

EVALUACION DE LA EXPOSICIÓN SONORA Y DE SU IMPACTO SOBRE LA SALUD Y CALIDAD DE VIDA DE LA POBLACIÓN RESIDENTE EN LA ZONA OESTE 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

Durante las últimas décadas, la humanidad ha descubierto que el aumento considerable en la producción y en el consumo de objetos y de productos, constituye, en particular por los residuos, una grave amenaza al equilibrio ecológico del ambiente.

El ruido es alguno de esos residuos que, por suerte desaparece en el mismo momento en que se suprime su emisión. Éste carácter lo distingue de otros desechos, como son los productos químicos o los residuos radioactivos, que pueden subsistir durante años, o tal vez siglos, luego que su producción ha cesado.

La realidad de la ciudad de Córdoba no escapa a la de otras ciudades del mundo.

El gran incremento de las actividades humanas asociadas al progreso trajo aparejado un aumento considerable y una redistribución de los niveles de ruido urbano. Hoy en día podemos observar clínicas, hospitales y establecimientos educativos inmersos en centros de intensa actividad productiva, comercial e industrial, también es posible detectar pequeños emprendimientos industriales en zonas consideradas hasta hace poco tiempo como netamente residenciales.

El ruido forma parte de nuestro ambiente ejerciendo su acción sobre los seres vivientes y constituye un peligro para el hombre que a él está expuesto, sus efectos pueden ser irremediables.

A lo largo del trabajo de investigación se pone de manifiesto cual es la situación actual de la ciudad de Córdoba, los efectos de la población y las posibles medidas para evitar un mayor deterioro de la calidad de vida.

INTERÉS PERSONAL-PROFESIONAL

La fonoaudiología es una especialidad nacida a mediados de este siglo que comenzó ocupándose exclusivamente de los trastornos de la audición y de la voz, pero que hoy ha extendido su campo de acción a la comunidad humana en conjunto.

Como fonoaudiólogas, observamos que desde hace tiempo el hombre conoce la acción que produce el ruido sobre el organismo. En algunos casos, por una causa brusca como lo es una explosión, otras veces por exposición prolongada al ruido.

Aunque tradicionalmente se sabe que la fuente más común de ruido se encuentra en los lugares de trabajo, cada vez más podemos encontrarlos en la casa, en los espacios de recreación, escuelas, etc. y esto provoca que ahora todos los miembros de la sociedad estén siendo afectados sin importar edad o sexo. Debido a los avances tecnológicos el nivel de ruido ha ido aumentando hasta formar parte del entorno ambiental del ser humano, incrementándose de ésta manera la cantidad de discapacitados auditivos.

El oído no ha sido diseñado para la audición de ruidos que superen los niveles que puedan encontrarse en la naturaleza.

“La audición es una función esencial para la comunicación entre los seres humanos, el intercambio de información, la identificación de sonidos placenteros, etc.”

La exposición a ruidos tiene efectos más importantes de los que podemos pensar, ya que la incapacidad para la comunicación personal reduce la calidad de vida del ser humano y su socialización.

De esta realidad, surgió la necesidad de realizar este trabajo de investigación interrelacionando distintas profesiones, brindándonos la posibilidad de ampliar nuestro campo de acción y un crecimiento ya sea en lo personal y profesional.

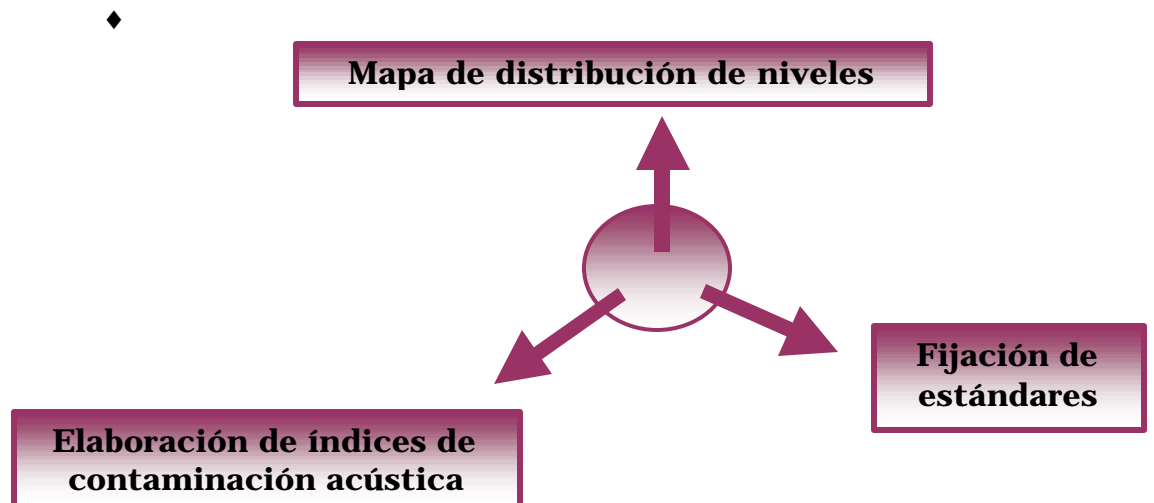
INTERÉS INSTITUCIONAL

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.

Así mismo 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 medios (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 una necesidad impostergable medio una escala logarítmica. La elaboración de los índices de contaminación acústica es. 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.

INTERES SOCIAL

La percepción de sonidos en la vida diaria es de mucha importancia para el bienestar del ser humano. La comunicación a través del discurso, sonidos de los niños jugando, música, sonidos propios de la naturaleza, parques y jardines.

No sólo el ruido profesional sino también el ruido medioambiental es un factor de riesgo para el deterioro de la salud de las personas.

El ruido urbano interfiere en varias actividades de nuestra vida diaria, haciendo que éstas sean más difíciles de realizar, sobre todo cuando se necesita concentración, produciendo molestias e interfiriendo en la comprensión del discurso, interrumpiendo el sueño o provocando efectos fisiológicos que degradan la calidad de vida y el bienestar de las personas expuestas a él.

Es difícil determinar la conducta social de la población y su reacción ante la problemática causada por los altos niveles sonoros que provoca el ruido urbano.

Teniendo en cuenta la escasa información científica sobre el mismo se pretende dar a conocer la situación actual de la ciudad, brindar información a toda la comunidad y ser el punto de partida de nuevas ordenanzas donde se regulen los niveles sonoros preservando así la salud de la población.

ANTECEDENTES

RESULTADOS DE TRABAJOS ANTERIORES

EL RUIDO URBANO EN LA CIUDAD DE CÓRDOBA

Informe del Observatorio Ambiental, Subsecretaria de Ambiente de la Municipalidad de Córdoba, año 97-98.

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 1° 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 (figura 1).

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 2).

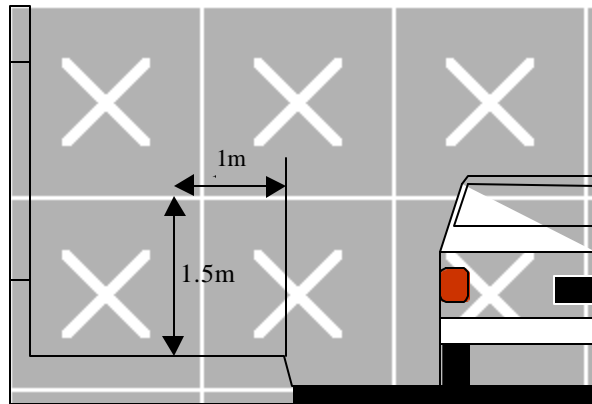


Figura 2 – Esquema de disposición de medidores

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 (Figura 3).

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 censar 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 una 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 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

ANTECEDENTES PERIODISTICOS

Alfredo Luque “*La Guerra contra el Ruido*”

Revista Muy Interesante(Enero 1992) N° 75

Editorial García Ferré, pág.48 a57

En los últimos 30 años, el parque automovilístico mundial se ha multiplicado por cuatro- ya ronda los 400 millones de vehículos -, y el número de aviones es 10 veces mayor que en 1960. Los organismos internacionales han elaborado una lista de casi 500 profesiones y oficios cuyo ejercicio supone niveles de ruido excesivos.

Para la física acústica, el ruido es un sonido más, una vibración producida al variar la presión de un elemento sólido, líquido o gaseoso. Pero sus efectos hacen que cada día se incorporen aspectos subjetivos y objetivos médicos y jurídicos, técnicos y emocionales, a la hora de acotarlo medirlo y cuantificarlo.

Las lesiones originadas por el ruido van mucho más allá que la sordera: pueden manifestarse úlceras y otras dolencias digestivas, problemas respiratorios y vasculares; disfunciones del sistema nervioso central y del endocrino con segregación de adrenalina y cortisol, la hormona del colesterol; afecciones de la vista; incluso cambios químicos en la sangre. Aparte de problemas psicológicos, como insomnio, ansiedad, irritabilidad.

Ahora se busca no solo la intensidad en un cierto momento, sino su valor equivalente, de acuerdo con el tiempo que se ha estado expuesto al ruido.

Las recomendaciones de la OMS establecen tope máximos ideales de 55 dB.(día) y 45 dB.(noche) para lugares tranquilos, y 75 y 65 dB. para las calles más ajetreadas de una ciudad ruidosa. Con demasiada frecuencia se rebasan esos tope. Se considera que una dosis diaria equivalente a 65 dB. es el límite para la salud física y mental.

En ambientes laborales, una exposición de 8 horas a niveles de 80 dB. acarrea, a la larga, riesgos de sordera, no ya temporal sino permanente. Para el trabajo intelectual, por encima del nivel ideal de 40 dB., se pierde la concentración y memoria, y aumenta los errores. Con ruidos que excedan los 60 dB. aparecen jaquecas y trastornos nerviosos.

¿Cómo luchar contra el ruido?

Lo mejor es reducir los niveles de la fuente de origen, un fin al que se destinan grandes esfuerzos en investigación tecnológica, a pesar de que es lo más caro. Lo más económico, aunque no siempre posible, es aumentar la distancia entre el origen y el receptor.

“Los Italianos y los ruidos que soportan”

Diario “La voz del Interior”

Domingo 23 de Julio de 2000, pág.24, sección B

El 72 por ciento de la población italiana, cerca de 40 millones de personas, sufre un nivel en decibelios superior a los estándares fijados por la Organización Mundial de la Salud (OMS), según el último informe de este organismo, que señala a las ciudades de Milán(norte) y Roma como las más ruidosas.

Milán bate el récord de agresión sonora, con 75 decibelios durante el día, 10 por encima del límite fijado por la OMS, mientras que los habitantes de Roma son los que más dificultades tienen para conciliar el sueño, con un nivel de 71 decibelios durante la noche, superior al límite de 55 fijado por los expertos. Según el informe del organismo de Naciones Unidas, el ruido excesivo produce daños a la salud como el estrés, la pérdida del sueño, el aumento de la presión sanguínea, dolores de cabeza y daños permanentes en el oído. El estudio, “La salud en Italia en el siglo 21”, dado a conocer recientemente, señala que la contaminación sonora ha empeorado desde el año 1997 y afecta a la mayoría de las grandes ciudades, como Turín(norte), Florencia(centro) y Nápoles y Bari(sur), con niveles que superan los 71 decibelios.

El centro urbano más silencioso del país es la ciudad costera de Livorno(centro), en la que el nivel sonoro durante la noche apenas alcanza los 56 decibelios y durante el día es de 65,5. La OMS ha recordado que la contaminación sonora es una de los más graves problemas ambientales de Europa y que, según un sondeo, el 75 por ciento de los habitantes de este continente se declara molesto por el nivel de ruido que soportan en su vida diaria. **(EFE)**

DATOS DE INTERES RELACIONADOS A LA CIUDAD DE CORDOBA

“La polución sonora es el mayor problema ambiental en Córdoba”

“La Mañana de Córdoba”.

Día: Lunes 3 de Abril de 2000, pág. N° 8

El subsecretario de Medio Ambiente de la Municipalidad, Darío Sbarato, aseguró que el peor problema de polución que tiene hoy el centro de la ciudad y sus principales vías de acceso, es el sonoro.

El trabajo del Observatorio Ambiental dependiente de la Municipalidad indica que niveles promedio de 79 dB permiten una exposición diaria de sólo dos horas, si se pretende conservar en un 95 por ciento la salud auditiva de la población expuesta.

El problema radica en que las actividades desarrolladas en esas zonas demandan diariamente más de dos horas.

El principal aporte de ruidos en la ciudad lo hace el tránsito vehicular. El Observatorio Ambiental considera completamente justificable realizar una campaña de envergadura que permita caracterizar la ciudad y evaluar el impacto de la polución sonora en la salud física y psíquica de la población.

Se toman como prioridades elaborar un mapa de información de índices acústicos de la ciudad; determinar las zonas de riesgo potencial; precisar áreas urbanas preservables; y confeccionar un mapa de índices de deterioro de la calidad de vida por el ruido urbano.

Este diagnóstico municipal contrasta con la percepción generalizada de los cordobeses, de que el problema más grave de degradación ambiental en Córdoba es la contaminación atmosférica.

“Habla más fuerte que no te escucho”

“La voz del Interior”

Miércoles 06 de Agosto de 1997, pág.17, sección A (Información General)

Preocupantes Niveles de Contaminación sonora en Córdoba.

El artículo comenta que la Municipalidad de Córdoba comenzó una campaña de monitoreo de los niveles de ruido a cargo del Observatorio Ambiental Municipal con la colaboración de la U.N.C., entidades dependientes del Gobierno de la provincia y el Centro de Investigaciones Acústicas y Luminotécnicas de la U.N.C.. El equipo humano interviniente en las mediciones quedó conformado por miembros del mismo Observatorio Ambiental Municipal, personal de la Universidad Libre del Ambiente y estudiantes del último año de la Escuela Superior de Comercio Manuel Belgrano de la U.N.C.

El primer período de muestreo, que abarca la zona del microcentro, se ha circunscripto a siete áreas que corresponden a vías de circulación vehicular, peatones y en algunos casos combinaciones de ambos.

Además de obtener valores de ruido urbano los encargados del proyecto tienen el propósito de conocer cuál es el comportamiento del ruido en algunas vías de tránsito importante de la ciudad.

Cabe destacar que los estudios realizados hasta el momento tienen un carácter de prediagnóstico. Posteriores relevamientos permitirán la confección de un mapa de ruido de la ciudad, el reconocimiento de las fuentes que producen la contaminación sonora y la evaluación de eventuales medidas de control.

Si bien los niveles medidos son altos y afectan al bienestar y la salud de los habitantes de la ciudad, la ordenanza(8167/86) vigente parece no estar debidamente adecuada a una situación real, ya que si bien establece para la zona céntrica valores límites de picos de ruido de hasta 75 dB A, permite que los vehículos automotores (de acuerdo a sus características) emitan en un rango de entre 80 y 90 dB A.

Por otra parte, en la zona peatonal se obtuvieron registros también por encima de los permitidos por la ordenanza.

“Jóvenes contra la polución sonora”

Es realmente alentador que el Observatorio Ambiental Municipal haga participar a alumnos de la Escuela Superior de Comercio Manuel Berlgrano en las tareas de prediagnóstico de los niveles de contaminación sonora.

Este hecho no es aislado, ya que año tras año los alumnos realizan trabajos de investigación.

Es de suma importancia resaltar el espíritu de organismos jóvenes, como es el caso de este Observatorio, que abren sus puertas a la comunidad en una efectiva tarea extensionista y, por sobre todo, de toma de conciencia de la población a partir de la participación de jóvenes en la lucha contra la contaminación.

Guillermo L. Fuchs. (*) *¿Puede el ruido dañar al hombre?*

Diario: “La voz del Interior”

Miércoles 06 de Agosto 1997, pág 17, sección A (Información General)

Llevamos más de 30 años investigando los diversos ruidos urbanos individuales y colectivos. En las industrias ruidosas mediante la ley 19.587 de higiene y seguridad de trabajo se ha logrado por lo menos reducir a 90 dB., limite razonable que puede salvar a los obreros de la hipoacusia ocupacional inevitable con mayores niveles.

En ruidos urbanos como el tráfico, la música amplificadas a más de 100 dB (casos boliches, disquerías y locales nocturnos) donde la juventud suele pasar lapsos de 5 a 7 horas por noche, no hemos logrado ni acercarnos a los niveles aceptables para los asistentes.

El hombre en la calle cree poder “adaptarse” al ruido. Pero esta supuesta adaptación no pasa de ser acostumbamiento, como lo han probado Glass y Singer en su libro “*Urban Stress*”. Los efectos del ruido (hipoacusias y trauma psicofisiológico) aparecen después de 10 años de exposición sistemática.

Nosotros hemos investigado los efectos del ruido en obreros y diversos oficios, comprobando hipoacusias pronunciadas e irreversibles.

Tenemos además en la tecnología actual, fuentes de ruido solamente audibles a muy altos niveles, tales como los infrasonidos y los ultrasonidos.

En ciertas industrias hay infrasonidos que generan ruidos tan intensos que producen trauma acústico.

A diferencias de los infrasonidos que se propagan casi sin atenuación a grandes distancias, los ultrasonidos se atenúan fuertemente con la distancia, resultando menos peligrosos en general

Lamentablemente, la molestia no es algo puramente física o fisiológica como el daño. Es algo subjetivo y multifactorial.

La electrónica, muy desarrollada desde la última gran guerra, permite amplificar cualquier mensaje sonoro muy por encima del inofensivo y tolerable por nuestro sistema auditivo.

