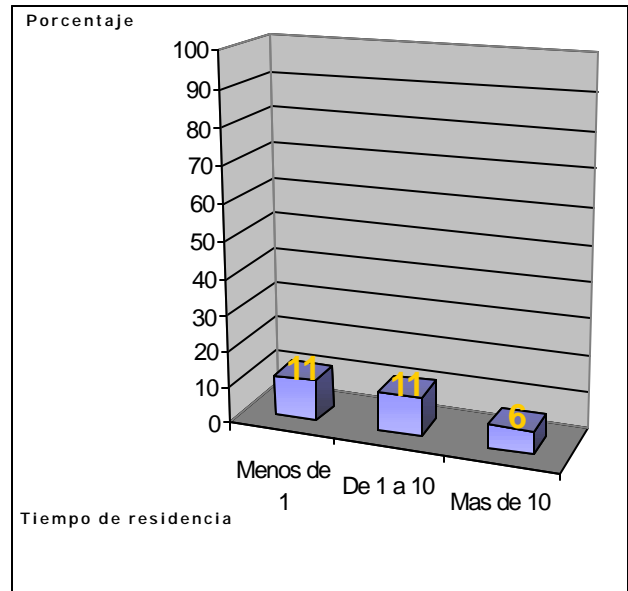


Gráfico N° 40: Demora en conciliar el sueño.

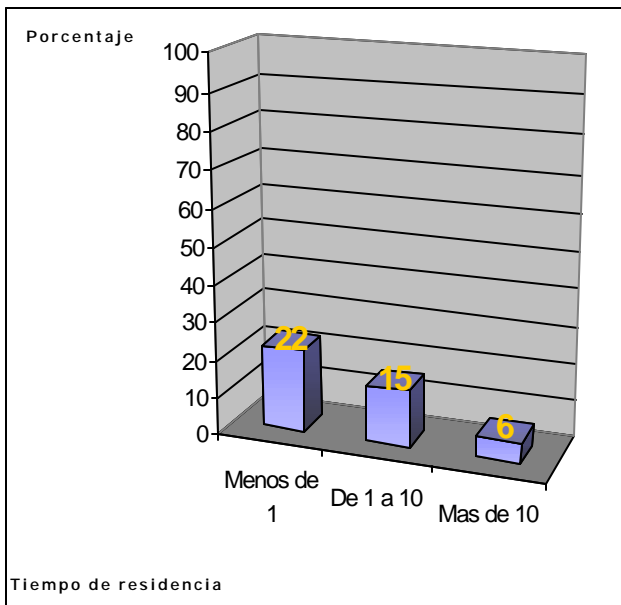


Gráfico N° 41: Dificultad en realizar actividades que exijan concentración.

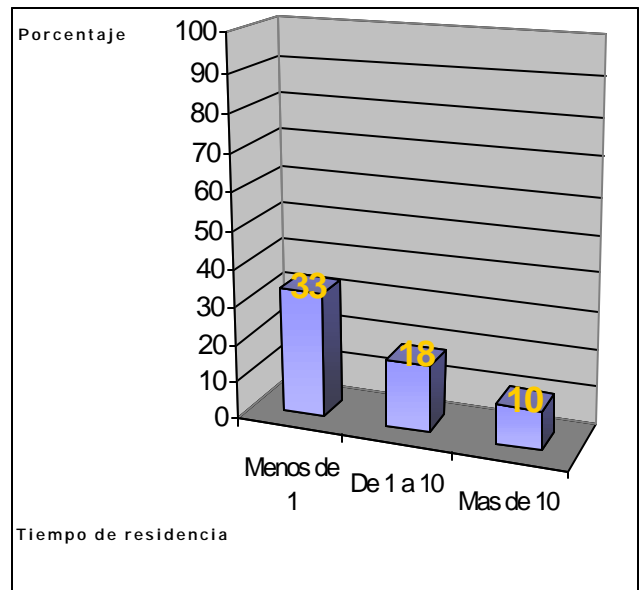


Gráfico N° 42: Interferencia en las comunicaciones.

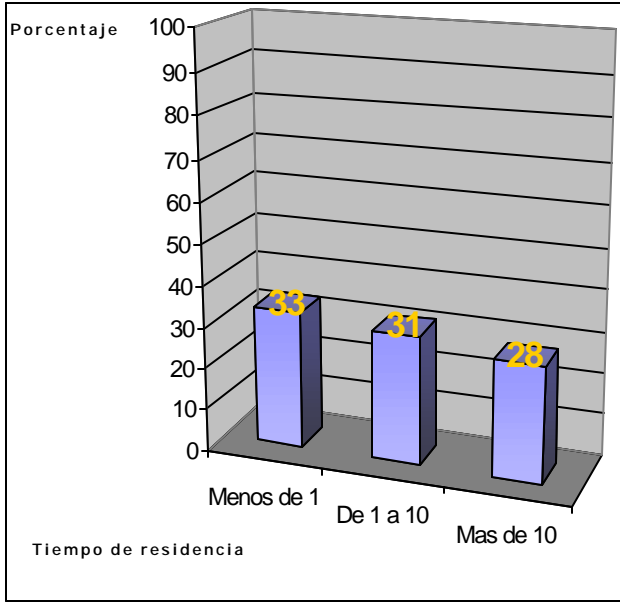


Gráfico N° 43: Personas que consideran al ruido urbano como un aspecto a mejorar.