Las autoridades comunales, provinciales, y nacionales, por medio de sus secretarías de Medio Ambiente, deben organizar campañas masivas y sistemáticas en escuelas de todo nivel, en fábricas, por medio de sus ingenieros de Higiene y Seguridad; en la prensa oral, escrita y televisada.

Lo lamentable es que los “ruidos” son como las moscas: se las puede espantar por momentos pero vuelve a instalarse pasado el revuelo.

(*) Director honorario del Centro de Investigaciones Acústicas y Luminotécnicas de la U.N.C.

DEFINICIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

- Cuáles son los niveles sonoros por fuentes móviles en las principales vías de acceso del Oeste al Centro de la ciudad de Córdoba: Av. Rafael Nuñez, Av. Octavio Pinto, Av. Emilio Caraffa, Av. Castro Barros, Av. Colón, Av. Duarte Quirós, Av. Julio A. Roca y Av. Fuerza Aérea.
- Cuáles son los niveles sonoros por fuentes móviles en las zonas residenciales cercanas a los accesos.
- Cuál es el grado de molestia inducida por ruido de fuentes móviles en las personas que residen sobre las principales vías de acceso del Oeste al Centro de la ciudad de Córdoba.
- Cuál es el grado de molestia inducida por ruido de fuentes móviles en las personas que viven en las zonas residenciales cercanas a los accesos.

JUSTIFICACION

Son bien conocidos los efectos adversos que el ruido excesivo puede causar sobre la salud de las personas expuestas. Asimismo, el ruido de tránsito se ha constituido en una fuente de interferencia de actividades esenciales para el desarrollo y bienestar del ser humano como lo son las comunicaciones habladas, la lectura, el estudio, el descanso nocturno, y la recreación.

La situación actual de la ciudad de Córdoba es desconocida tanto con relación a los niveles sonoros como a los efectos que estos producen sobre la población expuesta.

Es por ello que se hace impostergable un diagnóstico preciso de la situación actual con el objeto de poder evaluar el porcentaje de la población afectada por esta problemática.

Un diagnóstico preciso en este sentido se convierte también en la piedra basal para poder evaluar la evolución temporal de los problemas relacionados a la exposición por ruido urbano.

Asimismo constituye el paso inicial y obligatorio para la generación de nuevas ordenanzas que regulen de una forma eficiente la emisión sonora, tendiente a proteger a la población con un adecuado margen de seguridad.

DELIMITACIÓN GEOGRÁFICA DEL CAMPO DE INVESTIGACIÓN

Se consideran vías principales de acceso a:

Zona comprendida entre Avenida Rafael Nuñez al 6300 hasta 3500, Avenida Emilio Caraffa al 2900 hasta 1700, Avenida Castro Barros al 1500 hasta 0, y 50 metros hacia fuera sobre las calles perpendiculares a la principal.

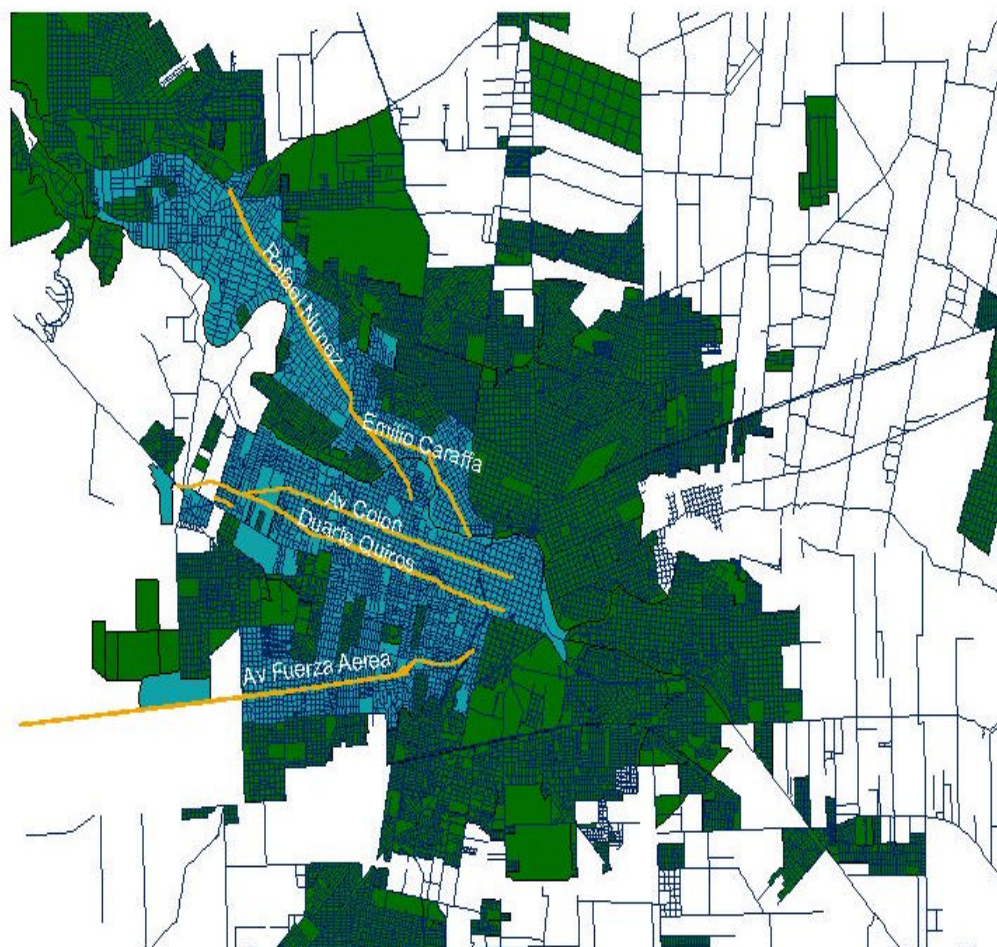
Zona comprendida entre Avenida Colón al 6500 hasta 700, y 50 metros hacia fuera sobre las calles perpendiculares a la principal.

Zona comprendida entre Avenida Duarte Quirós al 5300 hasta 650, y 50 metros hacia fuera sobre las calles perpendiculares a la principal.

Zona comprendida entre Avenida Fuerza Aérea al 6500 hasta 1800, Avenida Julio Argentino Roca al 1300 hasta 1100, y 50 metros hacia fuera sobre las calles perpendiculares a la principal.

Se consideran zonas aledañas a las principales vías de acceso a los siguientes barrios: Argüello, Silvano Fúnes, Granja de Fúnes, V. Belgrano, Padre Claret, V. Los Angeles, Cerro de las Rosas, San Marcelo, V. Centenario, Parque Corema, Alto Verde, Tablada Park, Alto Palermo, A. De V. Cabrera, Bajo Palermo, San Martín, San Ignacio, Ombú, Quebrada de las Rosas, V. Urquiza, Bajo Galán, Villa Alberdi, V. Paez, V. Siburu, Marchal, General Deheza, Alto Alberdi, Providencia, San Salvador, Los Robles, Las Palmas(A), Las Palmas, Teodoro Fells, Uritorco, Alberdi, Ducasse, Tranviarios, Quintas de Santa Ana, Obrero, Caseros, Paso de los Andes, Los Plátanos, Observatorio, Güemes, Residencial San Roque, San Francisco, Avenida, Bda. San Roque, V. Maurizi, Bella Vista, Cla. Lorenzini, Ameghino Norte, Res. Olivos, Aeronáutico, Parque Capital, Ate, Ameghino, Villa Adela, San Rafael, Los Naranjos, M. Balcarce y Rosedal.

PRINCIPALES VIAS DE ACCESO DE LA ZONA OESTE HACIA EL MICROCENTRO DE LA CIUDAD DE CORDOBA



Las principales avenidas que unen la zona oeste con el microcentro suman una longitud total de 58 km. 65 son los barrios que están directamente relacionados con estas vías de acceso.

Referencias

- Acceso oeste
- Calles
- Barrios zona oeste
- Barrios.shp

MAPA N° 1 muestra las principales vías de acceso de la zona oeste al microcentro de la ciudad, ellas son Av. Rafael Nuñez, Av. Emilio Caraffa, Av. Octavio Pinto, Av. Castro Barros, Av. Colón, Av. Duarte Quirós, Av. Fuerza Aérea y Av. Julio A. Roca.

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION

OBJETIVO GENERAL

➤ Elaborar un diagnóstico preciso de la exposición a ruido y las molestias inducidas sobre la población expuestas en los principales accesos del Oeste, al Centro de la ciudad de Córdoba.

OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Elaborar un mapa estático de niveles sonoros por ruido de tránsito, en las principales vías de acceso:
- A) Av. Rafael Núñez, Av. Octavio Pinto, Av. Emilio Caraffa.
 - B) Av. Colón.
 - C) Av. Duarte Quirós.
 - D) Av. Julio Argentino Roca, Av. Fuerza Aérea
- Y los barrios aledaños a dichas avenidas: Argüello, Silvano Fúnes, Granja de Fúnes, V. Belgrano, Padre Claret, V. Los Angeles, Cerro de las Rosas, San Marcelo, V. Centenario, Parque Corema, Alto Verde, Tablada Park, Alto Palermo, A. De V. Cabrera, Bajo Palermo, San Martín, San Ignacio, Ombú, Quebrada de las Rosas, V. Urquiza, Bajo Galán, Villa Alberdi, V. Paez, V. Siburu, Marchal, General Deheza, Alto Alberdi, Providencia, San Salvador, Los Robles, Las Palmas(A), Las Palmas, Teodoro Fells, Uritorco, Alberdi, Ducasse, Tranviarios, Quintas de Santa Ana, Obrero, Caseros, Paso de los Andes, Los Plátanos, Observatorio, Güemes, Residencial San Roque, San Francisco, Avenida, Bda. San Roque, V. Maurizi, Bella Vista, Cla. Lorenzini, Ameghino Norte, Res. Olivos, Aeronáutico, Parque Capital, Ate, Ameghino, Villa Adela, San Rafael, Los Naranjos, M. Balcarce y Rosedal.

- 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 de su lugar de residencia.
- Elaborar un índice que permita medir el grado de molestia de una persona expuesta.

¿QUÉ ES EL SONIDO?¿CÓMO SE ORIGINA?

Se define como vibración mecánica a todo movimiento oscilatorio- es decir, repetitivo- proveniente de una fuerza dinámica cíclica que resulta de la conversión de cualquier clase de energía.

Ahora bien, como se trata de un medio elástico, la energía de la fuente traducida en la vibración de éste medio se propagará a través de él mediante ondas progresivas, toda vez que por su característica elástica no hay gran absorción de dicha energía. Al efectuarse ésta propagación, se tienen compresiones y expansiones cíclicas en forma alternativa a lo largo de la trayectoria, con lo que se originan muy pequeñas variaciones de presión. Y son precisamente éstos cambios de presión los que, si están en el rango apropiado, rango audible, estimularán el oído y se tendrá la sensación de sonido. Así, el sonido es simplemente la **vibración mecánica audible**.

En consecuencia, siempre que se mueva o vibre un objeto en un medio elástico, una pequeña proporción de la energía involucrada se disipa en el medio circundante en forma de sonido. ⁽¹⁾. Para comprender mejor la propagación por el medio ambiente, se deben conocer las propiedades del cuerpo que entra en vibración; éstas son: la inercia, la elasticidad y la disipación.

Inercia: Es la propiedad mediante la cual todo cuerpo que entra en vibración tiende a mantener ésta indefinidamente.

Elasticidad: Es la tendencia del cuerpo vibrante al retorno a la posición inicial que tenía antes del vibración.

Disipación: Es la fricción de las moléculas del propio cuerpo vibrante entre sí y con el medio al cual transmite la vibración. Por este mecanismo se transforma la energía de la vibración en calor. ⁽²⁾

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(la presión atmosférica tiene un valor aproximadamente de 100.000 Pascales, abreviado Pa).

¹ Documento de Apoyo PEMEX: Manual para la evaluación, pag. 1.

² Gonzalo de Sebastián, "Audiología Práctica". Ed. Panamericana. 5ta. ed.1999, pág. 5

En los libros de Acústica se encuentran definiciones diversas del **sonido**, considerándose como una alteración física en un medio(gas, líquido o sólido) que puede ser detectada por el oído humano. También puede definirse como la sensación auditiva excitada por una perturbación física en un medio. El medio por el cual viajan las ondas sonoras ha de poseer masa y elasticidad. Por lo tanto las ondas sonoras no viajan a través de un vacío. ⁽³⁾

Leo Beranek, en su libro"Acústica" dice que hay sonido cuando un disturbio, que se propaga por un medio elástico, causa una alteración de la presión o un desplazamiento de la partículas del material, que pueden ser reconocidos por una persona o por un instrumento.

Propiedades del sonido

Velocidad de propagación del sonido

La velocidad del sonido es la velocidad con que las ondas sonoras se alejan de la fuente. Ésta 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 del sonido es del orden de 344 m/s. Se la suele determinar con la letra "C". Ésta velocidad depende de la temperatura del medio. ⁽⁴⁾

Ondas planas y ondas esféricas

Cuando las ondas sonoras tienen la misma dirección de propagación en todos sus puntos se denominan **ondas planas**, porque los puntos de compresión máxima forman superficies planas perpendiculares a la dirección de propagación. Los puntos de máxima depresión también son planos perpendiculares a la dirección de propagación. Éstos planos de fase constante se denominan frentes de onda.

³ Harris, Cyril M, "Manual de Medidas Acústicas y Control del Ruido". Ed. Mc Graw Hill. 3ra. ed. 1995,pág 1.1

⁴ Werner, Antonio F., Mendez, Antonio M, Salazar, Estela B. "Ruido y Audición",Bs.As. Argentina,Ed. AD-HOC S.R.L 1ª ed. 1990 pág 23 y 25.

Muchas fuentes sonoras emiten ondas en la que los puntos de máxima compresión forman esferas concéntricas. Éstas se denominan **ondas esféricas**.

Frecuencia

Por definición la frecuencia de un fenómeno periódico, como una onda sonora, es el número de veces que éste fenómeno se repite a sí mismo en un segundo (el número de ciclos por segundo). Habitualmente la frecuencia se designa mediante un número seguido de la unidad hertzio (símbolo de la unidad Hz). ⁽³⁾

Para que un sonido sea oído por el hombre su frecuencia tiene que estar dentro del rango de 20 Hz a 20.000 Hz, ya que éstos son los límites de audibilidad del ser humano. ⁽⁴⁾

Longitud de onda

La longitud de onda de un sonido es la distancia perpendicular entre dos frentes de onda que tienen la misma fase; por ejemplo entre máximos de compresión. Ésta longitud es la misma distancia que la recorrida por la onda sonora en un ciclo completo de vibración. La longitud de onda que se designa mediante la letra griega lambda está relacionada con la frecuencia f (en hertzios) y la velocidad del sonido c (en metros o pies por segundos).

Movimientos armónicos simples: tonos puros

El movimiento que se obtiene de una onda sinusoidal se denomina movimiento armónico simple. Una onda sonora compuesta solamente de una frecuencia única, una onda sinusoidal, se denomina **tono puro**. Éste movimiento armónico simple

³ Harris, Cyril M. "Manual de Medidas Acústicas y Control del Ruido". Ed. Mc Graw Hill. 3ra. ed. 1995. Pág. 1.2

⁴ Werner, Antonio F., Méndez, Antonio M., Salazar, Estela B, "Ruido y Audición" Bs.As. Argentina. Ed. AD-HOC S.R.L. 1ª ed. 1990. Pág. 25

es importante debido a que se puede demostrar que todas las ondas sonoras están compuestas de una o más ondas armónicas simples. (³)

Presión sonora

La presencia del sonido produce en el aire pequeñas variaciones de presión que se superponen a la presión atmosférica. A esas variaciones de presión se las conoce como “presión sonora”. La presión sonora actúa sobre nuestros oídos y produce la sensación de oír. (⁴)

Ondas complejas

Se denominan ondas complejas (por contraposición a las ondas armónicas simples) porque contienen más de un componente de frecuencia. Puede demostrarse que cualquier onda compleja está compuesta por una serie de ondas armónicas simples. (³)

Nivel de presión sonora

Como se mencionó anteriormente la onda sonora se propaga en el aire en forma de variaciones de presión. La intensidad de un sonido depende del valor que tenga esa presión sonora. Un sonido muy débil, apenas audible por el hombre, tiene una presión sonora del orden de 20 millonésimo de pascal (0.00002 Pa). A esta pequeñísima presión sonora se la denomina “umbral de audición”, porque es el valor a partir del cual el ser humano es capaz de oír.

En cambio se denomina “umbral de dolor” a una presión sonora muy elevada, del orden de 20 pascales. La relación entonces, entre la máxima y la mínima presión sonora que el oído puede percibir, es de 1.000.000 de veces. (20 Pascal/20 millonésimos de Pascal).

³ Harris, Cyril M “Manual de Medidas Acústicas y Control del Ruido”. Ed. Mc Graw Hill. 3ra. ed. 1995. Pág1.3-1.6

⁴ Werner, Antonio F, Mendez Antonio M., Salazar, Estela B., “Ruido y Audición” Bs.As. Argentina Ed. AD-HOC S.R.L 1ª ed.pág 24-25

Todos los sonidos que oímos tienen presiones sonoras comprendidas dentro de estos límites.

Como sería muy complicado expresar las intensidades de los sonidos midiendo sus presiones sonoras en Pascal, es que se ha adoptado una nueva unidad de medida que es el “**decibel**”.

El **decibel** es una unidad de tipo adimensional, que se obtiene calculando el logaritmo de una relación entre dos magnitudes similares, en este caso, dos presiones sonoras.

De esta manera, todos los sonidos comprendidos entre el umbral de audición y el umbral de dolor, podemos expresarlos en una escala que va desde 0 a 120 dB.

20 Pa	----	120 dB
2 Pa	----	100 dB
0.2 Pa	----	80 dB
0.02 Pa	----	60 dB
0.002 Pa	----	40 dB
0.0002 Pa	----	20 dB
0.00002 Pa	----	0 dB

³ Harris, Cyril M. “Manual de Medidas Acústicas y Control del Ruido”.Ed. Mc Graw Hill. 3ra. ed. 1995.pág. 1.8.

NIVEL SONORO

Se denomina así al resultado, expresado en dB, de una medición de sonido que abarca todo el espectro audible, realizada con un instrumento denominado “sonómetro”.

El medidor de nivel sonoro(sonómetro) incorpora filtros con curvas de respuesta que se asemejan a la respuesta del oído humano. En ese caso se dice que el nivel sonoro ha sido compensado de acuerdo a diferentes curvas de compensación, como por ejemplo las curvas A, B y C. Entonces, el resultado de la medición se expresa en dBA, dBB y dBC, según corresponda.

En muchos casos, al hacer mediciones de sonido, se prefiere no medir sobre la totalidad del espectro audible, sino hacerlo en zonas más restringidas de éste. En ese caso, se realiza lo que se denomina un “análisis de frecuencia”.

Para ello se utilizan filtros que poseen un “ancho de banda” determinado, es decir, que sólo dejan pasar las señales comprendidas en una pequeña zona del espectro audible. (⁴)

Niveles sonoros ponderados

Los niveles sonoros ponderados son niveles que se obtienen a partir de las lecturas de un sonómetro.

El oído no es igualmente sensible a todas las frecuencias. Por ésta razón, aunque el nivel de presión sonora de dos sonidos distintos sea el mismo, el primero puede juzgarse como el más alto si el nivel de presión sonora del primero está concentrado en una región de frecuencia donde el oído es más sensible.

Para obtener niveles que mantengan una relación más estrecha con los enjuiciamientos de sonoridad que los niveles de presión sonora, la ponderación en frecuencia 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

⁴ Werner, Antonio F, Mendez Antonio M., Salazar, Estela B.,”Ruido y Audición” Bs.As. Argentina Ed. AD-HOC S.R.L 1ª ed. pág. 24

que el oído es menos sensible. Para tener en cuenta este cambio en la sensibilidad en función de la frecuencia, se han incorporado tres características de respuesta en frecuencia en los sonómetros identificándose como las ponderaciones A, B y C.

Ponderación A

Muchos años de estudio y experiencia práctica han demostrado que los niveles sonoros con ponderación A ofrecen una correlación adecuada con varias respuestas humanas (de personas o grupos en una comunidad) para distintos tipos de fuentes de ruido. En consecuencia, es la ponderación de frecuencia más usada.

La característica de la ponderación A es que tiene en cuenta la sensibilidad reducida de la audición humana normal para las frecuencias bajas, comparada con la respuesta frente a frecuencias altas.

Cuando se utiliza la ponderación A, la cantidad ha de describirse “nivel sonoro con ponderación A”, y hay que incluir la extensión del período temporal para que se promedie (por ejemplo, un nivel sonoro con ponderación A de 72 dB para una media de 5 minutos).

Ponderación B

La ponderación B ya no suele incluirse en los instrumentos de medida acústica.

Ponderación C

La ponderación C se utiliza para una medición “global” o de banda ancha del nivel sonoro.

Ponderación plana o lineal

Algunos sonómetros incluyen la ponderación plana, cuya característica de respuesta es que es en esencia independiente de la frecuencia. La ponderación plana

suele utilizarse cuando la salida eléctrica del sonómetro aporta una señal a un instrumento auxiliar, por ejemplo una grabadora de cinta magnética. (3)

PSICOACÚSTICA

¿Qué es lo que oímos?

La Acústica se dedica al estudio de los fenómenos sonoros; su propagación, su producción, etc. La Psicoacústica investiga la forma en que el hombre percibe los sonidos. El objetivo de la misma es determinar cuál es la respuesta humana a los estímulos sonoros, cuales son sus posibilidades y limitaciones y como se relaciona lo que oímos con los atributos físicos de la onda sonora.

Campo Auditivo

Se define como “umbral de audibilidad”, para un tono puro en una frecuencia dada, a la misma presión sonora eficaz que puede ser oída, en ausencia de todo ruido de fondo.

El oído responde a vibraciones muy pequeñas, cuyas amplitudes no son mayores que las del tamaño de una molécula de hidrógeno. El umbral auditivo representa la presión sonora mínima que produce la sensación de audición.

En el campo auditivo el rango de frecuencia audible va de los 20 Hz hasta los 20.000 Hz. Pero el oído no es igualmente sensible a todas estas frecuencias. Las más audibles son las ubicadas en el medio del espectro, aproximadamente de 2.000 a 3.000 Hz.

El oído es menos sensible para frecuencias bajas y altas. Estas características de menor agudeza para los tonos graves favorecen el enmascaramiento de los sonidos producidos por nuestro cuerpo. La sensibilidad para las frecuencias agudas se va perdiendo con el paso del tiempo.

³ Harris, Cyril M. “Manual de Medidas Acústicas i Control del Ruido”. Ed. Mc Graw Hill. 3ra. ed. 1995.pág. 5.14-5.16.

El área audible está limitada en cuanto a los niveles de presión sonora, en 0 dB, que es el umbral absoluto y los 120/140 dB por encima de los cuales no se percibe sensación auditiva sino dolor.

Las curvas de umbral de percepción y umbral de dolor encierran el campo o área auditiva: dentro de él están comprendidos todos los valores de frecuencia e intensidad que el oído humano puede percibir.

La sensibilidad del oído varía con la edad. Además, el deterioro auditivo aparece en forma más precoz en los varones que en las mujeres. Por otra parte, la manifestación de ese deterioro se evidencia en una pérdida de sensibilidad auditiva en las frecuencias agudas. A éste déficit en la audición producido por envejecimiento celular del tejido nervioso, causado por el paso del tiempo, se lo llama “presbiacusia”.

Sonoridad

La intensidad o nivel de presión sonora de un sonido es una característica física; la “sonoridad” es su correlato subjetivo.

A un sonido más intenso que otro lo percibimos como más fuerte o más sonoro.

Cuando se dice que un sonido es fuerte o débil, se refiere a su sonoridad. La sonoridad se define como “el atributo intensivo de una sensación auditiva que permite ordenar los sonidos en una escala que se extiende desde suave hasta sonoro(fuerte)”.

La unidad de medición propuesta por S.S. Stevens es el **SON**. Un SON es la sonoridad de un tono de 1.000 Hz con un nivel de presión sonora de 40 dB. Este sonido se toma como referencia para determinar la sonoridad de cualquier otro sonido simple y responde a las variaciones de la misma.

Las variaciones de la presión sonora no son proporcionales a la sensación de sonoridad, por lo tanto, un sonido dos veces más sonoro no tiene una presión acústica dos veces mayor.

Curvas de igual sonoridad

Establecer una relación entre sonoridad y nivel sonoro no resulta simple teniendo en cuenta que interviene otro factor, que es la frecuencia del sonido.

La relación surge de numerosas investigaciones de Psicoacústica realizadas en distintos laboratorios y homologada posteriormente por la International Standardization Organization (ISO) en ella se establece que el nivel de sonoridad de un tono puro es la presión necesaria para producir la misma sensación de fuerza de un tono de 1.000 Hz. La unidad adoptada es el FON y su valor resulta igual a 1 dB para sonidos de 1.000 Hz. Por lo tanto, en la frecuencia de 1.000 Hz se dice que un sonido tiene tantos fones como decibeles.

Pero el oído no tiene una respuesta lineal en función de la frecuencia, siendo más sensibles para los sonidos frecuencias ubicadas en el medio del espectro; esta coincidencia establecida en la frecuencia 1.000 Hz no se mantiene en el resto del rango audible.

En el año 1933 Feltcher y Munson, en base a experimentaciones, trazaron el primer mapa de contornos de igual sonoridad, que posteriormente fue revisado por Stevens y Davis en 1938 (Gráfico de curvas de igual sonoridad).

Establecieron con sus investigaciones que, por ejemplo, 20dB son iguales a 20 fones en la frecuencia de 1000 Hz, pero 20 dB son iguales a 10 fones en la frecuencia de 125 Hz.

Expresado de otra manera, para que un tono de 1.000 Hz. a 20 dB suene igualmente sonoro que un tono de 125 Hz, es necesario que el último aumente 10 dB más que el primero.

Todos los contornos pasan por 1.000 Hz y a su vez están a igual distancia del contorno que sigue. De tal manera, el contorno de 10 fones pasa por 1.000 Hz. a un nivel de 10dB, y el contorno indicado con el número 20 pasa por 1.000Hz. a 20 dB.

En síntesis, las curvas de igual sonoridad se identifican dando el nivel de sonoridad de un tono de 1.000 Hz. a un determinado nivel de presión sonora en dB. (4)

⁴ Werner, Antonio F, Mendez Antonio M., Salazar, Estela B., "Ruido y Audición" Bs.As. Argentina Ed. AD-HOC S.R.L 1ª ed. Pág. 45-51

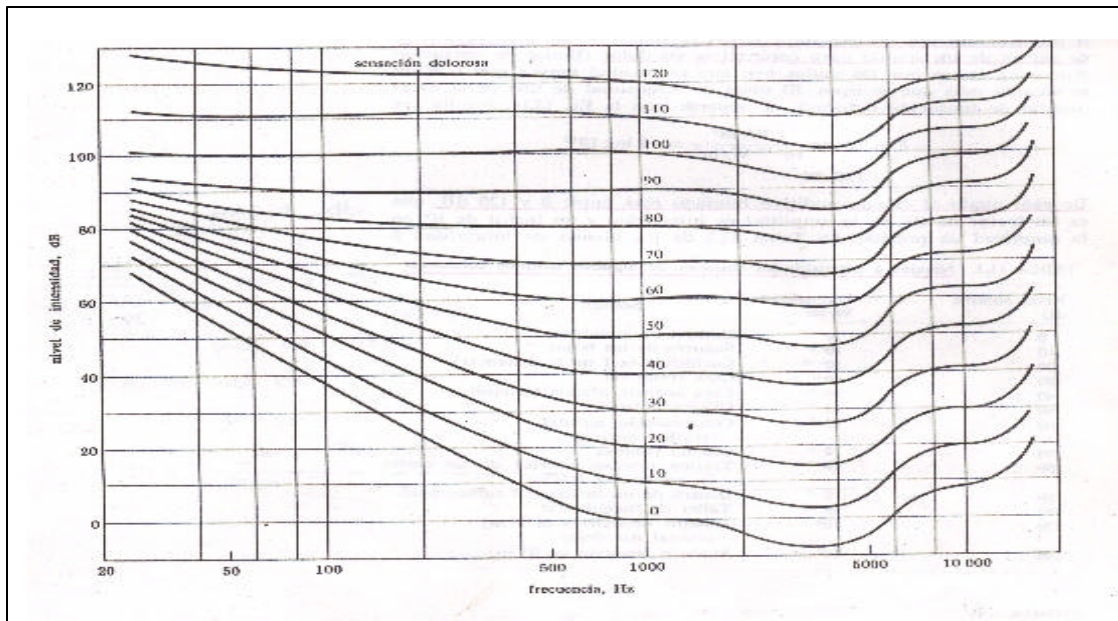


Gráfico de las curvas de igual sonoridad

Enmascaramiento

Una de las características importante de un sonido es su propiedad de interferir, *enmascarar*, la audición de otro sonido. El **enmascaramiento** es el proceso mediante el cual el umbral de audibilidad de un sonido, la *señal*, se eleva en presencia de otro sonido(enmascarador). Se denomina *umbral enmascarado* al umbral elevado. La medida cuantitativa del enmascaramiento es el número de decibeles en que el umbral se eleva. Al evaluar un ruido particular como molesto o no deseado, un factor importante es el grado en que enmascara la audición de ciertos sonidos deseados, como el habla y la música. En la práctica, para personas con audición normal y ruido de fondo normales, la audibilidad de un sonido suele estar determinada por el nivel de ruido de fondo. 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 relativos de llegada. En la situación de enmascaramiento que se encuentra habitualmente, ambos sonidos ocurren simultáneamente, son relativamente estables y alcanzan el oído u oídos de forma normal. En éste caso, los defectos de enmascaramiento son estables y

reproducibles y pueden predecirse con bastante precisión sobre la base de las propiedades físicas de los dos sonidos.

En general el enmascarador es el sonido que enmascara la señal y es el mayor cuando ambos sonidos se producen simultáneamente en el tiempo y están en fase en ambos oídos.⁽³⁾ Si consideramos dos fuentes sonoras, que emiten simultáneamente ondas con la misma frecuencia e intensidad, puede ocurrir que estos períodos de presión o descompresión se combinen.

Cuando se unen al mismo tiempo coincidiendo exactamente los momentos de máxima y mínima presión se dice que los tonos están en fase.⁽²⁾

Localización auditiva

La localización auditiva es la capacidad del sistema auditivo para localizar la **dirección** de una fuente de sonido. Habitualmente no se relaciona con la distancia a la fuente. La localización es útil en situaciones tan diversas como la ubicación de un potencial peligro (por ejemplo un automóvil que se acerca) o al atender una conversación particular en una habitación concurrida. La localización del sonido es posible con un solo oído, pero es muy deficiente; la localización es un fenómeno esencialmente binaural. Las diferencias entre los sonidos entre los dos oídos (diferencias interaurales) aportan la base principal para la localización. Estas diferencias interaurales que son responsables de la localización incluyen el nivel de presión sonora, el tiempo (la estructura de la forma de onda o la envolvente dependiendo de las circunstancias) y el espectro.⁽³⁾

³ Harris, Cyril M. "manual de Medidas Acústicas y Control del Ruido". Ed. Mc Graw Hill. 3ra. ed. 1995. Pág.17.18-17.19.

² Gonzalo de Sebastián "Audiología Práctica" Bs.As.Argentina Ed. Panamericana. 5ta. ed. 1999 pág. 8

³ Harris, Cyril M. "Manual de Medidas Acústicas y Control del Ruido" Ed. Mc Graw Hill. 3ra. ed. 1995 pág 17.22

RUIDO

El órgano auditivo es incapaz de resistir a exposiciones continuadas repetidas a sonidos de intensidad elevada, sin presentar al final lesión orgánica del oído interno y sus respectivas consecuencias.

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

Para comprender mejor el significado de la palabra **ruido** buscamos los aportes de las distintas disciplinas, una de ellas es la Ciencia de la Comunicación quien agrupa bajo el nombre de ruido a todas las molestias y obstáculos a la comunicación de origen exterior(ruido de fondo, interferencias, etc.). (5)

Si consideramos al ruido como integrante de la problemática ambiental sus características pueden causar daños o molestias a las personas. Los sonidos están relacionados con toda actividad humana. No todos son molestos o perjudiciales, sin embargo, la sumatoria de todos ellos si puede serlo.

En las ciudades el mayor aporte es el de las “fuentes móviles”, es decir, los autos, ómnibus, motos, camiones, etc. Esto es lo que definimos **Ruido Urbano**.

Como se transmite el sonido

Se puede representar la transmisión del sonido desde una *fuentes* a un oyente. Como fuente puede representar no a una, sino a varias fuentes de energía vibratoria. Las *vías* pueden ser numerosas, y el *receptor* puede representar a una sola persona, a un grupo, a una comunidad.



Exposición sonora

La exposición sonora es una cantidad(índice) que es proporcional a la energía acústica que está presente en un punto durante cierto período de tiempo, es equivalente al producto de la potencia acústica incidente sobre un receptor(p. ej. un micrófono o un oído) por la duración del tiempo de exposición.

La unidad del Sistema Internacional (SI) para la exposición sonora es el pascal al cuadrado segundo.

La exposición sonora en un lugar determinado puede medirse directamente o determinarse a partir del conocimiento de: (1) el nivel sonoro presente en el lugar y la duración del mismo o (2) el nivel de exposición sonora durante la duración de la exposición. Los aparatos de medición que integran el nivel sonoro aportan estimaciones del nivel de exposición sonora para la duración de un suceso, que puede ser tan largo como una jornada laboral. (3)

EL RUIDO Y LA TEORIA DE LA INFORMACION

Los influjos nerviosos, resultados de “transducción” operada en el oído interno, van a registrarse en la corteza cerebral como “partículas de información”. El cerebro las analiza y las compara con otras imágenes registradas previamente en el almacén de datos de la memoria. De ésta manera, el sistema auditivo se comporta como un convertidor analógico- digital, basado en un sistema binario similar al utilizado en informática.

En este esquema, se prescinde del fenómeno energético del sonido, y se usan las nociones propias de la teoría de la Información de Hartlet-Schannon: transmisor, receptor y canal de comunicación. Como el mensaje trasmitido debe ser cifrado y luego descifrado por el receptor, es obvio que se precisa un código común a ambos. O sea que ruido, en éste modelo, es toda alteración aleatoria que interviene en la

⁵ Rondal, Jean A. “Trastornos del Lenguaje I”. Ed. Paidós. ed.1991 pág. 27

³ Harris, Cyril M. “Manual de Medidas Acústicas y Control del Ruido”. Ed Mc Graw Hill .3ra. ed. 1995 pág 2.19,12.1-12.2

transmisión, en la codificación o en el desciframiento. En otras palabras, el ruido sería asimilable a un mensaje parásito indeseado, que impide la audición de los mensajes útiles recibidos simultáneamente, y termina por saturar el sistema nervioso del sujeto.