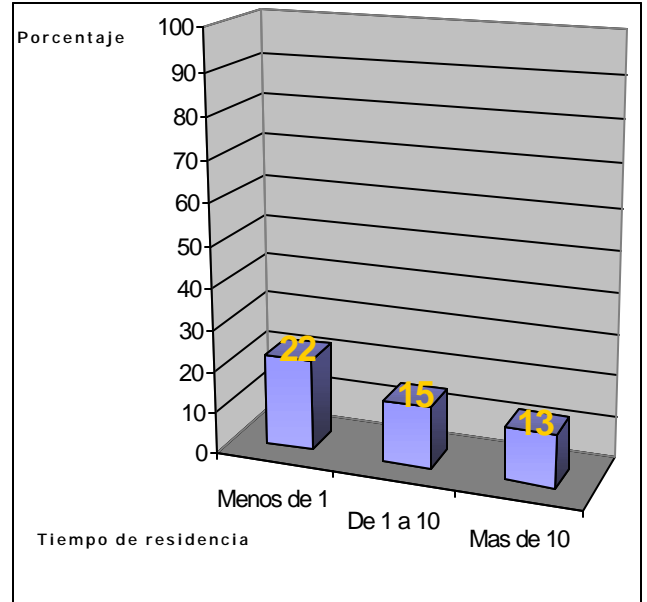
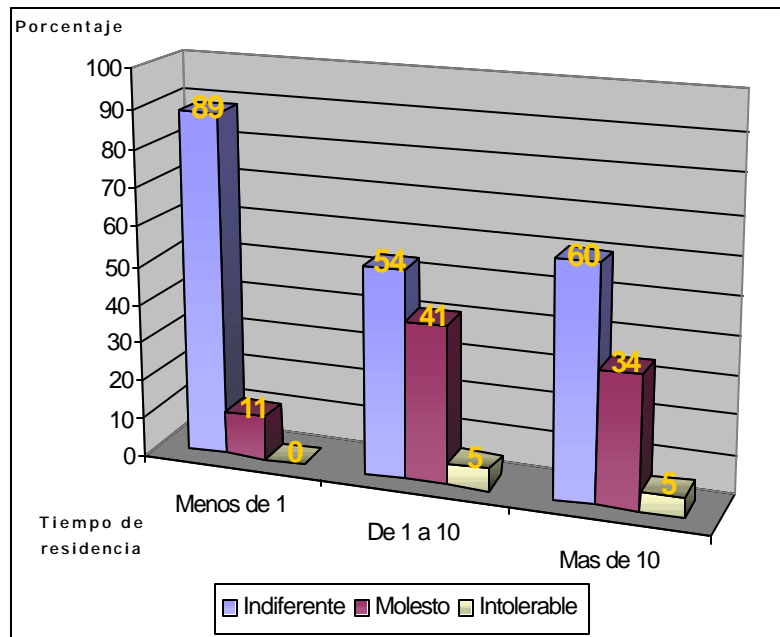


Gráfico N° 44: Personas que se irían a un lugar mas silencioso.



Cuadro N° 45: Opinión acerca del ruido existente en el lugar de residencia.

ANÁLISIS DEL INDICE DE MOLESTIA

Dentro de la población residencial el mayor índice de molestia se encontró en el sexo femenino (1,24), en el grupo etario de 20 a 39 (1,44) y en las personas con menos de un año de residencia (1,4), resaltando la uniformidad en su distribución.

Indices de molestia obtenidos

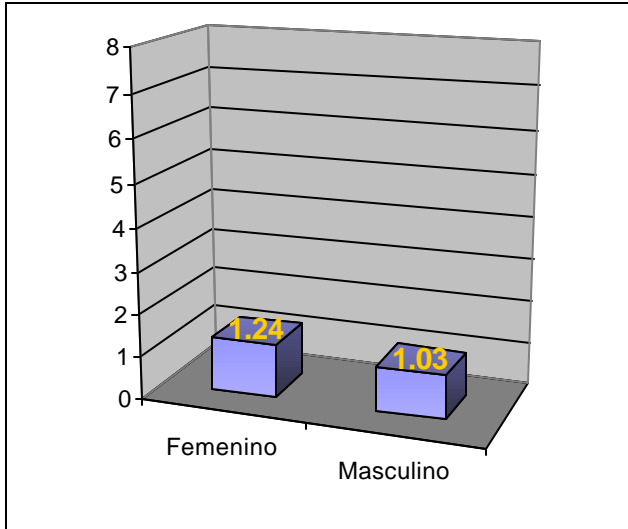


Gráfico N° 46: Indices de molestia según la variable "sexo".

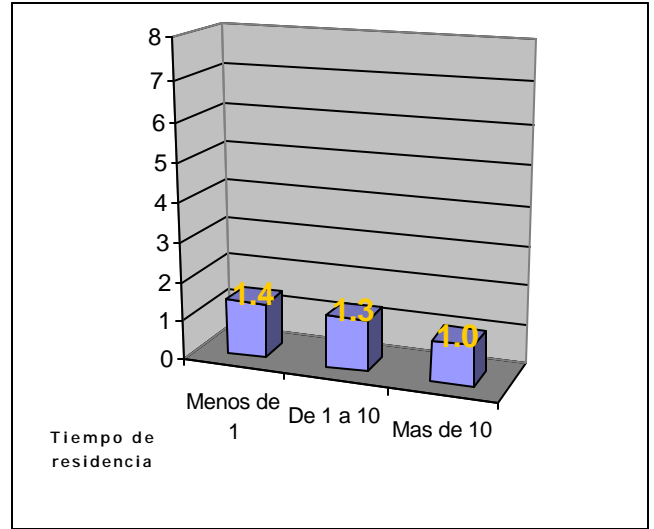


Gráfico N° 47: Indices de molestia según la variable "tiempo de residencia".

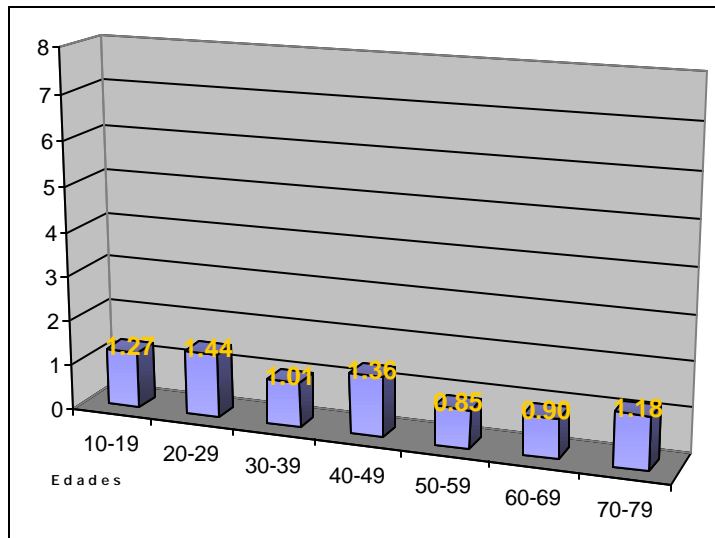


Gráfico N° 48: Indices de molestia según la variable "edad".

PRESENTACION DE RESULTADOS

Población residente	Población afectada	
Aspecto analizado	Grupo A	Grupo B
Interrupción frecuente al sueño.	25%	11%
Demora en conciliar el sueño.	23%	7,5%
Dificultades en la concentración.	26%	10%
Interferencia en las comunicaciones.	50%	19%
Disconformidad con el lugar de residencia debido al ruido.	40%	15%
Percepción del ruido como principal contaminante.	57%	28%
Principal aspecto ambiental a mejorar.	Ruido	Residuos

Analizando el relevamiento de opinión es significativo hacer notar que la comunicación fue la actividad que obtuvo el mayor porcentaje de población afectada tanto en el grupo de residentes en las zonas con elevados niveles de ruido como en aquellos que presentan niveles menores, pero con una marcada diferencia en cuanto a los porcentajes, ya que en el grupo B se halló un 19 % de población afectada contra un 50 % de ésta en el grupo A, valor que representa que una de cada dos personas sufre dificultades en la comunicación a causa del ruido de tránsito.

El 40 % de las personas que residen sobre las Avenidas Amadeo Sabattini, Juan B. Justo y 24 de Septiembre indicaron estar disconformes con su lugar de residencia a causa del ruido manifestando en algunos casos la intención de trasladarse a un lugar más silencioso si tuviera la posibilidad de hacerlo ya que el 57 % de esta población calificó al ruido como uno de los principales contaminantes de su entorno considerándolo el principal aspecto a mejorar.

La degradación de la calidad de vida a causa de los elevados niveles sonoros presentes en estas avenidas, se ve reflejada no solamente en lo

anteriormente dicho sino en las molestias ocasionadas durante la actividad del sueño que padece un 48 % de la población.

También es notorio que el 26 % de la población del grupo A manifestó que el ruido les impedía o dificultaba realizar normalmente actividades que requerían de concentración, teniendo que recurrir, por ejemplo, a elegir horarios determinados en los cuales el ruido urbano no era tan intenso.

En las zonas aledañas a las avenidas, pero con niveles sonoros de menor intensidad, los porcentajes de población que vieron afectada el normal desempeño de sus actividades cotidianas fueron menores, no superando en la mayoría de los casos el 20 %.

Sin embargo aunque en estas zonas adquieren mas relevancia otros aspectos ambientales a mejorar como por ejemplo los residuos, hay un considerable porcentaje (28 %) de personas que opinan que el ruido es una de los principales contaminantes existentes en su lugar de residencia, a pesar de estar expuestos a menores niveles sonoros.

	Grupo A	Grupo B
Leq.	76,2 dB	< 70 dB
Indice promedio	2,5	1,2
Porcentaje de personas molestas	41%	9%
Porcentaje de personas altamente molestas	20%	2%
Actividad mas impactada	Comunicación (50%)	Comunicación (19%)

Acceso	Leq. promedio	Flujo vehicular	Tipo de vehículos			
			Autos	Motos	Tránsito pesado	Utilitarios
Av. Amadeo Sabattini	76,3 dB	2287 v/h	1548 v/h	151 v/h	143 v/h	445 v/h
Av. 24 de Septiembre	76 dB	1460 v/h	1081 v/h	76 v/h	108 v/h	198 v/h
Av. Juan B. Justo	78,2 dB	1619 v/h	1103 v/h	94 v/h	97 v/h	324 v/h
Av. Eduardo Bulnes	76 dB	1472 v/h	1024 v/h	108 v/h	94 v/h	246 v/h
Av. Patria	75 dB	988 v/h	648 v/h	67 v/h	75 v/h	199 v/h

En cuanto a los índices de molestia obtenidos notamos que el grupo A presenta un índice promedio de 2,5 el cual, si bien no llega a estar dentro de los valores estimados necesarios para considerar a una persona como molesta (mayor o igual a 3), es importante resaltar que existe un 41 % de personas que alcanzaron la categoría de molestas y un 20 % de personas calificadas como altamente molestas lo que representa una de cada cinco personas. Contrariamente a lo observado en el grupo B donde el porcentaje de personas altamente molestas es del 2 % o sea una de cada cincuenta.