Esto serviría de explicación al hecho de que ciertas actividades que exigen gran concentración(conversación entre varias personas, estudio, audición de la música, etc.) son perturbadas por el nivel de presión sonora relativamente bajo, y que en otras tareas más simples se toleran fácilmente ruidos de gran intensidad.

La teoría de la información trata de explicar igualmente la noción de que a mayor información en un ruido, mayor es también la saturación del sistema nervioso. Un ruido inesperado o desconocido perturba más que otro rutinario, tanto en el rendimiento de la tarea, comprobado experimentalmente, como en la sensación de molestia.

RUIDO Y MALESTAR

Los ruidos ambientales amenazan al hombre no tanto en la probabilidad de perder la audición, sino a través de una molestia incesante e intolerable. Se conoce como “**malestar**” a toda respuesta desagradable ante 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 e independiente de la forma mediante la cuál impresiona: música, palabra, ruidos no programados.

La respuesta emocional del oyente hacia el ruido puede tomar forma de molestia subjetiva de alarma, de tristeza, de soledad, de disgusto, de ira, de miedo, totalmente desproporcionadas a la intensidad del mismo.

Estas sensaciones de desagrado se intensifican cuando el ruido perturba la actividad habitual que se encuentra desarrollando la persona, en especial si interfiere con la conversación.

RUIDO DE TRANSITO

Con el desarrollo de los medios de transporte modernos, el ruido se vuelve una molestia permanente que ataca a todos los seres vivos. El automóvil, en primer lugar, y más recientemente los transportes aéreos, engendran en el aire vibraciones particulares nocivas.

Así, el hombre de las ciudades sometido voluntaria o involuntariamente a los numerosos ataques acústicos, es un enfermo en potencia, por otro lado: asfixiado por el aire que respira y envenenado por el agua que consume. Este estado de polución es tal que las soluciones deben ser adoptadas inmediatamente, para detener, tanto los efectos a corto término, como la irritación o la fatiga, como también la lenta degradación de un sentido indispensable al hombre, la pérdida progresiva de la función más esencial para la comunicación, es decir, la audición.

Será por tanto necesario considerar ese doble aspecto del ruido urbano, que para aquellos que son responsables de él, tiene poca importancia, mientras que, del otro lado, las personas lo sufren como un mal, como una usurpación de su territorio perceptivo, psicológico y mental. Así, es más fácil instalar sistemas de aire acondicionado y cerrar las ventanas, que exigir a los conductores que reduzcan el ruido de sus vehículos, o a los responsables de las estructuras de transporte, que instalen barreras sobre los bordes de las autopistas.

La circulación urbana y más generalmente la circulación en rutas produce ruidos de composición y presión espectral muy variados. Estos ruidos dependen de los tipos de vehículos, de las condiciones de utilización, tales como la aceleración, la velocidad o el frenaje, de la carga transportada, etc., pero el principal parámetro es, sin duda, el caudal total de la circulación.

En un vehículo automotor en movimiento, movido por un motor a explosión convencional, las fuentes sonoras son múltiples: las explosiones por sí mismas, los ruidos de la compresión, el escape y los silenciadores, las piezas mecánicas tales como la válvula, las levas, el ventilador, la transmisión, las vibraciones de la carrocería, y, en fin, el ruido de los neumáticos sobre la superficie de la calzada. En las condiciones tecnológicas actuales, si bien los automóviles, vistos desde su interior, nos parecen más

silenciosos, no es dable esperar una reducción notable en los niveles de presión acústica, producidos por el conjunto del tránsito de una misma vía de circulación.

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. (⁴)

PROBLEMA DEL RUIDO EN LAS GRANDES CIUDADES

Según los niveles documentados, el nivel sonoro día-noche en áreas residenciales no debe exceder 55 dB para proteger contra la interferencia de la actividad y molestia. Se estima que encima de 100 millones de personas, casi media población americana viven en áreas donde el ruido excede este nivel, se estima 12 millones de personas que viven en áreas donde el Ldn(nivel sonoro día-noche) al aire libre excede 70 dB, y es probable que ellos experimenten molestia severa y la posible pérdida de audición.

Los niveles interiores son a menudo comparables o superiores a los niveles medidos afuera. Sin embargo, muchos ruidos al aire libre incomodan más a las personas que los ruidos que hacen en los interiores, es por eso que las personas a veces encienden las fuentes interiores de ruido para enmascarar el ruido que viene de afuera

El tráfico urbano es por lejos la fuente de ruido al aire libre en zona residencial más penetrante, aunque el ruido de aviones también es una fuente significativa. Se estima que más de 96 millones de personas son expuestas, en y alrededor de sus casas, a niveles de ruido de tráfico altos, excediendo Ldn mayores a 55 dB indeseable.

⁴ Werner, Antonio F, Mendez Antonio M., Salazar, Estela B., "Ruido y Audición" Bs.As. Argentina Ed. AD-HOC S.R.L 1ª ed. pág. 289-290, 296-297, 299-303.

Niveles de ruido medio ambiental en los Estados Unidos

En las áreas residenciales de los Estados Unidos, las contribuciones mayores del ruido al aire libre derivan del transporte, industria, la construcción, humano y fuentes animales.

Dentro de las casas, aparatos de radio y televisión, así como las personas y los animales son las fuentes de ruido predominantes.

En el trabajo, los equipos del lugar de trabajo pueden crear niveles sumamente altos de ruido.

La exposición de las personas al ruido diario dependen de cuánto tiempo ellos están en las diferentes situaciones ya sea al aire libre o en interiores y en los ambientes de ruido en estos lugares.

El ambiente de ruido fuera de las residencias en los Estados Unidos puede ser muy inconstante. Los niveles sonoros día-noche al aire libre varían en las diferentes áreas encima de un rango de 50 dB.

Los niveles pueden ser tan bajos como $L_{dn}=30$ a 40 dB en las áreas más desérticas y tan altos como $L_{dn}=85$ a 90 dB. en las áreas urbanas.

Más de la mitad de la población americana(135 millones de personas), que representan al 87 % viven en áreas donde el $L_{dn}=48$ dB o superior a él considerando exclusivamente al ruido de tráfico. Las poblaciones rurales generalmente disfrutan del promedio de niveles sonoros bajos al aire libre, de $L_{dn}=50$ dB.

Reacción de la comunidad al ruido medio ambiental

Hay dos métodos para evaluar indirectamente los efectos acumulativos del ruido medioambiental en la gente. Estos son: examinar las reacciones de los individuos o grupos de individuos a los ruidos molestos específicos, con respecto a acciones tomadas(quejas, pleitos, etc.), o en términos de respuestas hechas a cuestionarios de investigación social.

En los últimos 25 años nuevos tipos de fuentes de ruido han sido introducidos en las comunidades residenciales urbanas y suburbanas. Estas fuentes, como aviones jet, autopistas urbanas, nuevas plantas industriales y equipamientos propios, han creado numerosos problemas comunitarios con ruido medioambiental.

Varias agencias de gobierno de los Estados Unidos empezaron a investigar las relaciones entre el ruido de avión y sus efectos en la población en comunidades al comienzo de 1950. Estas investigaciones resultaron tempranas en la proposición de un modelo de Bolt, Rosenblith y Stevens para relacionar la molestia por ruido de avión y la posible reacción de la comunidad. Este modelo, primero publicado por la fuerza aérea consideró para el seguimiento 7 factores:

1-Magnitud del ruido con una frecuencia pasando por la relación con la respuesta humana.

2-Duración del ruido molesto.

3-Tiempo en la época del año.

4-Momento del día en que ocurre el ruido.

5-Nivel de ruido exterior en la comunidad cuando el ruido molesto no está presente.

6-La historia de exposición anterior a la fuente del ruido y actitud de la persona.

7-Existencia de tonos puros o caracteres impulsivos en el ruido.

Este modelo fue incorporado en el primer plano-guía de la fuerza aérea en 1957 y fue posteriormente simplificado para su aplicación más fácil por la fuerza aérea y la administración federal de aviación. (⁶)

⁶ Environmental Protect Agency(EPA), “Information on level of enviromental noise requisite to protect public health and welfare with and Adequate margin of safety”; 1974 March; 550/9-74-004.

EMBRIOLOGÍA DEL OÍDO

Introducción

Todo crecimiento es el resultado de la división, según modalidades definidas, de células preexistentes. Gracias a un proceso llamado mitosis, se producen en el núcleo de una célula una serie de modificaciones sucesivas que conducen a la producción de un cierto número de estructuras por duplicado.

Uno de los primeros acontecimientos organizativos en el desarrollo embrionario es la diferenciación de la célula en tres láminas superpuestas llamadas “capas germinales”. Se designan con los términos **ectodermo**, **mesodermo** y **endodermo**. Estas tres capas germinales no son, en sentido estricto, tan rigurosamente específicas en sus funciones pero, como habremos de ver, las secciones externa e interna del oído proceden directamente del ectodermo, en tanto que huesecillos del oído medio y el tejido óseo que rodea el oído interno provienen del mesodermo.

El oído inicia su desarrollo muy pronto en la vida del embrión. Al cumplirse las primeras 25 horas, el disco embrionario aparece hendido por una estría o línea primitiva, la cual se acentúa a continuación hasta resultar en un más marcado surco primitivo limitado por un pliegue primitivo a cada lado, todo ello revestido de ectodermo. El surco primordial profundiza hasta la fosa primordial, la cual a su vez pasa a constituir la fosa neural limitada por dos pliegues o plicas neurales. En la extremidad cefálica del surco primordial se manifiesta un engrosamiento(nudo primitivo) que llegará a ser, naturalmente, cabeza del embrión. Los pliegues neurales ectodérmicos convergen hacia la línea media y terminan por unirse cerrando la hendidura neural a la que ahora se llama tubo neural. Es durante la etapa del tubo neural cuando aparecen los primeros vestigios del oído. (Snell, 1975)

DESARROLLO DEL OIDO

Oído Interno

La primera demarcación de lo que será el oído se percibe en el embrión humano al comienzo de la tercer semana, como espesamiento del ectodermo superficial a ambos lados de la placa neural, todavía abierta. Estos engrosamientos son las placodas auditivas u óticas. Hacia el día 23^a éstas placodas comienzan a invaginarse en el espesor del ectodermo pasando a constituir las fosillas auditivas u óticas. Al ocluirse la boca de cada fosa, lo que ocurre en o alrededor del día 30, éstas se convierten así en las vesículas auditivas u otocistos.

La vesícula auditiva continúa su diferenciación y adopta una forma alargada subdividida en una zona utrículosacular y una extensión conocida como conducto endolinfático. Al finalizar la 6^a semana se perciben con claridad las tres prolongaciones huecas arqueadas destinadas a convertirse en los conductos semicirculares, al mismo tiempo el utrículo y el sáculo se independizan.

Entre las semanas 8 a 11 se verán culminadas las dos vueltas y media de la extensión total del caracol. El conducto coclear continua estando unido a la zona vestibular por un tubo estrecho denominado *ductus reuniens*. La raíz coclear del VIII nervio craneal despliega sus fibras para su distribución a lo largo de dicho conducto.

Durante la 7^a semana se percibe el primer esbozo de los elementos sensorios terminales como espesamientos circunscriptos del epitelio en el utrículo y sáculo. Espesamientos epiteliales circunscriptos similares se encuentran en los extremos ampulares de los conductos semicirculares durante la 8^a semana y en el suelo del conducto coclear a las 12 semanas. Estos engrosamientos epiteliales demuestran una diferenciación en dos categorías celulares: elementos sensoriales ciliados y células de sostén a un extremo.

El laberinto membranoso del oído interno alcanza su plena configuración adulta a comienzos del 3er. mes. Debe observarse que la porción coclear es el último órgano sensorial terminal del oído interno en diferenciarse y madurar. Por eso, el caracol está expuesto a más posibles desviaciones del desarrollo, malformaciones y enfermedad adquirida que los órganos terminales del vestíbulo.

Oído medio

Durante el período que se desarrolla la porción sensorial del sistema auditivo el oído interno, la parte del sistema encargada de la transmisión del mecanismo auditivo está configurando el oído medio. El oído medio es una estructura mesodérmica, inicia su desarrollo durante la 3er. semana de la vida intrauterina. La cavidad timpánica del tubo auditivo(conocido más tarde como la Trompa de Eustaquio) procede de una eventración del borde superolateral de la primera bolsa faríngea, revestida de endodermo: el receso tubotimpánico.

Alcanzada su 4ta. semana, han aparecido en la superficie del embrión humano una serie de cinco surcos branquiales a cada lado. Están situados en la región cefálica inferior y cuello próximo. En el interior del menudo organismo les corresponden series paralelas de cinco bolsas faríngeas a cada lado y cada bolsa y surco, con el tejido que le circunda, constituyen un “arco”. En el embrión humano, una de las bolsas branquiales se perfora. Este pasaje llegará a ser el conducto auditivo externo y Trompa de Eustaquio. La membrana del tímpano es una barrera entre éstas dos porciones de una vía de comunicación que, de lo contrario conectaría directamente la faringe y el exterior.

Durante el 2do. mes, el receso tubotimpánico se acerca a la superficie del embrión entre el I y II arcos branquiales, conocido como cartílagos de Meckel(o mandibular) u de Reichert(o hioideo). A la 8ª semana, la cavidad timpánica está ya adquirida en la mitad inferior del futuro oído medio, mientras que la mitad de encima está ocupada de mesénquima. Se cree hoy que el primer arco branquial es responsable de la mayor parte del martillo y del yunque, pero el segundo arco branquial da nacimiento al proceso lenticular del yunque, el mango del martillo y el estribo. La cavidad del oído medio propiamente dicha tiene también origen doble: la porción anterior procede del primer arco, y el área posterior del segundo.

A las 8 semanas y media, el yunque y el martillo han adquirido conformación cartilaginosa completa similar a la adulta. Durante las semanas 15 y 16 se inicia la osificación del martillo y el yunque. El estribo no comienza a osificar hasta la semana 18 y prosigue su desarrollo incluso después que la osificación es completa.

En la semana 30 el desarrollo del tímpano propiamente dicho es casi completo. El antrum del oído medio se neumatiza durante las semanas 34 y 35 y el

epitímpano lo hace en el último mes fetal (semanas 36 a 38). Las celdillas neumáticas del hueso temporal se forman como eventraciones de la cavidad del oído medio durante la semana 34. El aire no penetra realmente en la cavidad timpánica hasta que se ha iniciado la respiración después del nacimiento.

Oído externo y tímpano

El desarrollo del pabellón auditivo se inicia en el curso de la 3ª o 4ª semana a partir del I y II arcos branquiales.

Durante la 6ta. semana de la gestación aparecen a ambos lados del surco branquial un total de seis prominencias o espesamientos de tejido, tres en cada labio del surco. Desde la 7ª a la 20ª semana, el pabellón auditivo prosigue su desarrollo, emigrando de su posición ventromedial primitiva para ser poco a poco desplazado lateralmente por el crecimiento de la mandíbula y la cara. En la semana 20 ha alcanzado la oreja su forma adulta, pero continúa aumentando de tamaño hasta los 9 años de edad.

El meato auditivo externo deriva del primer surco branquial durante las semanas 4ª y 5ª. En la semana 8ª, el meato auditivo primitivo profundiza hacia la cavidad del oído medio y pasa a constituir el tercio externo del conducto auditivo, que se rodeará finalmente de cartílago.

El surco ectodérmico continúa profundizando a su vez desde la superficie exterior hacia la cavidad timpánica hasta que encuentra un espesamiento de células epiteliales, llamado tapón meático. El mesénquima crece entre el tapón meático y las células epiteliales de la cavidad timpánica. Estas tres capas de tejido se convierten luego (antes de cumplirse la 9ª semana) en la membrana del tímpano, compuesta de fibras internas circulares, la capa hística fibrosa media y la capa externa de fibras radiales. El tapón meático sólido, mantiene cerrado el conducto auditivo externo hasta las 21 semanas, luego se desintegra y forma un conducto convirtiéndose en la capa de epitelio pavimentoso que reviste por fuera la membrana del tímpano. Al nacimiento, éste conducto carece de porción ósea, dicha porción no está completada hasta alrededor del 7º año. (7)

⁷ Northern, Jerry L., Downs Marion P.; "La audición en los Niños". Ed Salvat S.A. 1995 pág. 23-32

ANATOMOFISIOLOGÍA DEL OÍDO

Introducción

La audición ha sido calificada como el sentido humano más importante. Funciona día y noche, incluso cuando dormimos. El órgano auditivo es responsable del sentido de la audición. La función principal del órgano auditivo es transformar las ondas sonoras en códigos neuronales que pueden ser interpretados por el cerebro.

Los receptores para las dos modalidades sensoriales *audición y equilibrio*, se alojan en el oído. El oído externo, el medio y la porción coclear del oído interno se relacionan con la audición. Los conductos semicirculares, el utrículo y el sáculo del oído interno participan en el equilibrio. Los receptores de los conductos semicirculares detectan la aceleración rotacional, los del utrículo la aceleración lineal en dirección horizontal, mientras que los del sáculo detectan también la aceleración lineal, pero en dirección vertical. Los receptores para la audición y el equilibrio son células ciliadas; hay seis grupos de ellas en cada oído interno: uno en cada uno de los tres conductos semicirculares, uno en el utrículo, uno en el sáculo y otro en la cóclea.