También se encontró un 9 % de personas molestas en el grupo B y el índice promedio resultó de aproximadamente la mitad del obtenido en el grupo B (1,2).

Por otro lado si observamos los valores de ruido de tránsito medidos vemos que el grupo A presentó un nivel sonoro continuo equivalente fue de 76,2 dB, mientras que en el grupo perteneciente a la zona residencial (B) mostraron Leq. inferiores, de < de 70 dB.

		Grupo A			Grupo B		
		Indice promedio	% de personas molestas	% de personas altamente molestas	Indice promedio	% de personas molestas	% de personas altamente molestas
Sexo	Fem.	2,45	51,1%	32,6%	1,24	18,2%	4,7%
	Masc.	2,47	49,5%	11%	1,03	12,5%	6,3%
Tiempo de residencia	Menos de 1 año	2,12	41,2%	29,4%	1,38	33,3%	11,1%
	De 1 a 10 años	2,59	60,2%	32,7%	1,29	19,1%	8,5%
	Mas de 10 años	2,42	48,3%	31,9%	1,02	12,6%	2,5%
Edades	10 a 19 años	2,26	58,1%	32,3%	1,27	15,4%	7,7%
	20 a 29 años	2,56	28,2%	15,4%	1,44	31,5%	11,1%
	30 a 39 años	2,42	47,4%	26,3%	1,01	8,1%	2,7%
	40 a 49 años	2,53	40,6%	21,9%	1,36	19,2%	3,8%
	50 a 59 años	2,75	66,7%	50%	0,85	14,3%	3,6%
	60 a 69 años	2,69	54,1%	37,8%	0,9	0%	3,1%
	70 a 79 años	2,13	43,3%	76,9%	1,1	12%	0%

El cuadro anterior muestra una comparación de los resultados importantes obtenidos en el grupo A en oposición al grupo B.

El grupo A que fue el expuesto a niveles sonoros más elevados, si bien en ningún caso el promedio del índice alcanza el valor de 3 o más; los porcentajes de población calificada como molesta y altamente molesta resultaron muy elevados con los mayores registros de personas molestas en el sexo masculino (49,5 %), personas con 1 a 10 años de residencia en el lugar (60,2 %) y con edades de entre 50 a 69 años (66,7 %) y ubicándose lo mayores porcentajes de personas altamente molestas en el sexo femenino (32,6 %), en personas de 1 a 10 años de residencia (32,7 %) y en el grupo etario de 60 a 69 años.

Contrariamente a lo que ocurre en el grupo B donde, producto de los menores niveles sonoros, los índices promedio fueron aproximadamente la mitad de los encontrados en el grupo anterior siendo también significativo que el porcentaje de personas molestas y altamente molestas no superen nunca el 33,3%.

Específicamente los mayores valores de personas molestas se registraron en el sexo femenino (18,2 %), en las personas de menos de un año de residencia (33,3 %) y en el grupo etario de 20 a 29 años (31,5 %). Como altamente molestas la mayoría de las respuestas estuvieron en el sexo masculino (6,3 %), personas con menos de un año de residencia (11,1 %) y aquellas de entre 20 a 29 años.

Todos los datos pertenecientes al grupo A como al grupo B fueron divididos según variables: edad, sexo y tiempo de residencia en el lugar, analizando en cada caso el índice de molestia y las diferentes actividades a investigar (sueño, concentración, comunicación, percepción del ruido como un contaminante y juicios de valor acerca del ruido existente en su lugar de residencia.

- ✓ Sexo: se tomaron las categorías masculino y femenino para analizar si pudiese existir un factor de variabilidad importante entre ellos.
- ✓ Edad: se consideraron los rangos de 10 a 79 años subdividiéndolos en categorías de 10 a 19 años, 20 a 29 años, 30 a 39 años, 40 a 49 años, 50 a 59 años, 60 a 69 años y 70 a 79 años.

- ✓ Tiempo de residencia: se tuvo en cuenta la cantidad de años de residencia y se dividió en tres categorías: menos de 1 años de residencia, de 1 a 10 años y más de 10 años de residencia en el lugar.

CONCLUSIONES

Cuando se abordan los efectos del ruido en el ser humano no se debe dejar nunca de lado el componente subjetivo que contiene la perturbación; no solo es importante considerar los efectos fisiológicos sino aquellos que, si bien no afectan directamente a la salud, degradan la calidad de vida de la persona expuesta.

Una forma de realizar esta valoración de manera exhaustiva es investigar la molestia que el ruido ocasiona en las personas, podemos decir que evaluar de manera completa los efectos del ruido es igual a evaluar la molestia.