CONSIDERACIONES ANATÓMICAS

Oído externo y medio

Las orejas dirigen las ondas sonoras hacia el **orificio auditivo externo**. Desde el orificio externo, el **conducto auditivo externo** se dirige hacia adentro, hacia la **membrana timpánica**(tímpano).

El oído medio es una cavidad llena de aire en el hueso temporal, que se abre a través de la **trompa auditiva(de Eustaquio)** en la nasofaringe y a través de ella se comunica con el exterior. La trompa suele estar cerrada, pero durante la deglución, la masticación y el bostezo se abre, con lo cual iguala la presión del aire sobre las dos caras del tímpano. Los tres **huesecillos del oído, el martillo, el yunque y el estribo**, se encuentran en el oído medio. El **manubrio**(o mango del martillo) se fija a la cara posterior de la membrana timpánica. Su cabeza se fija a la pared del oído medio y su apófisis corta se articula con el yunque, el que a su vez se articula con la cabeza del estribo. El estribo recibe este nombre por su semejanza con dicho objeto. Su **base** se une por medio de un ligamento anular a las paredes de la **ventana oval**. En el oído medio se encuentran también dos pequeños músculos esqueléticos, el **tensor del tímpano(o músculo del martillo)** y el **tensor del estribo**. La contracción del primero tira del manubrio del martillo en dirección medial y disminuye las vibraciones de la membrana timpánica; la contracción del último tira de la base del estribo y lo separa de la ventana oval.

Oído interno

El oído interno(laberinto) se compone de dos partes, una de las cuales se ubica dentro de la otra. El **laberinto óseo** consiste en una serie de conductos ubicados en la porción petrosa del hueso temporal. En el interior de dicho conducto, rodeado de un líquido llamado **perilinf**a, se encuentra el **laberinto membranoso**. Esta estructura membranosa duplica de manera aproximada a la forma de los conductos óseos. Está lleno de un líquido, la **endolinfa**, y no existe comunicación entre los espacios llenos de endolinfa y aquellos que contienen perilinfa.

Cóclea

La porción coclear del laberinto es un tubo enrollado de 35 mm. de largo que da dos vueltas y tres cuartos. En toda su longitud la membrana basilar y la de Reissner la dividen entre cámaras(**escalas**). La **escala vestibular**, ubicada en la parte superior y la **escala timpánica**, en posición inferior, contienen perilinfa y se comunican entre sí, en el vértice de la cóclea, por una pequeña abertura llamada **helicotrema**. En la base de la cóclea, la escala vestibular termina en la ventana oval, cerrada por la base del estribo. La escala timpánica termina en la **ventana redonda**, un orificio en la parte medial del oído medio cerrado por la **membrana timpánica secundaria**, de consistencia flexible. La **escala media** o cámara coclear media está en continuidad con el laberinto membranoso y no se comunica con las otras dos escalas. Está llena de endolinfa.

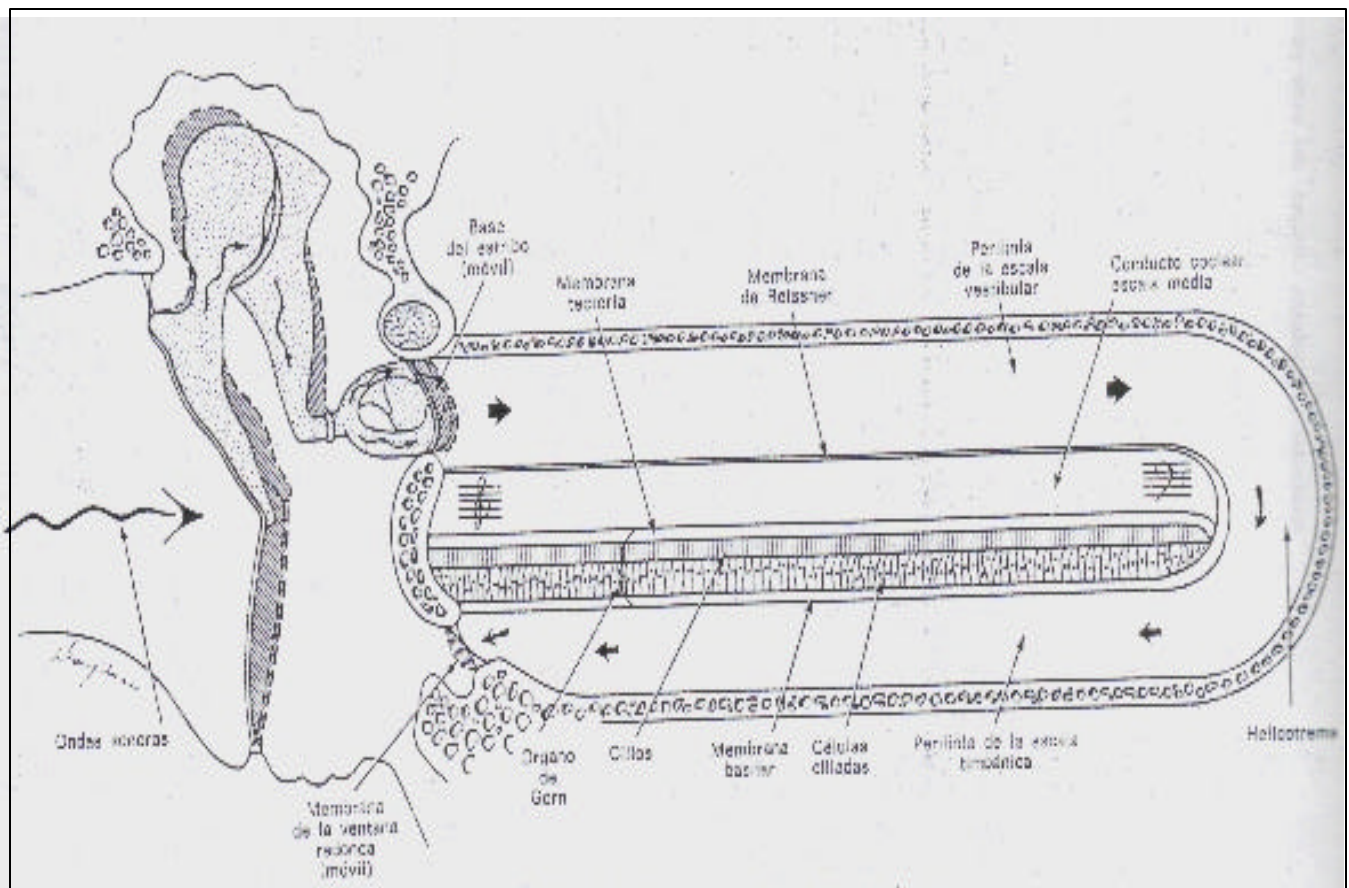
Órgano de Corti

Este órgano se ubica sobre la membrana basilar y es la estructura que contiene las células ciliadas que son los receptores auditivos. Éste órgano se extiende desde el vértice hasta la base del caracol y tiene, en consecuencia, una forma de espiral. Las prolongaciones de las células ciliadas perforan la **lámina reticular**, membranosa y resistente, sostenida por los **pilares de Corti**. Las células ciliadas se disponen en cuatro hileras: tres hileras de **células ciliadas externas**, en posición lateral con relación al túnel que forman los pilares de Corti, y una hilera de **células ciliadas internas**, ubicadas en posición medial con relación a dicho túnel. Hay, en el ser humano, 20.000 células ciliadas externas y 3.500 internas en cada cóclea. Cubriendo las filas de células ciliadas hay una **membrana tectorial** delgada y viscosa, aunque elástica en la cual se encuentran embebidos los extremos de los cilios de las células externas, pero no de las células ciliadas internas. Los cuerpos celulares de las neuronas aferentes que se arborizan en torno a las bases de las células ciliadas, se ubican en el **ganglio espiral**, que se encuentra en el interior del **modiolo**, el eje óseo entorno al cual está enrollado la cóclea. Entre el 90 y el 95 % de éstas neuronas aferentes inervan las células ciliares internas; sólo entre el 5 y el 10 % inervan células ciliadas externas que son las más numerosas, y cada neurona inerva a la vez varias de éstas células externas. En contraste, la mayor parte de las fibras eferentes presentes en el nervio auditivo terminan

en las células pilosas externas más que en las internas. Los axones de las neuronas que inervan las células ciliadas forman la rama auditiva(coclear) del nervio vestibulococlear y terminan en los **núcleos cocleares dorsal y ventral** del bulbo raquídeo. El número total de fibras aferentes y eferentes en cada nervio auditivo es de alrededor de 28.000.

En la cóclea hay uniones apretadas entre las células ciliadas y las células de sostén adyacentes; esas uniones evitan que la endolinfa llegue a las bases de las células. Sin embargo, la membrana basilar es relativamente permeable a la perilinfa que se encuentra en la escala timpánica, por lo cual el túnel del órgano de Corti y las bases de las células ciliadas se encuentran bañadas por perilinfa.

FIGURA N° 1 muestra como son las relaciones timpanococleares en el oído humano.



Vía auditiva central

A partir de los núcleos cocleares, los impulsos auditivos pasan a través de diversas vías hacia los **colículos inferiores(tubérculos cuadrigéminos inferiores)**, los centros para los reflejos auditivos y, a través del **cuerpo geniculado medial** del tálamo, a la **corteza auditiva**. Otros entran a la formación reticular. La información de ambos oídos converge sobre cada una de las olivas superiores, y en todos los niveles más altos, la mayor parte de las neuronas responde a las señales precedentes de ambos lados. La corteza auditiva primaria, el área 41 de Brodmann, se encuentra en la porción superior del lóbulo temporal. En los seres humanos se localiza en la cisura de Silvio y normalmente no se visualiza en la superficie cerebral. Hay varias áreas receptoras auditivas adicionales. Las áreas auditivas de asociación adyacentes al área receptora auditiva primaria están muy extendidas y llegan hasta la ínsula.

El **haz olivococlear** es un grupo prominente de fibras eferentes presentes en cada uno de los nervios auditivos; éstas fibras se originan en el complejo olivar superior, tanto en el ipsolateral como en el contralateral y terminan principalmente alrededor de las bases de las células ciliadas externas del órgano de Corti. ⁽⁸⁾

Conductos semicirculares

Los conductos semicirculares se denominan según su posición en el espacio en: externo, horizontal o lateral; posterior o vertical posterior y superior o vertical anterior. ⁽⁹⁾ Dentro de los conductos óseos, los conductos membranosos están sumergidos en perilinfa. Una estructura receptora, la **cresta ampular(o ampollar)**, se ubica en el extremo expandido (ampolla) de cada uno de los canales membranosos. Cada una de las crestas está formada por células ciliadas y células de sustentación, cubiertas por una porción gelatinosa(cúpula) que cierra la ampolla. Las prolongaciones de las células ciliadas están totalmente introducidas en la cúpula, mientras que las bases de dichas células están en estrecho contacto con las fibras aferentes de la rama vestibular del nervio vestibulococlear.

⁸ Ganong, William F. "Fisiología Médica". México; Ed.El Manual Moderno, S.A. de C.V. 16ta. ed. 1998 pág 193-196.

Utrículo y Sáculo

Dentro de cada laberinto membranoso, sobre el piso del Utrículo, hay un **órgano otolítico(mácula)**. Existe otra mácula en la pared del Sáculo, en una posición semivertical. Las máculas contienen células de sustentación y células ciliadas, cubiertas por una membrana otolítica en la cual se encuentran los **otolitos**.

Vías neurales

Los cuerpos celulares de las 19.000 neuronas que inervan las crestas y las máculas de cada lado se encuentran en el ganglio vestibular. Cada uno de los nervios vestibulares terminan en el núcleo vestibular ipsolateral, formado por cuatro partes, así como en el lóbulo floculonodular del cerebelo. Las neuronas de segundo orden se dirigen hacia abajo en dirección a la médula espinal, a partir de los núcleos vestibulares, y forman los fascículos vestibuloespinales; ascienden también, a través de los **fascículos longitudinales mediales**, hacia los núcleos motores de los nervios craneales relacionados con el control de los movimientos oculares.

Células ciliadas

Estructura

Las células ciliadas en el oído interno tienen una estructura común. Cada una de ellas está insertada en un epitelio formado por células de sostén. Su extremo basal está en contacto estrecho con las neuronas aferentes. En el extremo apical hay entre 30 y 150 prolongaciones en forma de bastones, o cilios que sobresalen desde allí. Excepto en la cóclea, una de ellas, el **cinocilio**, es un cilio verdadero aunque no móvil, con 9 pares de microtúbulos que rodean su circunferencia y un par central de microtúbulos. Las otras prolongaciones, llamadas **estereocilios** se encuentran en todas las células ciliadas. Presentan núcleos formados por filamentos paralelos de actina. ⁽⁸⁾

⁹ Buniak, Hugo Norberto. "Hipoacusias", Criterios Médicos y Jurisprudenciales.Rosario, Ed. Juris. 1991
pág 11

CONSIDERACIONES FISIOLÓGICAS

Hasta que el sonido llega a hacerse sensación consciente ocurre una serie de fenómenos, actualmente bastante conocidos, aunque no del todo. Es necesario comprender como se lleva a cabo la captación y transmisión de las ondas sonoras para darse cuenta de los muchos problemas que puede presentar la audición, tanto en lo normal como en la patología. (²)

Transmisión del sonido

El oído convierte a las ondas sonoras del ambiente externo en potenciales de acción en los nervios auditivos. Las ondas se transforman por la acción del tímpano u de los huesecillos auditivos en movimientos de la base del estribo. Estos movimientos producen ondas en el líquido del oído interno. La acción de dichas ondas sobre el órgano de Corti genera potenciales de acción en las fibras nerviosas.

Funciones de la membrana timpánica y de los huesecillos

En respuesta a los cambios de presión que las ondas sonoras producen sobre su superficie externa, la membrana timpánica se mueve hacia adentro y hacia afuera. La membrana funciona como un **resonador**, que reproduce las vibraciones de la fuente de los sonidos. Deja de vibrar inmediatamente cuando se detiene la onda sonora.

Los movimientos de la membrana timpánica se transmiten al manubrio del martillo; éste último hueso gira sobre un eje que atraviesa la unión de sus hipófisis larga y corta, de manera que ésta última transmite las vibraciones del manubrio al yunque. Éste se mueve de tal manera que esas vibraciones se transmiten a la cabeza del estribo. Los movimientos de ésta última desplazan hacia uno y otro lado la base de dicho hueso. Los huesecillos auditivos funcionan como un sistema de palancas que convierte las vibraciones de resonancia de la membrana timpánica en movimientos del estribo contra la escala vestibular de la cóclea, llena de perilinfa. Este sistema aumenta la presión del sonido que llega a la ventana oval, debido a que la acción de palanca del martillo y

⁸ Ganong, William F. "Fisiología Médica". México;Ed. El Manual Moderno, S.A. de C.V. 16ta. ed. 1998 pág 196-197

² Gonzalo de Sebastián. "Audiología Práctica". Bs. As;Ed. Panamericana 5ta. ed. 1999 pág 11

yunque multiplica 1.3 veces la fuerza, y porque el área de la membrana timpánica es mucho mayor que la de la base del estribo. Hay pérdidas de la energía del sonido debidas a la resistencia, pero se ha calculado que, con frecuencias por debajo de 3000 Hz, 60% de la energía del sonido que incide sobre la membrana timpánica se transmite al líquido del interior de la cóclea.

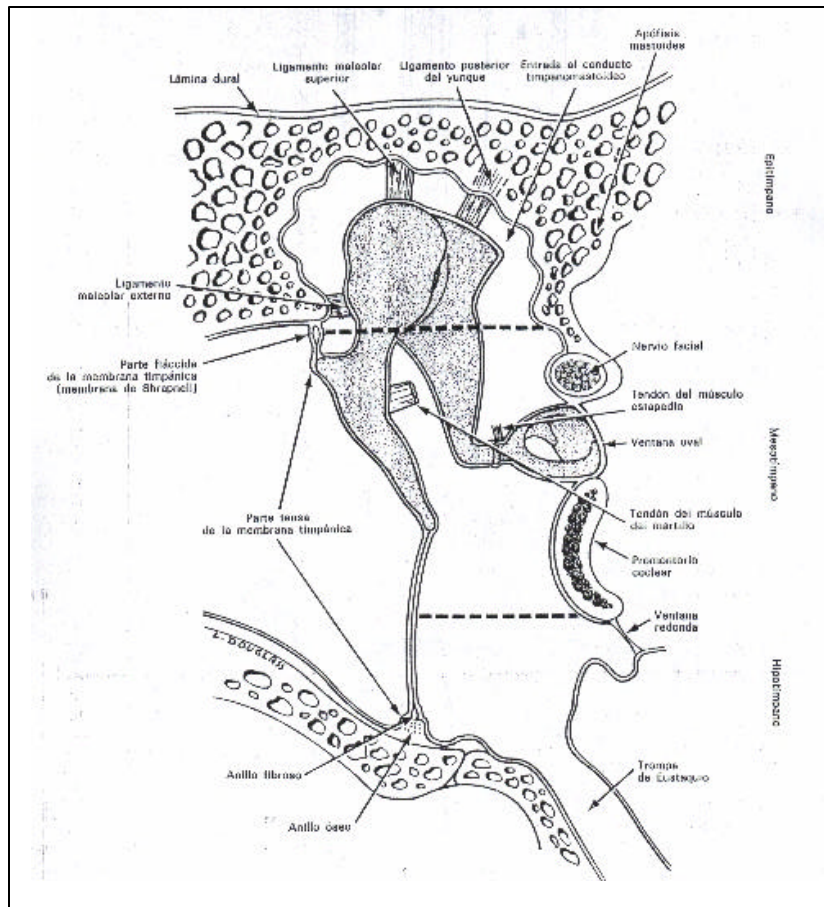


FIGURA N° 2 se observan las estructuras del oído medio.