Como se observa en los resultados, los niveles de ruido elevados provocan mayores molestias que cuando se encuentran niveles menores. La construcción del índice y su aplicación, muestra que es posible medir la molestia y que ésta adopta valores mas altos cuando se trata de lugares con niveles de ruido elevados y, recíprocamente, los valores disminuyen cuando el ruido también lo hace (Cuadro 3); se establece así una relación de tipo directa entre los niveles de ruido y la respuesta que puede esperarse de la población.

Pero la molestia considerada en este trabajo va mas allá de un simple juicio de valor acerca de un episodio aislado, implica ciertos cambios en los patrones de comportamiento diario ya que, como las personas no pueden controlar los niveles de ruido urbano a los que se ven expuestos, deben modificar sus actividades en función de él; así se ve condicionado el accionar diario a causa del ruido que lo rodea generándose un factor de estrés importante que incide directamente en el deterioro de la calidad de vida.

Según el documento de la Environmental Protection Agency publicado en 1975 una persona puede estar expuesta a 73 dB de ruido continuo durante 8 hs. sin sufrir daño auditivo, pero éste se producirá tanto si se exceden los niveles de ruido como si se aumenta el tiempo de exposición. Los niveles encontrados en las Avenidas Amadeo Sabattini, Juan B. Justo, 24 de Septiembre y Eduardo Bulnes superan ampliamente este nivel límite esto implica que, por ejemplo, en los casos donde se encontraron niveles de 76

dB. Leq. una persona no podría estar mas de 4 hs. fuera de su casa porque corre serios riesgos de dañar su aparato auditivo a largo plazo y a medida que los niveles aumentan, el tiempo que puede pasarse fuera de su casa en las calles, disminuye considerablemente.

Pero dentro de las casas la situación no mejora, ni se escapa a la interferencia que el ruido ocasiona. Una vivienda produce una atenuación típica de los niveles sonoros de 15 dB. aproximadamente, siendo necesario para esto que sus ocupantes se vean obligados a cerrar puertas y ventanas aún en las estaciones más calurosas. Pero a pesar de ello, en las avenidas estudiadas esto resulta insuficiente; por ejemplo en el caso de la comunicación que es una de las actividades humanas que necesita de los menores niveles de ruido de fondo para desarrollarse normalmente, esto es 35 dB de ruido de fondo para poder llevar a cabo una conversación a 50 dB de intensidad (sin esfuerzo vocal) con una distancia entre los hablantes de 1 m. y obteniendo un nivel de inteligibilidad del 100%; no resulta extraño entonces que ésta haya sido la actividad mas afectada según el sondeo de opinión realizado en las avenidas consideradas. Cuando el nivel de ruido de fondo excede estos niveles (aproximadamente a 45-50 dB), las personas se ven obligadas a realizar un esfuerzo por aumentar los niveles de su voz para poder comunicarse sin que se afecte la inteligibilidad del discurso o, en todo caso, disminuir la distancia que lo separa de su interlocutor. Así, por ejemplo, en el caso de la Avenida Juan B. Justo donde los niveles medidos oscilan entre los 75 dB Leq. con picos de hasta 77dB Leq. en algunos casos, las personas que allí residen deberán optar por alguna de las adaptaciones mencionadas, con estos niveles de ruido de fondo, el mismo documento de la E.P.A antes citado establece que los hablantes no deben estar separados por mas de 0,5 m. para comunicarse usando un nivel de voz normal o en todo caso, aumentarla considerablemente si se quiere obtener una inteligibilidad aceptable; además, al ser el ruido urbano un fenómeno tan cambiante en función del tiempo numerosas adaptaciones deberían ser realizadas en cuestión de segundos. Tanto en esta avenida como en las otras la situación dentro de las casa no mejora lo que podría esperarse, si bien existe la atenuación de 15 dB antes mencionada obteniendo aproximadamente 60-65

dB de ruido urbano; sería suficiente, siguiendo con el criterio de la E.P.A, para mantener una conversación normal a 2 m. de distancia , pero no debe dejarse de lado el ruido que es propio de una casa, electrodomésticos, radios, etc. Aumentan los niveles hasta emparejarlos quizá con los existentes en el exterior y en algunos casos como puede ser al mirar T.V se genera una competencia entre el ruido del exterior y el de la T.V por superarlo elevando aún mucho mas los niveles dentro de la habitación. Así, buscando una buena inteligibilidad, las personas ponen en riesgo su salud auditiva.

Pero no es solo la salud del aparato auditivo la que está en juego sino, quizá mas grave aún, la de todo el organismo en general ya que según el documento publicado por la Organización Mundial de la Salud cuando el ruido excede los 65-70 dB aumenta considerablemente el riesgo de padecer hipertensión arterial en las personas expuestas durante un período prolongado, así como también se elevan las probabilidades de padecer enfermedades del corazón.

Todas las investigaciones indican que si la exposición al ruido es temporal, el sistema fisiológico regresa, cuando la exposición termina, a un estado de normalidad que es el de preexposición; pero en el caso de la zona estudiada esta posibilidad no existe, porque los residentes no tienen manera de reducir el ruido que los invade ni siquiera durante el descanso nocturno, requisito fundamental para el buen funcionar fisiológico y mental. Las personas estudiadas deben tratar de conciliar el sueño y descansar sometidos a niveles de ruido que superan ampliamente los establecidos por la O.M.S como máximo admitido esto es, 30 dB de ruido continuo dentro de la habitación y picos máximos de 45 dB no más de 15-20 veces durante el descanso nocturno mientras que en las avenidas estudiadas nunca se registraron niveles menores a 73 dB.