Reflejo timpánico

Cuando los músculos del oído medio (el tensor del tímpano o músculo del martillo y el músculo del estribo) se contraen, tiran del manubrio del martillo hacia adentro, y de la base del estribo hacia fuera. Esto disminuye la transmisión del sonido. Los sonidos fuertes inician una contracción refleja de esos músculos, a la que se suele llamar **reflejo timpánico**. Su función es protectora, y evita que las ondas sonoras fuertes causen una estimulación excesiva de los receptores auditivos. Sin embargo, el

tiempo de reacción para el reflejo varía entre 40 y 160 mseg. de modo que no protege contra estímulos intensos o breves, como los producidos por los disparos de armas de fuego.

Conducción ósea y aérea

La conducción de las ondas sonoras hacia el líquido del oído interno a través de la membrana timpánica y los huesecillos auditivos, que es la vía principal de la audición, se llama **conducción osicular**. Las ondas sonoras también inician las vibraciones de la membrana timpánica secundaria, que cierra la ventana redonda. Este proceso es la **conducción aérea**.

La **conducción ósea** es la transmisión de las vibraciones de los huesos del cráneo hacia el líquido del oído interno.

Ondas viajeras

Los movimientos de la base del estribo desencadenan una serie de ondas viajeras en la perilinfa de la escala vestibular. A medida que la onda se mueve hacia arriba en el caracol, su altura aumenta hasta un máximo y luego disminuye con rapidez. La distancia desde el estribo hasta este punto de máxima amplitud varía de acuerdo a la frecuencia de las vibraciones que inician la onda. Los sonidos de tonos altos originan ondas que alcanzan su máxima altura cerca de la base de la cóclea; los sonidos de tonos bajos generan ondas que alcanzan su “pico” cerca del ápice. Las paredes óseas de la escala vestibular son rígidas, pero la membrana de Reissner es flexible. La membrana basilar no está bajo tensión y se deprime con facilidad en el interior de la escala timpánica cuando alcanzan su máximo las ondas en la escala vestibular. Los desplazamientos del líquido en la escala timpánica se disipan en el aire al nivel de la membrana redonda. Por esa razón, el sonido produce una distorsión en la membrana basilar, y el lugar en el cual esta distorsión tiene un máximo es determinado por la frecuencia de las ondas sonoras. Las partes superiores de las células ciliadas del órgano de Corti se mantienen rígidas por acción de la lámina reticular, y los cilios de las células ciliadas externas están embebidos en la membrana tectorial. Cuando el estribo se mueve, ambas membranas se mueven en la misma dirección, pero rotan sobre ejes diferentes por lo que hay un movimiento de deslizamiento que dobla los cilios. Es

probable que los cilios de las células ciliadas internas no estén fijados a la membrana tectorial, pero parece que se doblan por los movimientos del líquido entre la mencionada membrana y las células ciliadas subyacentes.

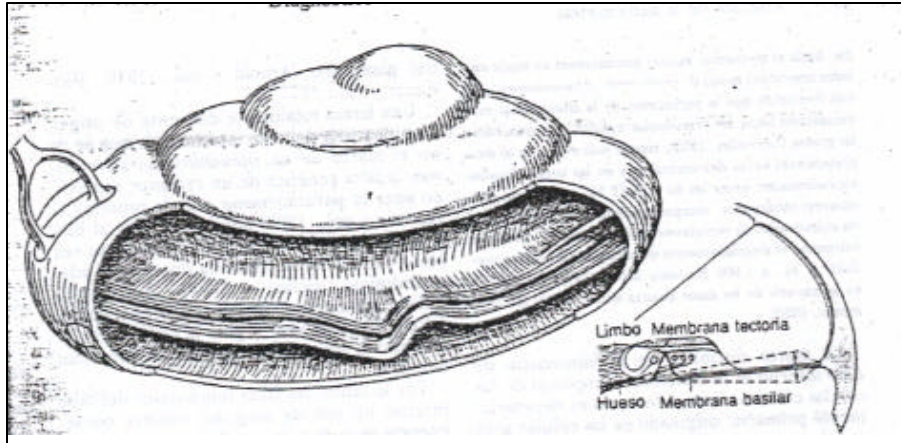


FIGURA Nº 3 muestra la transmisión de la onda viajera a través de la cóclea.

Funciones de las células ciliadas externas e internas

Las células ciliadas internas son las células sensitivas primarias que originan los potenciales de acción en los nervios auditivos, y es probable que sean estimuladas por los movimientos de líquido ya mencionados.

Las células ciliadas externas, por el contrario, están inervadas por fibras colinérgicas eferentes que vienen de los complejos olivares superiores. Éstas células son móviles se cortan cuando están despolarizadas y se alargan cuando están polarizadas. Mejoran la audición porque influyen sobre los patrones de vibración de la membrana basilar. Se acortan de un modo específico para ciertos tonos y amplifican el sonido que llega al disminuir la amortiguación inherente de la membrana basal.

Potenciales de acción en las fibras nerviosas auditivas

Las frecuencias de los potenciales de acción en una fibra aislada del nervio auditivo son proporcionales a la intensidad del estímulo sonoro. Con intensidades bajas del sonido, cada axón descarga frente a los sonidos de una sola frecuencia, y dicha frecuencia varía de axón en axón, dependiendo de la parte de la cóclea donde se origina

la fibra. Con intensidades mayores del sonido, los axones individuales descargan frente a un espectro de frecuencias de sonido más amplio, en particular hacia las frecuencias menores que aquellas en que se produce la estimulación umbral.

El principal determinante del tono que se percibe cuando una onda sonora actúa sobre el oído es el lugar, en el órgano de Corti, donde se alcanza la máxima estimulación.

La onda viajera que produce un determinado tono causa una depresión máxima en la membrana basilar y, como consecuencia, una estimulación máxima de los receptores en un cierto punto. Como ya se hizo notar, la distancia entre éste punto y el estribo guarda una relación inversa con el tono del sonido; los tonos bajos producen su estimulación máxima en el ápice de la cóclea y los altos producen el máximo estímulo en la base de la misma. Las vías que van desde las diversas partes de la cóclea hasta el cerebro son distintas. Un factor adicional que participa en la percepción del tono con sonidos de frecuencias menores de 2000 Hz. puede ser el patrón de potenciales de acción en el nervio auditivo. Cuando la frecuencia es suficientemente baja, las fibras nerviosas comienzan a responder con un impulso para cada ciclo de una onda sonora. La importancia de **este efecto de descarga** es, no obstante limitada. La frecuencia de los potenciales de acción en una fibra nerviosa auditiva dada, determina sobre todo la intensidad de un sonido, más que su frecuencia.

Si bien el tono de un sonido depende principalmente de la frecuencia de la onda sonora, su intensidad también tiene una función: los tonos bajos (por debajo de 500 Hz.) parecen más bajos y los tonos altos (por encima de 4000 Hz.) parecen más altos a medida que aumenta su intensidad. La duración también afecta al tono, aunque en menor grado. El tono de un sonido no puede percibirse a no ser que dure más de 0.01 segundos y con duración entre 0.01 y 0.1 segundos el tono aumenta a medida que aumenta la duración. Por último, el tono de los sonidos complejos, que incluyen los armónicos de una frecuencia dada, sigue percibiéndose cuando falta la frecuencia primaria (pérdida de la frecuencia fundamental).

Corteza auditiva

Las vías desde el caracol hacia la corteza auditiva se describen en la primera sección de este capítulo. Los impulsos ascienden desde los núcleos cocleares dorsal y ventral a través de vías complejas, de las que algunas son cruzadas y otras son directas. En los animales existe un patrón organizado de localización tonal en la corteza auditiva primaria, como si la cóclea se hubiera “desenrollado” sobre la misma. En los seres humanos, los tonos bajos tienen una representación anterolateral y los tonos altos una posteromedial en la corteza auditiva. Sin embargo, es el tono y no la frecuencia por sí misma lo que se codifica en la corteza auditiva, porque cuando se presenta un sonido complejo con una pérdida de frecuencia fundamental(véase antes), la parte de la corteza que se estimula es la que corresponde al tono percibido. En consecuencia, el procesamiento de las frecuencias puras para convertirlas en tonos debe ocurrir en algún nivel subcortical.

Las neuronas individuales de la corteza auditiva responden a parámetros como el inicio, la duración y la frecuencia de repetición de un estímulo auditivo y, en particular, a la dirección desde la cual viene. La corteza se ocupa del reconocimiento de los patrones tonales, de un análisis de las propiedades de los sonidos, y de la localización de los mismos.

En seres humanos, los estudios de tomografía de emisión de positrones (TEP) muestran una activación bilateral de la corteza auditiva primaria en respuesta a los estallidos de ruido, además de la activación de las áreas de asociación temporales superiores adyacentes, en respuesta a los sonidos del habla. Cuando se pide a los sujetos que analicen las señales del habla, hay una activación adicional de parte del área de Broca, en el hemisferio izquierdo, y cuando se solicita a los sujetos que respondan a los cambios en el tono, hay una activación de la corteza prefrontal derecha.

Una porción de la circunvolución temporal posterosuperior conocida como *planum temporale* normalmente es mayor en el hemisferio temporal izquierdo que en el derecho, en especial en los individuos diestros. Esta área parece estar involucrada en el procesamiento auditivo relacionado con el lenguaje.

Localización de los sonidos

La determinación de la dirección desde la cuál emana un sonido en el plano horizontal depende de la detección de la diferencia en el tiempo de llegada del estímulo hacia los dos oídos y la diferencia consecuente en la fase de las ondas sonoras en los dos lados; también depende del hecho de que el sonido es más fuerte del lado más cercano a la fuente de producción.

La diferencia en tiempo que se puede detectar puede ser tan pequeña como 20 μ seg. , y se dice que es el factor más importante con frecuencias por debajo de los 3000 Hz, mientras que la diferencia de intensidad resulta el elemento más importante cuando las frecuencias están por arriba de la mencionada cifra. Muchas neuronas de la corteza auditiva reciben señales desde ambos oídos y responden de manera máxima o mínima cuando el tiempo de llegada de los estímulos que proceden de un oído están retardados, durante un período fijo con relación al momento de llegada de la información del otro oído. Este período fijo varía de neurona a neurona. Los sonidos que vienen directamente de frente al individuo difieren en calidad de los que vienen detrás de él, puesto que cada pabellón auricular (la porción visible del oído externo) está girado levemente hacia delante. Adicionalmente, la reflexión de las ondas sonoras de la superficie auricular cambia cuando el sonido se mueve hacia arriba o hacia abajo. Así, el pabellón auricular tiene una función importante para localizar los sonidos en el plano vertical. La localización de los sonidos se altera de manera importante por las lesiones de la corteza auditiva, tanto en los mamíferos, como en los seres humanos.

Función vestibular

Respuesta a la aceleración rotacional

La aceleración angular en el plano de un determinado conducto semicircular estimula a su cresta. La endolinfa, debido a su inercia, se desplaza en dirección opuesta a la de la rotación. El líquido empuja la cúpula y la deforma. Esto dobla las prolongaciones de las células ciliadas. Cuando se alcanza una velocidad de rotación constante, el líquido gira a la misma velocidad del cuerpo y la cúpula se mueve de regreso hacia su posición normal. Cuando se detiene la rotación, la desaceleración

produce un desplazamiento de la endolinfa en la dirección de la rotación y la cúpula se deforma en dirección opuesta a la que se produjo durante la aceleración. Retorna a su posición intermedia en 25 a30 segundos. El movimiento de la cúpula en una dirección causa un aumento en el tráfico de impulsos en las fibras nerviosas aisladas que proceden de su cresta, mientras que los movimientos en la dirección opuesta inhiben esa actividad neural.

La rotación produce una estimulación máxima del conducto semicircular más cercano al plano de rotación. Como los conductos de uno de los lados de la cabeza son una imagen especular de los del otro lado, la endolinfa se desplaza hacia la ampolla en un lado y se aleja de la misma en el otro. El patrón de estimulación que llega al cerebro varía entonces con la dirección además de hacerlo con el plano de la rotación. La aceleración lineal probablemente no desplaza la cúpula y por eso no estimula las crestas. Sin embargo, hay considerable número de datos que muestran que si una parte del laberinto se destruye, otras partes suplen su función, por lo cual resulta difícil la localización experimental de las funciones del laberinto.

Respuestas a la aceleración lineal

En general, el Utrículo responde a la aceleración horizontal y el sáculo a la vertical. Los otolitos son más densos que la endolinfa y la aceleración, en cualquier dirección que opere, hace que se desplacen en la dirección opuesta, lo cual distorsiona los procesos de las células ciliadas y origina actividad en las células nerviosas. Las máculas también descargan de manera tónica, aun en ausencia de movimientos cefálicos, debido a la atracción de la gravedad sobre los otolitos. Los impulsos generados a partir de dichos receptores son en parte los causantes de los reflejos de enderezamiento de la cabeza y de otros ajustes posturales.

Si bien la mayor parte de las respuestas a estimulación de las máculas son de naturaleza reflejas, los impulsos vestibulares también llegan a la corteza cerebral. Estos impulsos pueden ser los causantes de la percepción conscientes del movimiento y suministrar parte de la información necesaria para la orientación en el espacio. Se llama *vértigo* a la sensación de rotación cuando en realidad no la hay.

Orientación espacial

La orientación en el espacio depende, en buena medida, de la información procedente de los receptores vestibulares, aun cuando los datos visuales también son importantes. También se recibe información pertinente de los impulsos de los propioceptores de las cápsulas articulares, que suministran datos acerca de las posiciones relativas de las distintas partes del cuerpo, así como de los impulsos de los exteroceptores cutáneos, en especial los sensibles al tacto y a la presión. Estos cuatro tipos de información de ingreso se integran a nivel cortical para dar un cuadro continuo de la orientación del sujeto en el espacio. ⁽⁸⁾

Introducción

La sensibilidad auditiva de la cóclea humana normal es notable. Sin embargo, ésta extraordinaria capacidad auditiva es vulnerable a los efectos de los traumatismos acústicos agudos y al ruido ambiental crónico. ⁽¹⁰⁾

Un reciente documento de EPA(Environmental Protection Agency) concerniente a la salud pública y al criterio de bienestar para el ruido menciona una ordenanza promulgada 2500 años atrás por la comunidad griega de Sybaris la cual prohibía que se trabaje el metal y tener gallos dentro de la ciudad para protegerse en contra del ruido que interfiere en la comunicación y que también puede perturbar el sueño. La historia contiene otros ejemplos que indican la interferencia del sueño y la comunicación debido a varios tipos de ruido, yendo desde el ruido de los carros hasta el ruido de los herreros. ⁽⁶⁾

Durante el último medio siglo, la creciente mecanización y el ruido que la acompaña a originado un inevitable aumento de las lesiones del oído humano. ⁽¹⁰⁾

Una investigación actual en USA encontró que el 46% de 1200 encuestados fueron alguna vez molestados por el ruido de vehículos. Dentro de las actividades que

⁸ Ganong, William F. "Fisiología Médica". México, Ed. El Manual Moderno, S.A. de C.V. 16ta. ed. 1998 pág 201-207

¹⁰ Goodhill, V. y col., "El oído. Enfermedades, sordera y vértigo", Ed. Salvat 1986. Pág. 526

⁶ Environmental Protect Agency(EPA), "Information on level of enviromental noise requisite to protect public health and welfare with and Adequate margin of safety"; 1974 March; 550/9-74-004.

¹⁰ Goodhill, V. y col., "El oído. Enfermedades, sordera y vértigo", Ed. Salvat 1986. Pág 526

fueron reportadas como interrumpidas el dormir es la actividad más perjudicada seguida por mirar televisión, escuchar radio, música, actividades mentales, leer, escribir o pensar, conducir, conversar, descansar y caminar. La actividad que es más sensible al ruido en la mayoría de los estudios es la comunicación(incluyendo el escuchar la televisión), la cual puede estar relacionada directamente con el nivel de ruido molesto.⁽⁶⁾

Los efectos clínicos de la exposición al ruido son de dos tipos: **no auditivos**, que produce interferencia en el habla o cualquier otra influencia sobre la conducta y **auditivos**, que consisten en la pérdida temporal o permanente de la audición y otros síntomas audiológicos.⁽⁹⁾

⁶ Environmental Protection Agency(EPA), “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.

⁹ Buniak, Hugo Norberto. “Hipoacusias”, Criterios Médicos y Jurisprudenciales, Ed. Juris 1991 pág 31

EFFECTOS NO AUDITIVOS DE LA EXPOSICIÓN AL RUIDO

Hay distintos grados de interferencia del ruido en las actividades humanas. Los ruidos molestos pueden interferir en las actividades humanas distrayendo la atención y haciendo las actividades más difíciles de realizar, sobre todo cuando se necesita concentración.

La interferencia del ruido puede incluso hacer algunas actividades(como comunicación o sueño)casi imposibles.

La interferencia en la comunicación del discurso

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 produciendo un gran número de dificultades personales, impedimentos y cambios del comportamiento. La interferencia prolongada en el discurso y el resultado de la molestia son claramente no consistentes con la salud pública y el bienestar.

La interferencia del discurso es básicamente un proceso simultáneo enmascarado, hace que el discurso sea incapaz de entenderse. Puede ocurrir en el hogar, en el trabajo, durante el esparcimiento, dentro de los vehículos, etc.

El grado en el cual el ruido estorba el discurso depende no sólo de factores físicos(como niveles de ruido, esfuerzo vocal, distancia entre los hablantes y acústica de la sala), sino también de factores no físicos. El último incluye la enunciación del hablante, la familiaridad del que escucha con el vocabulario y el acento del hablante, el tema de la conversación, la motivación del que escucha y su acuidad auditiva.

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

Cuando el nivel de presión sonora aumenta, es mayor la interferencia producida por el ruido, y las personas automáticamente aumentan su voz para superar el efecto enmascarador sobre el discurso(aumento del esfuerzo vocal). Para compensar ese efecto enmascarador de los sonidos que interfieren, y para comprender lo que se dice, se impone una tensión adicional en el oyente.

Las capacidades individuales del oyente, como la acuidad auditiva y el nivel de atención del, también son importantes para la inteligibilidad del discurso.

Interferencia del discurso(adentro)

A distancias mayores aproximadamente de 1 metro del hablante, el nivel del discurso es justamente constante a lo largo de toda la habitación. El mayor nivel de ruido que permite una conversación relajada con un 100% de inteligibilidad a lo largo de toda la habitación es de 45 dB. La gente tiende a aumentar sus voces cuando el ruido de fondo asciende a los 45-50 dB.

Interferencia del discurso(afuera)

El nivel de sonido del discurso afuera decrece cuando se incrementa la distancia entre los hablantes.

La tabla muestra las distancias entre los hablantes para un discurso entendible afuera, teniendo en cuenta dos niveles de esfuerzo vocal con un nivel de ruido de fondo estable.

Los niveles para una voz normal y aumentada en una conversación satisfactoria mostrados en la tabla permiten un 95 % de inteligibilidad de la frase a cada distancia. Éste porcentaje usualmente permite una comunicación fiable debido a la redundancia en la conversación normal.

Si los niveles de ruido en la tabla son excedidos, los hablantes pueden acercarse o esperarse una reducción de la inteligibilidad. Por ejemplo, considerando una conversación con un esfuerzo vocal normal a una distancia de 3 mts. 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.

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

Perturbación en el sueño

Se conoce el sueño ininterrumpido como un requisito previo para el funcionar fisiológico y mental bueno de personas saludables(Hobson 1989); 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 del sueño en los ambientes ruidosos son de otra manera por las razones que origina el campo ruidoso.

Estudios de campo han examinado los efectos del ruido de tráfico en los caminos y en las vías férreas(Griefahn al 1995-1998).

Los efectos primarios de perturbación del sueño son: la dificultad para dormirse(aumento de tiempo de latencia del sueño); los despertares; y las alteraciones de las fases de sueño o profundidad, sobre todo una reducción en la proporción de REM-sueño(REM= movimiento rápido del ojo)(Hobson 1989).

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; la vasoconstricción; cambios en la respiración; arritmia cardíaca; y un aumento en los movimientos del cuerpo(el cf. Berglund & Lindvall 1995).

Para cada uno de éstos efectos fisiológicos, “las relaciones del umbral de ruido y de respuesta al ruido pueden ser diferentes”.

La exposición al ruido durante la noche induce también a efectos secundarios. Éstos efectos pueden medirse el día siguiente a la exposición, mientras el individuo está despierto. El efecto secundario incluye la calidad reducida de sueño;

aumenta la fatiga; mal o buen humor; disminuye el rendimiento(Ohrstrom 1993^a; Passchier-Vermeer 1993; Carretero 1996; el et de Pearsons al 1995; Pearsons 1998).

Los efectos a largo plazo en lo psicosocial han sido también relacionados a la exposición del ruido durante la noche(Ohrstrom 1991)

Varios estudios también han mostrado que las personas que viven en las áreas expuestas al ruido de noche utilizan sedantes o píldoras para dormir. Otros efectos del comportamiento frecuentes durante el tiempo de ruido nocturno incluyen las ventanas de los dormitorios cerradas y el uso de protección personal de los oídos.

Una reciente investigación japonesa dirigida a 3600 mujeres(20-80 años) que viven en 8 zonas a orillas del camino con diferentes ruidos de tráfico mostró como resultado la percepción de cuatro medidas de calidad de sueño(la dificultad para dormir; despertar durante el sueño; despertar demasiado temprano; los sentimientos de insomnio uno o más días a la semana)correlacionado significativamente con los volúmenes medios de tráfico durante el tiempo nocturno.

Los efectos cardiovasculares y fisiológicos

Estudios epidemiológicos y de laboratorio que involucran a obreros expuestos al ruido profesional, y a las poblaciones en general(incluso los niños) que viven en las áreas ruidosas, alrededor de los aeropuertos, industrias y calles ruidosas, indican que el ruido puede tener impactos temporales y permanentes en las funciones fisiológicas humanas.

Se ha postulado que el ruido actúa como un stresador medioambiental(revisión de Passchier-Vermeer 1993; Berglund & Lindvall 1995).

Las exposiciones del ruido agudas 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 la hipertensión y enfermedad isquémica del corazón asociada con las exposiciones a un nivel de presión sonora alto(para una revisión Passchier-Vermeer 1993; Berglund & Lindvall 1995).

La magnitud y duración de los efectos son en parte determinadas por las características individuales, comportamientos de estilo de vida 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 que la exposición termina- a un estado normal(el de pre exposición) dentro de un tiempo en el rango de duración de la exposición.

Si la exposición es de intensidad suficiente e impredecibles pueden aparecer las respuestas cardiovasculares y hormonales, incluso aumentos en la proporción del corazón y la resistencia vascular periférica; cambios en la presión de sangre, la viscosidad y grasa en sangre; y cambios en el equilibrio de los electrolitos(Mg/Ca) y los niveles hormonales(la epinefrina, el norepinephrine, el cortisol).

Sin embargo, todavía no ha sido posible dirigir un análisis integrado cuantitativo más avanzado que los estudios disponibles.

Sólo podrían estimarse riesgos relativos y sus intervalos de confianza para las clases de niveles de ruidos altos(principalmente mayores a 65 dBA durante el día) y los niveles bajos(principalmente menores a 55 dBA durante el día), en lugar de un rango de niveles de exposición.

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 un Leq 24 hs(HCN 1994).

La conclusión global es que esos efectos cardiovasculares son asociados con la exposición a largo tiempo Leq 24 hs. A valores en el rango de 65-70 dB o más, para ambos, tráfico aéreo y de tránsito.

No obstante, tales riesgos pequeños son potencialmente importante porque un gran número de personas se expone actualmente a éstos niveles de ruido, o probablemente serán expuestos en el futuro.

Los efectos sobre la salud mental

Se define la salud mental como la ausencia de desórdenes psiquiátricos identificables según las normas actuales(Freeman 1984). No se cree que el ruido medioambiental es una causa directa de enfermedad mental, pero es supuesto que acelera e intensifica el desarrollo del desorden mental latente.

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

La exposición a los altos niveles de ruido profesional ha sido asociada con el desarrollo de neurosis e irritabilidad; y la exposición a los niveles altos de ruido medioambiental con el deterioro de la salud mental(Stansfeld 1992).

El único estudio longitudinal en este campo(el et de Stansfeld al 1996) 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 son asociados con la sensibilidad al ruido, en lugar de con la exposición al ruido, y la asociación fue encontrada después de desaparecer el ajuste de la ansiedad del rasgo básico.

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(por ejemplo Stansfeld 1992).

Esto es particularmente verdad en niño, ancianos y personas con enfermedades preexistentes, sobre todo la depresión(IEH 1997).

Los efectos del ruido en el desempeño

Fue documentado en ambos, sujetos de laboratorio y en sujetos expuestos a ruido ocupacional que el ruido adverso afecta el rendimiento de tareas cognitivas. 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 en el trabajo, pero los efectos dependen del tipo de

ruido y de las tareas que se realizan(Smith 1990). Estudios de laboratorio y de lugares de trabajo mostraron que el ruido también puede actuar como un estímulo de distracción en caso de ruido impulsivo(ej. bombas sónicas) y puede producir efectos destructivos.

Las tareas cognitivas más fuertemente afectadas por el ruido son la lectura, atención, solución de problemas y memoria. Los efectos observados sobre la motivación, como la persistencia en la medición de una tarea cognitiva difícil, pueden ser independientes o secundarios a los deterioros cognitivos mencionados anteriormente.

Dos tipos de déficit de memoria han sido identificados bajo exposición experimental al ruido: memoria incidental y memoria para materiales. Por ejemplo, cuando se presentó información semántica a sujetos en presencia de ruido, el recordar el contenido de la información no fue afectado, pero los sujetos fueron significativamente menos capaces de recordar, por ejemplo en que rincón de la diapositiva.

Los efectos del ruido en el comportamiento y molestia en residentes

La molestia por el ruido es un fenómeno global. La definición de molestia es “un sentimiento de displacer asociado con cualquier agente o condición, conocido o creído por un individuo o un grupo que los afecta adversamente”. (Lindvall & Radford 1973; Koelega 1987). Sin embargo aparte de la molestia la gente puede sentir una variedad de emociones negativas cuando se exponen al ruido comunitario, y pueden reportar enojo, desilusión, insatisfacción, retiro, impotencia, depresión, distracción, agitación y extensión(Job 1993; Fields et al 1997 1998).

El ruido puede producir un número de efectos sociales y del comportamiento en residentes, además de la molestia(para una revisión vea Berglund & Lindvall 1995). Los efectos sociales y del comportamiento incluyen cambios de los patrones de comportamiento diario(ejemplo, cerrar ventanas, no usar balcones, subir los niveles de la tele y de la radio, escribir peticiones, quejas a las autoridades); cambios adversos en el comportamiento social(ejemplo, agresión, hostilidad, despreocupación, falta de participación); cambios adversos en indicadores sociales(la movilidad residencial, admisiones hospitalarias, consumos de drogas, proporciones de accidentes); cambios en el humor(ejemplo, menos felicidad, mayores depresiones).

Aunque los cambios en el comportamiento social, como una reducción en la utilidad e incremento de la agresividad, son asociados con la exposición al ruido, la sola exposición al ruido no se cree que sea suficiente como para producir agresión. Sin embargo, en combinación con la provocación, ira preexistente u hostilidad, pueden activar la agresión. Justamente la evidencia consistente muestra que el ruido superior a 80 dBA es asociado con el comportamiento de ayuda reducido y con el incremento de comportamiento agresivo.

Los efectos del ruido comunitario pueden ser evaluados teniendo en cuenta la magnitud de la molestia(alto, moderado, bajo) entre los individuos expuestos o evaluando la interrupción de actividades específicas como la lectura, mirar t.v. 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. Para el ruido de aviones, los efectos más importantes son la interferencia con el descanso, la recreación, y el mirar televisión. Esto está en contraste con el ruido de tránsito donde la interferencia en el sueño es el efecto predominante(Berglund & Lindvall 1995).

Se debe tener cautela al interpretar los datos sintetizados de los diferentes estudios ya que se deben tener en cuenta cinco parámetros para que los análisis sean válidos: factores personales, demográficos, y de estilo de vida, así como la duración de la exposición al ruido y la experiencia de la población con el ruido(Kryter 1994).

Las molestias en las poblaciones expuestas al ruido medioambiental varían 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(Fields 1993).

La correlación entre la exposición al ruido y la molestia en general es mucho más alta al nivel de grupo que en el ámbito individual.

Los efectos de las fuentes combinadas de ruido

Muchos ambientes acústicos consisten en sonidos de más de una fuente.

Es posible que algunas perturbaciones(ejemplo, interferencia en el habla, interferencia en sueño) puedan ser más fácilmente atribuidas a ruidos específicos. En los

casos donde una fuente de ruido es claramente dominante, la magnitud en el efecto puede ser evaluada tomando en cuenta sólo la fuente dominante.

No hay consenso en un modelo para evaluar la molestia total debido a la combinación de fuentes de ruido medioambientales. Cuando es combinado con diferentes tipos de agentes ambientales, con vibraciones, químicos ototóxicos, olores químicos, otra vez hay conocimientos insuficientes para evaluar con precisión los efectos combinados en la salud(Berglund & Lindvall 1995; HCN 1994; Miedema 1996; Zeichart 1998; Passchier:Vermeer & Zeichart 1998)

Por consiguiente debe ejercerse cautela cuando se trata de predecir los efectos adversos sobre la salud de factores combinados en poblaciones residenciales.

Los efectos sobre la salud debido a los componentes de baja frecuencia en un ruido se estima que son más severos que los ruidos comunitarios en general.

En poblaciones residenciales con fuerte contaminación por ruido fue más certeramente asociado con una combinación de efectos sobre la salud. Por ejemplo, enfermedades cardiovasculares, molestia, interferencia en el habla, en el trabajo en el hogar, y perturbaciones en el sueño.

Grupos vulnerables

Los participantes de estas investigaciones son seleccionados por la población en general y son usualmente adultos.

Este grupo incluye a personas con habilidades disminuidas (personas viejas, enfermas, o deprimidas); las personas con enfermedades en particular o problemas médicos; personas que tratan con las tareas cognitivas complejas, como la adquisición de la lectura; personas quienes son ciegas o quienes tienen daño auditivo; fetos bebés y niños jóvenes; y ancianos en general. (Jansen 1987; AAP 1997).

Estas personas pueden ser menos capaces de hacer frente a los impactos de exposición al ruido y estar en mayor riesgo a los efectos dañosos

Las personas con daño auditivo son adversamente las más afectadas con respecto a la inteligibilidad del discurso. Incluso los deterioros ligeros auditivos en el rango de las altas frecuencias pueden causar problemas en la percepción del discurso en un ambiente ruidoso.

Los niños también se han identificado como vulnerables a la exposición del ruido(vea Agenda 21: UNCED 1992).

La evidencia en polución del ruido y la salud de los niños es bastante para garantizar la supervisión de los programas escolares y preescolares para la protección de los efectos de ruido en niños.

Se sigue a los programas de salud para estudiar el principal efecto del ruido en los niños, incluso los efectos en la percepción del discurso y la adquisición de la lectura, también se garantiza en áreas fuertemente contaminadas por ruido(el et de Cohen al 1986; el et de Evans al 1998).

Esta consideración debe tener en cuenta los tipos de efectos (la comunicación, recreación, la molestia, etc.), los ambientes específicos(en el útero, incubadoras, casa, la escuela, el lugar de trabajo, las instituciones públicas, etc.) y los estilos de vida específicos(escuchar la música fuerte a través de los auriculares, o en las discotecas y fiestas; motocicletas, etc.).

EFFECTOS AUDITIVOS DE LA EXPOSICION AL RUIDO

La percepción de sonidos en la vida diaria es de mucha importancia para el bienestar humano.

La comunicación a través del discurso, sonidos de los niños jugando, música, los sonidos naturales en las zonas verdes, los parques y jardines son todos los sonidos esenciales para la satisfacción de la vida diaria.

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 los aumentos de deterioro a la susceptibilidad de un organismo a los efectos dañosos de otras influencias medioambientales.

La siguiente tabla tomada de los últimos estudios realizados por la EPA, muestra estimaciones de tráfico urbano, tráfico de la autopista y ruido intermitente a un valor equivalente de menos de 71,4 dB. Este valor es redondeado a 70 dB. para un tiempo de exposición de 24 hs. y a 73 dB. para 8 hs. de exposición, para poder proveer un ligero margen de seguridad. Exposiciones a mayores niveles pueden producir más de 5 dB. de pérdida auditiva en al menos algunas personas. Teniendo en cuenta los probables errores de estimación en los tres estudios básicos no pueden ser declarados con absoluta exactitud, es así que el nivel preservable de 70 dB. y de 73 dB. es simplemente el mejor estimado en el presente, sujeto a cambios si se encuentran mejores datos.

**REQUISITOS DE EXPOSICION SONORA PARA PROTEGER LA
SALUD PUBLICA CON UN ADECUADO MARGEN DE SEGURIDAD.**

	RUIDO CONTINUO	RUIDO INTERMITENTE	CON MARGEN DE SEGURIDAD
Leq 250 días/años	73	78	
8 hs. 365 días/años	71.4	76.4	75
Leq 250 días/años	68	73	
24 hs. 365 días/años	66.4	71.4	70

DETERIORO DE LA AUDICIÓN INDUCIDA POR RUIDO

El deterioro de la audición se define típicamente como un aumento en el umbral auditivo. Se evalúa a través de la audiometría. ⁽⁶⁾ Ésta prueba se realiza mediante el uso del audiómetro con el que se mide la agudeza auditiva. Éste aparato presenta al sujeto tonos puros, de diversas frecuencias, mediante auriculares. En cada frecuencia se determina la intensidad umbral y se presenta en una gráfica como porcentaje de la audición normal. Esto suministra una medida objetiva del grado de sordera y un cuadro de cuál es la escala tonal más afectada. ⁽⁸⁾

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)

En los países en vía de desarrollo, no sólo el ruido profesional, sino también el ruido medioambiental es un factor de riesgo creciente para el deterioro de la audición.

En 1995, en la Asamblea Mundial de la Salud se estimó que hay 120 millones de personas con dificultades auditivas en el mundo(Smith 1998).

Se ha mostrado que los hombres y mujeres están en igualdad de condiciones en cuanto a la pérdida auditiva inducida por ruido(ISO 1990; Berglund & Lindvall 1995).