Entonces, expuesto todo esto, se puede decir que la situación de las personas que viven en las Av. Amadeo Sabattini, Juan B. Justo y 24 de Septiembre es delicada y que su salud y bienestar se ven seriamente comprometidos a causa de los elevados niveles de ruido que el tránsito vehicular está generando, pero además todas las actividades básicas se ven afectadas, la comunicación entre las personas, no solo desde el punto de

vista social y de relación, sino en cuanto a actividad comercial ya que en estas avenidas se asientan importantes y numerosos comercios; la concentración y el rendimiento no solo por la interferencia directa del ruido urbano de fondo durante su desarrollo sino también como consecuencia del estrés que genera el no poder llevar a cabo el descanso nocturno adecuadamente ya que los efectos del ruido en el sueño se pueden ver solo al día siguiente.

Y estas afirmaciones no están dadas solo desde el punto de vista teórico sino que fue confirmada con el trabajo de campo que reflejó que el ruido afecta de manera implacable a todos sin distinción de sexo o edad y las personas al tratar de evitar su interferencia adoptan medidas como por ejemplo tomar sedantes o somníferos, aumentar el volumen de radios o T.V. en un intento por enmascara el ruido exterior pero aumentando los niveles dentro del lugar atacando así aun más a su salud, también pueden recurrir a encerrarse en sus casas o diseñarlas de manera quede lo mas alejada posible de la calle. Pero aunque todo esto se hace tratando de mejorar la calidad de vida en realidad se esta entrando en un circulo vicioso que lo único que logra es degradarla cada vez mas.

Entonces, se hace evidente la necesidad de atacar el problema desde otro lado pero siempre con un único objetivo: disminuir los niveles de ruido urbano en las calles.

Varias medidas pueden tomarse a estos fines, en primer lugar es necesario modificar la ordenanza vigente que no prevé la figura de ruido urbano y que la división de ámbitos que plantea ha quedado completamente obsoleta, de manera de adaptarla a la situación actual sobre la base de las investigaciones mas recientes. Debe intentarse alguna medida que controle la emisión sonora de la flota vehicular tanto particular como pública a los fines de que el ruido sea mínimo y no excedan los niveles recomendables por organizaciones de referencia como la O.M.S. y la E.P.A.

También seria importante realizar una redistribución del flujo vehicular tratando sea equilibrado así al no concentrarse todos o la mayor parte de los vehículos en el mismo lugar no se encontraran los más altos niveles de ruido solo en algunas calles, en este punto se hace necesaria la

mayor de las precauciones ya que como se comprobó en las encuestas la interferencia máxima que puede hacer el ruido urbano en la vida diaria se ve fielmente reflejada solo cuando las personas han vivido en el lugar mas de un año (Gráficos 15 a 19 y 32 a 38).

Por último, pero no menos importante, es preciso implementar una campaña informativa y educativa dirigida a toda la población en general que muestre cuales son los riesgos de vivir inmersos en niveles de ruido elevados para que la población tome conciencia de la problemática y asuma que, si bien es cierto que el ruido es consecuencia necesaria de los avances tecnológicos, no debe abordarse a la ligera sino de manera responsable. Porque aunque las personas quizá no tengan demasiada información al respecto, su disconformidad se hace evidente en el sondeo de opinión cuando dicen que el ruido en su barrio es molesto o intolerable, cuando opinan que es un aspecto ambiental que debería mejorarse o cuando manifiestan que si tuvieran la posibilidad de hacerlo, se iría a vivir a un lugar mas silencioso (Gráficos 1 a 12 y 25 a 31).

El ruido como contaminante no es algo nuevo pero se ha ido agravando drásticamente en especial en el presente siglo debido a la intensa actividad del hombre, entonces solo a éste le corresponde la tarea de hacerse responsable y buscar una solución efectiva inmediata antes que suceda como con otros contaminantes cuyo control implica elevadas inversiones tanto del estado como del sector privado. Quizá para esto todos deban plantearse si la mejor calidad de vida implica mayor tecnología a cualquier precio o buena salud como reza la definición de la O.M.S. "... completo estado de bienestar físico, social y mental ...".

ABREVIATURAS

ARN: ácido ribosanucléico.

dB: decibel.

dBA: decibel con ponderación A.

EPA: Environmental Protection Agency.

HL: nivel de audibilidad.

Hz: hercio.

Ldn: nivel de exposición sonora día-noche.

Leq: nivel sonoro continuo equivalente.

REM: movimiento rápido del ojo.

WHO: Organización Mundial de la Salud

GLOSARIO

Adaptación neuronal: estado de la actividad refleja, que se caracteriza por la disminución de la frecuencia de los impulsos cuando los estímulos sensitivos se repiten varias veces.

Ambiente: el resultante, en un momento determinado, de todas las condiciones e influencias a las que está sometido un sistema.

Amplitud: valor máximo de una cantidad sinusoidal.

Anoxia: oxigenación insuficiente en los tejidos del organismo.

Arritmia: falta de ritmo, irregularidad del pulso, especialmente alteración del ritmo normal del latido cardíaco.

Audiometría: estudio de la capacidad auditiva mediante el uso del audiómetro.

Audiómetro: aparato electrónico que nos permite cuantificar y cualificar la pérdida auditiva.

Cicatrices falángicas: masa de tejido conjuntivo, fibroso, secuela de un proceso inflamatorio sobre las hileras que constituyen la lámina reticular que cubre el órgano de Corti.

Decibelio: una unidad de nivel que denota la relación entre cantidades que son proporcionales a la potencia, el número de decibelios es diez veces el logaritmo (de base 10) de ésta relación.

Descriptor del sonido: sirven para saber como las personas oyen los sonidos y para determinar el impacto del ruido ambiental en la salud pública y el bienestar.

Desplazamiento de umbral: un aumento en el umbral de audición para una frecuencia determinada; por ejemplo, como resultado de la exposición al ruido.

Desplazamiento de umbral permanente inducido por el ruido: pérdida auditiva permanente que resulta de la exposición al ruido.

Desplazamiento de umbral transitorio inducido por el ruido: pérdida auditiva transitoria que resulta de la exposición al ruido.

Energía bioeléctrica: corriente eléctrica que se origina en los órganos vivos.

Energía mecánica: aquella generada por el movimiento de los cuerpos y la relación entre sus fuerzas.

Enfermedad isquémica del corazón: estado anginoide caracterizado por dolor retroesternal, que aparece cuando se realiza un ejercicio. Es debido a un insuficiente aporte de sangre al corazón, durante la actividad física forzada.

Enmascaramiento: (1) es el proceso mediante el cual se eleva el umbral de audición para un sonido mediante la presencia de otro sonido. (2) la cantidad en que se aumenta el umbral de audición de un sonido en presencia de otro sonido.

Espectro: descripción de una cantidad en función de la frecuencia; el término puede utilizarse para significar un rango continuo de componentes, habitualmente amplio en extensión, que poseen algunas características comunes, como el espectro de frecuencias auditivas.

Exposición sonora: la integración temporal de la presión sonora al cuadrado con ponderación A sobre un intervalo de tiempo igual o mayor al de un suceso.

Factores lingüísticos: relativos al sistema del lenguaje.

Factores pragmáticos: aquellos que tienen en cuenta la relación entre el lenguaje, las personas que lo hablan y las circunstancias de la comunicación.

Fatiga auditiva: se refiere al estado de la función auditiva del órgano funcional durante o posterior a una estimulación sonora intensa.

Frecuencia: de una función periódica en el tiempo, el número de veces que la cantidad se repite a sí misma en un segundo.

Hipertensión: tensión excesivamente alta de la sangre en el aparato circulatorio.

Hipoxia: baja tensión de oxígeno. Deficiencia de oxígeno en el aire inspiratorio.

Inmisión: inspiración

Inteligibilidad del habla: el porcentaje de unidades del habla transmitida recibida correctamente por un oyente. La palabra inteligibilidad se utiliza

cuando las unidades del material hablado son palabras con significado o frases completas.

Intensidad: en un punto para una dirección especificada, la tasa media de energía sonora transmitida en una dirección concreta a través de una unidad de área normal a esta dirección en el punto considerado es decir, que es la energía que atraviesa un área, en la unidad de tiempo.

Longitud de onda: de una onda periódica en un medio isotrópico, la distancia perpendicular entre los dos frentes de onda en que los desplazamientos tienen una diferencia de fase de un período completo.

Malestar: toda respuesta desagradable a un estímulo que impresiona en los sentidos.

Microtrombos: pequeños agregados de plaquetas, fibrinas, factores de coagulación y elementos celulares de la sangre en el interior de una vena o arteria que a veces produce oclusión de la luz vascular.

Molestia: se describe como una actitud adversa hacia la exposición al ruido, o si se define en términos de conducta, se dice que un ruido es molesto si la persona intenta evitarlo.

Nivel: el logaritmo de la relación entre una cantidad determinada y una cantidad de referencia del mismo tipo.

Nivel auditivo: (1) para una frecuencia determinada, el número de decibelios que el umbral de un oído supera el nivel cero de referencia de un audiómetro normalizado. (2) para una señal especificada, para un tipo concreto de auricular y para una forma determinada de aplicación, el nivel de presión sonora de la señal producida por el auricular en un acoplador especificado u oído artificial, menos el nivel de presión sonora producido en el auricular correspondiente a un umbral de audición normalizado concreto.

Nivel de exposición sonora: para un período de tiempo o un suceso determinado, el logaritmo de la relación entre la integración temporal de la presión sonora al cuadrado con ponderación de frecuencia y el producto de la presión sonora de referencia de 20 micropascales por la relación de referencia de un segundo. En decibelios, 10 veces el logaritmo de base 10 de esta relación; se asume la ponderación de frecuencia A, salvo que se especifique lo contrario.

Nivel de exposición sonora con ponderación A: ver nivel de exposición sonora.

Nivel de exposición sonora dia-noche: diez veces el logaritmo común (de base 10) de la exposición sonora dia-noche y la exposición sonora de referencia de 400 micropascales al cuadrado por segundo.

Nivel sonoro continuo equivalente: el nivel de un sonido estable que, en un período de tiempo establecido y en una localización determinada, tiene la misma energía sonora con ponderación A que el sonido que varía con el tiempo.

Onda: una alteración que se propaga en un medio de tal manera que, en cualquier punto del medio, la cantidad que sirve como medida de la alteración es una función del tiempo; en tanto que, en cualquier instante, el desplazamiento en un punto es una función de su posición.

Onda sonora: es una onda mecánica longitudinal que se propaga a través del aire, el agua y otros medios materiales.

Patogenia: origen y desarrollo de las enfermedades, especialmente el estudio del modo en que obra la causa morbosa sobre el organismo.

Picnosis: engrosamiento o ensanchamiento. Aplícase a la degeneración de una célula en la que el núcleo se reduce de tamaño y la cromatina se condensa en una o más masas sólidas, sin estructura.

Presión atmosférica: la ejercida por el peso de la masa de aire que rodea la tierra. Varía con la altitud y con el estado del tiempo.

Presión sonora: la raíz cuadrática media de la presión sonora instantánea durante un intervalo de tiempo especificado en una banda de frecuencia determinada, salvo que se indique otro proceso de promedio temporal.

Ruido ambiental: el ruido envolvente asociado con un ambiente determinado en un momento específico, compuesto habitualmente del sonido de muchas fuentes en muchas direcciones, próximas y lejanas, ningún sonido en particular es dominante.

Ruido: sonido u otra alteración desagradable o no deseable; sonido no deseado. Por extensión, cualquier alteración no deseada dentro de una banda de frecuencia útil, como ondas eléctricas inadecuadas en un canal o aparato de transmisión.

Ruido impulsivo: ruido que se produce cuando colisionan dos masas.

Sonómetro: un instrumento que es utilizado para la medición del nivel sonoro, con ponderación de frecuencia y ponderación exponencial de tiempo promedio estandarizadas.

Sonoridad: el atributo de la sensación auditiva en términos mediante los que los sonidos pueden ordenarse sobre una escala que se extiende de bajo a alto.

Trauma acústico agudo: pérdida gradual de la audición debida a la exposición a ruidos intensos durante largos períodos de tiempo. También se denomina así a la pérdida súbita, parcial o completa de la audición debida a una explosión.

Tumefacción: aumento transitorio y anormal del volumen de una parte o aérea corporal, no causado por proliferación celular.

Umbral auditivo: para un oyente determinado, la presión sonora mínima de un sonido especificado que es capaz de evocar una sensación auditiva. Se asume que el sonido que llega al oído desde otras fuentes es insignificante.

Vasoconstricción: (1) estrechez de los vasos sanguíneos por la contracción de sus fibras musculares. (2) disminución del calibre de los vasos, especialmente la constricción de las arteriolas, que determina la reducción del flujo sanguíneo a una parte.

BIBLIOGRAFÍA

“ACOUSTIC –DETERMINATION OF OCCUPATIONAL NOISE EXPOSURE AND ESTIMATION OF NOISE-INDUCED HEARING IMPAIRMENT”, ISO 1999:1990, International Organization for Standardization, CH-1211 Ginebra 20, Suiza, 1990.

B.BERGLUND & T.LINDVALL; “Center for Sensory Research Stockholm”; 1995; ISSN.1400 2817; ISBN91-887-8402-9.

DICCIONARIO DE MEDICINA OCEANO MOSBY, Editorial Océano, 4ª edición, España, 1996

DICCIONARIO ESPASA CALPE, Editorial. Espasa Calpe S.A, Madrid, España; 1985.

ENVIROMENTAL PROTECT AGENCY; Information on level of environmental noise requisite to protect public health and welfare with an Adequate margin of safety;1974 March; 550/9-74-004

FRANCONE, JACOB, LOSSOW; “Anatomía y Fisiología Humana”; 4º ed.; Editorial Interamericana; 1986.

GANONG, William F. “Fisiología Médica”, Editorial El manual moderno, S.A. de C.V; 16ª edición; 1998.

GOODHILL, Víctor; “El oído. Enfermedades, Sordera y Vértigos”; Editorial Salvat; 1986.

HALAC, Rosa; “Un tormento ciudadano”; Diario La Voz del Interior; Editorial Atlántida; pag. 4 y 5; Sección F (Temas); Córdoba; Domingo 30 de mayo de 2000.

HARRIS, Cyril; “Manual de medidas acústicas y control de ruido”; 3º ed.; Editorial Mc. Graw-Hill; 1995.

H. ENGSTRÖM & B. ENGSTRÖM; “Exposición al ruido”; Breve estudio de algunas enfermedades comunes o importantes del oído; Topholm & Westermann; Vaerloese, Dinamarca; 1979.

H. ENGSTRÖM & B. ENGSTRÖM; “Acción de las células sensoriales del oído interno”; La audición: algunas palabras sobre su función y estructura; Topholm & Westermann; Vaerloese, Dinamarca; 1979.

KOHEN, Elizabeth; “Impedancia acústica”; Editorial Médica Panamericana; 1985.

LUQUE, Alfredo; “La Guerra contra el Ruido”; Revista Muy Interesante, Editorial García Ferré; N° 75; pág.48 a 57; (Enero 1992).

SABULSKY, Jacobo; “Investigación científica en Salud-Enfermedad”; Editorial Copifac; Córdoba; 1996.

SIERRA BRAVO, Restituto; “Técnicas de Investigación Social. Teoría y Ejercicios; 13ª edición; Editorial Paraninfo; España; 1999.

SUAREZ BOEDO, Fernando; “Habla más fuerte que no te escucho”; La Voz del Interior; Editorial Atlántida; pág.17, sección A (Información General); Miércoles 6 de Agosto de 1997.

WERNER, Antonio F.; MÉNDEZ Antonio M.; SALAZAR Estela B.; “El ruido y la Audición”; 1º ed.; Editorial AD-HOC SRL.; 1990