Aparte de la pérdida auditiva inducida por ruido, el deterioro auditivo en las poblaciones también es causado por ciertas enfermedades; algunos químicos industriales; drogas ototóxicas; ataques a la cabeza; accidentes; orígenes hereditarios, también son asociados con el proceso de envejecimiento por sí mismo(presbiacusia).

Después de la exposición al ruido, los primeros cambios morfológicos se encuentran normalmente en las células ciliadas externas e internas de la cóclea donde las esterocilias se funden y se doblan. Después de la exposición más prolongada las células ciliadas externas e internas relacionadas a la transmisión de sonidos de alta frecuencia se pierden.

⁶ Enviromental Protect Agency(EPA), “Information on level of enviromental noise requisite to protect public health and welfare with and Adequate margin of safety”; 1974 March; 550/9-74-004.

⁸ Ganong, William F. “Fisiología Médica” Ed. El Manual Moderno, S.A. de C.V., 16ta. ed. 1998 pág 205

Normalmente el deterioro auditivo inducido por ruido es acompañado por la percepción anormal que es conocida como reclutamiento(el ef. Berglund/Lindvall 1995).

Con una pérdida considerable de sensibilidad auditiva, algunos sonidos pueden percibirse como distorsionados(paracusia). Otro efecto sensorial es el resultado de la exposición al ruido llamado tinnitus(sonido dentro del oído). Normalmente el tinnitus es un sonido que es emitido por el propio oído interno(tinnitus fisiológico). Los tinnitus por ruido inducido pueden ser temporales, cuando duran 24 horas después de la exposición, o pueden tener un carácter más permanente, como después de la exposición al ruido profesional prolongado. A veces es debido al sonido producido por el flujo de la sangre a través de las estructuras del oído. (6)

La historia de un paciente con hipoacusia inducida por el ruido puede ser muy indefinida, sin embargo, las manifestaciones más frecuentes son:

- A) Hipoacusia.**
- B) Cambios en el umbral de recepción del habla.**
- C) Reclutamiento.**
- D) Diploacusia.**
- E) Acúfenos.**
- F) Trastornos del equilibrio.**

⁶ Enviromental Protect Agency(EPA), “Information on level of enviromental noise requisite to protect public health and welfare with and Adequate margin of safety”; 1974 March; 550/9-74-004.

HIPOACUSIA

La pérdida de audición siempre es de tipo perceptivo o neurosensorial (por lesión del oído interno) y bastante semejante en grado y extensión en ambos oídos.

Desde el punto de vista otoscópico, los tímpanos son normales.

El comienzo y la progresión de la pérdida de audición producida por el ruido son lentos e insidiosos; siendo probable que la persona ignore su existencia o no les conceda la debida importancia.

La fatiga auditiva transitoria por exposiciones breves al ruido, origina una “desviación temporaria del umbral”, término utilizado para los defectos auditivos que no producen una lesión definitiva. Ésta pérdida temporal de la audición es un fenómeno fisiológico, que desaparece tras algunos minutos u horas de reposo.

Estudios experimentales relativos a la desviación temporaria del umbral han demostrado que los efectos en el oído difieren según la exposición sea continua o intermitente:

A) Si un ruido se produce en forma intermitente, la cantidad de pérdida temporal será la mitad de la que se produce cuando el ruido actúa en forma continua.

B) Si la exposición al ruido se realiza con intervalos de silencio durante el día, las pérdidas de audición a largo plazo serán menos intensas que las causadas por exposición prolongada.

Características de la desviación temporaria del umbral (Glorig, 1961)

1. La desviación temporal del umbral resultante de un día de exposición a niveles de ruido de 100 dBs o más, puede variar desde 40 dBs hasta la ausencia de desviación.

2. La desviación temporal es más amplia en 4000 Hz y en 6000 Hz.

3. La mayoría de las desviaciones temporales tienen lugar durante las dos primeras horas de exposición.

4. La recuperación de la desviación temporal del umbral se observa principalmente dentro de la segunda hora de finalizada la exposición al ruido.

5. Un ruido que no produce pérdida temporal de la audición no originará pérdida permanente de la misma.

6. La configuración en el audiograma de la pequeña desviación temporal se asemejará al umbral determinado en caso de pérdida permanente de la audición.

Características de la pérdida permanente de la audición

El primer signo audiométrico puede ser una ligera muesca en 4000Hz. A medida que avanza la hipoacusia, se produce un ensanchamiento y profundización de esta muesca. Con exposiciones más largas al ruido(años), la muesca en 4000Hz. no sólo se hace más profunda sino que existe una desviación hacia la izquierda del perfil audiométrico con pérdidas en el 3000,2000,1000 Hz, que generalmente se acompañan de una desviación hacia la derecha con pérdida en zona del 5000,6000,8000 Hz. A medida que aumenta la pérdida puede perderse completamente la percepción de frecuencias altas.

La pérdida permanente evoluciona en tres etapas:

A) PRIMER GRADO: es el período de comienzo, también llamado de “fatiga auditiva”. No se tiene conciencia del trastorno auditivo y se oye bien la palabra hablada. Instantes después de la exposición al ruido se experimenta una sensación de descanso de la audición. El audiograma muestra una caída entre 20 a 30 dBs en el tono 4000 Hz pero se eleva nuevamente en la banda tonal de los agudos. Este fenómeno es pasajero en las horas siguientes se va recuperando, dependiendo del tiempo de la intensidad del ruido, su frecuencia, y el tiempo de exposición. Los trastornos son reversibles y no quedan secuelas.

B) SEGUNDO GRADO: es el período de constitución o de “sordera audiométrica”. La hipoacusia comienza a manifestarse. La banda de lesión se ensancha y toma las frecuencias entre 3000 a 6000 Hz. Si la exposición continúa se toma la banda de 1500 Hz y la sordera se hace más evidente. En el audiograma se observa mayor descenso que llega o supera los 40 dBs en los 4000 Hz y la curva no levanta en la banda de los agudos. Las lesiones en esta etapa son irreversibles.

C) **TERCER GRADO:** es el período final o de “sordera enfermedad”. La voz se escucha mal y resulta difícil la discriminación de la palabra. Se encuentran afectadas todas las frecuencias de la voz humana. Esta sordera carece de tratamiento efectivo y, a nivel del audiograma se observa una caída de 60 dBs o más y abarca gran extensión de la zona tonal. Las lesiones, son irreversibles.

TIPOS DE HIPOACUSIA

La hipoacusia que se establece es de tipo perceptivo y, para comprender el significado, es conveniente aclarar que existen tres tipos de hipoacusias. Su diagnóstico podrá efectuarse a través de la audiometría tonal.

El sonido puede transmitirse tanto por la vía aérea (mecanismo normal de la audición) poniendo en juego la membrana del tímpano, los huesecillos y líquido del oído interno, y también hacerlo por vía ósea(a través de los huesos del cráneo), con lo cual se elude los medios antes mencionados y la onda sonora arriba directamente a al órgano de Corti.

El órgano de Corti será, en cualquiera de los dos casos, el receptor de la onda sonora. Si el mismo se encuentra lesionado no se podrá receptor el sonido transmitido ni por vía aérea ni por vía ósea lo que determinará un descenso del umbral para ambas en forma pareja y se establecerá de este modo, una hipoacusia de **percepción.**

Si, en cambio, el órgano de Corti, se encuentra indemne y las lesiones asientan en el oído externo, membrana timpánica u oído medio(taponés de cera, perforaciones de la membrana del tímpano, dislocación de los huesecillos, supuraciones de oído medio, malformaciones congénitas, etc.), el sonido transmitido por vía aérea, y que pasa a través de esas estructuras, se percibe poco o nada y se mantiene normal la percepción de la onda sonora transmitida por vía ósea. Este tipo de hipoacusia se denomina: de **transmisión.**

Puede suceder que las dos patologías se asocien; una lesión de oído externo o medio que determine una hipoacusia de transmisión y una lesión del órgano de Corti o vías nerviosas auditivas que den origen a una hipoacusia de percepción. En este caso

ambos umbrales se encuentran descendidos, pero no en forma pareja, existiendo una disociación entre ambos. A este tipo de hipoacusias se las denomina **mixtas**.

De lo expresado se deduce que, al encontrar afectado el órgano de Corti, en las lesiones inducidas por ruido nos encontraremos con una hipoacusia perceptiva con descenso de los umbrales auditivos tanto por vía aérea como por vía ósea y ambas descenderán en forma pareja profundizándose la caída en la gama de los agudos y en la banda de los 4000 Hz en particular.

En pacientes expuestos a ruidos intensos, es común el fenómeno de “enmascaramiento”, que consiste en la disminución de la percepción de un ruido por efecto de otro que actúa como enmascarador.

CAMBIOS DEL UMBRAL DE RECEPCION DEL HABLA

Se producen conjuntamente con la pérdida auditiva y si bien están sujetos a variaciones individuales de la discriminación del lenguaje, en general, responden a un esquema determinado. En los estadios precoces de una hipoacusia inducida por ruido, se encuentra una logaudiometría con umbrales de voz y palabra que no muestran alteraciones y una curva que asciende generalmente al 100% de discriminación. A medida que la hipoacusia progresa, los umbrales se desplazan a mayores intensidades y el porcentaje de discriminación disminuye no alcanzando el 100%.

En síntesis, se puede decir que existe una relación directa entre la pérdida auditiva y los umbrales de recepción del habla, e inversamente a la discriminación del lenguaje. Así, a mayor hipoacusia, hay mayor desplazamiento de los umbrales de voz y palabra y menos porcentaje de discriminación.

Como inicialmente la hipoacusia se presenta como una caída en 4000 Hz. , no existe mayor dificultad en la discriminación, ya que dicha frecuencia no es fundamental para el lenguaje. A medida que la hipoacusia avanza hacia las frecuencias medias o conversacionales (2000-5000 Hz.), la discriminación comienza a disminuir.

En la mayoría de los casos la máxima discriminación alcanzada no se mantiene. Al aumentar la intensidad, comienza a descender constituyendo la característica “curva en campana”, presente en las hipoacusias neurosensoriales de

origen coclear. Esta disminución de la discriminación es una de las características del reclutamiento.

RECLUTAMIENTO Y DIPLOACUSIA

Son manifestaciones de lesión del órgano de Corti(Cortipatía), como ocurre en las hipoacusias inducidas por ruido.

A) El reclutamiento es la distorsión en la sensación de intensidad del sonido, que se presenta como una mayor sensación de sonoridad, percibiendo pequeñas diferencias de intensidad y alcanzando umbrales de dolor auditivo(algiacusia) a menos intensidad que en sujetos normales.

El reclutamiento produce un “estrechamiento del campo auditivo”(distancia comprendida entre el umbral auditivo y el techo o nivel de audición dolorosa).

B)La diploacusia es la distorsión de la sensación de altura tonal. Este fenómeno pasa muy a menudo inadvertido, ya que el paciente no se percata del mismo. Cuando se percibe, el paciente define como más estridente el tono en el oído que está peor

C) Acúfenos, Tinnitus o Zumbidos: Son ruidos percibidos por el paciente en ausencia de toda estimulación auditiva exterior.

El acúfeno puede ser subjetivo (más frecuente) u objetivo(oído por el paciente y por el examinador). Los acúfenos pueden tener su origen en el oído externo, medio, interno y en otras estructuras ajenas a la vía auditiva(sistema nervioso central, trastornos vasculares, artrosis cervical, etc.). De tal manera, existen acúfenos que no tienen su origen en la cóclea y, por lo tanto no guardan relación con el trauma acústico.

El acúfeno es un síntoma frecuente y precoz del trauma acústico. Al principio se trata de un sonido agudo que se presenta solamente al salir del ambiente ruidoso y desaparece al anochecer o durante la noche. Si persiste la exposición al ruido, el acúfeno se hace continuo durante la semana y suele desaparecer después de un descanso más largo(fin de semana). Posteriormente, el acúfeno se hace continuo y permanente. En general es bilateral.

TRASTORNOS DEL EQUILIBRIO

Si bien su presencia es discutida en pacientes con hipoacusias inducidas por ruido, la mayoría de los autores han demostrado que estos pacientes tienen su aparato vestibular más irritable que los sujetos normales. Esto ha sido demostrado anatomopatológicamente donde, parte de las alteraciones de la espira basal del caracol, se han encontrado alteraciones de las membranas del sáculo, utrículo y de los conductos semicirculares.

Las personas afectadas de trauma acústico pueden presentar trastornos del equilibrio en cualquiera de sus formas clínicas: sensación rotatoria o vértigo, mareo, inestabilidad posicional, etc. (⁹)

⁹ Buniak, Hugo Norberto. "Hipoacusia", Criterios Médicos y Jurisprudenciales. RosarioEd Juris. 1991

DIAGNÓSTICO DE LAS HIPOACUSIAS INDUCIDAS POR RUIDO

Al profesional médico le compete la responsabilidad exclusiva del diagnóstico, que se establecerá sobre la base de la información obtenida de los datos por:

- _ **Examen clínico.**
- _ **Examen audiológico.**
- _ **Examen audiométrico.**

Examen clínico

El examen clínico comenzará teniendo en cuenta la realización de una detallada y exhaustiva anamnesis.

La anamnesis deberá precisar las circunstancias etiológicas, el carácter adquirido de la hipoacusia y la progresividad de la misma.

Ésta anamnesis deberá contemplar:

- *Historia ocupacional:* indagar sobre los antecedentes laborales es un punto fundamental.
- *Enfermedades anteriores.*
- *Sustancias ototóxicas exógenas:* desde hace mucho tiempo se sabe que toda sustancia puede surtir una acción beneficiosa o nociva sobre un órgano, según muchos factores. Como el oído no es la excepción, ciertas drogas que se usan en la terapéutica resultan perjudiciales y son consideradas ototóxicas.
- *Sustancias ototóxicas endógenas:* por ejemplo uremia, diabetes, hepatopatía.
- *Productos químicos y metales.*
- *Hábitos recreativos:* resulta necesario indagar sobre las costumbres y ocupaciones del paciente en sus horas libres. Como, por ejemplo aflicción a la música, uso de equipo de audio, auriculares, ejecución de instrumentos musicales. Como así también la práctica de algunos deportes: tiro con arma de fuego, paracaidismo, boxeo y buceo.

- *Otros factores.*
- *Enfermedades anteriores del oído.*

Examen audiológico

Finalmente es necesario investigar la presencia de los síntomas que acompañan a la hipoacusia inducida por ruido; naturalmente y en primer lugar la pérdida de la audición, sus características, forma de inicio, progresión, etc.

Examen audiométrico

Del examen audiológico obtendremos la información para un correcto diagnóstico. (4)

El estudio de elección para el diagnóstico de la hipoacusia inducida por ruido es la audiometría, acompañada de estudios complementarios, en donde característicamente se encuentra disminución en los umbrales auditivos de las frecuencias altas; sin embargo en años recientes se ha implementado una nueva técnica diagnóstica con la cual se pueden localizar más específicamente las zonas de daño estructural; se trata de una técnica no invasiva basada en la medida sistemática de la respuesta coclear conocida como “otoemisiones acústicas”; éstas emisiones son generadas primariamente por las células ciliadas externas.

Atlas y col. en 1995 buscaron la relación entre los umbrales auditivos por audiometría y la presencia de otoemisiones acústicas, en pacientes con y sin hipoacusias inducidas por ruido; y encontraron que en los pacientes expuestos a ruido las emisiones estaban muy disminuidas, aún cuando los umbrales auditivos no mostraban cambios importantes, lo que demuestra que las otoemisiones acústicas representan una medida más exacta del daño coclear que está produciendo la exposición al ruido aún antes de que el paciente pueda percatarse de ello.(11)

⁴ Werner, Antonio F., Mendez, Antonio F., Salazar, Estela B. "Ruido y Audición"; Bs.As. Argentina: Ed. AD-HOC S.R.L. 1ª ed. " pág. 85-99

¹¹ <http://www.facmed.unam.mx/publica/revista/20002/n002p41-42.html>

LA MEDIDA DEL RUIDO MEDIO AMBIENTAL: descriptores de sonido

La EPA ha adoptado un sistema de descriptores de sonido para resumir como las personas oyen los sonidos y para determinar el impacto del ruido ambiental en la salud pública y el bienestar. Los descriptores son: el nivel de ponderación A, nivel de exposición sonora, nivel sonoro continuo equivalente, nivel sonoro día-noche.

Estos están relatados pero cada uno es más útil para un tipo particular de medición.

Nivel de ponderación A

La ponderación A fue recomendada por la EPA para describir el ruido ambiental.

Se usa para describir un sonido condicionado aéreo estático en una habitación o medir el nivel sonoro máximo durante el paso de un vehículo con un simple medidor de nivel sonoro.

Su naturaleza es la momentánea magnitud del sonido ponderado para aproximarse a la sensibilidad frecuencial del oído.

Nivel de exposición sonora

Los niveles de muchos sonidos cambian de momento a momento, esta variación puede ser considerada para cuando se mide ruido ambiental. ⁽⁶⁾

El nivel de exposición sonora es un índice útil para calcular los niveles sonoros que resultan de cualquier combinación de fuentes sonoras. Los niveles de exposición sonora pueden medirse con un sonómetro integrador para cada suceso acústico por separado que se produce en una determinada posición. ⁽³⁾

Cada evento individual puede ser parcialmente caracterizado por su nivel máximo. Puede también ser parcialmente caracterizado por su patrón de tiempo.

⁶ Environmental Protection Agency(EPA), "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.

³ Harris, Cyril M. "Manual de Medidas Acústicas y Control del Ruido", Ed. Mc Graw Hill. 3ra. ed. 1995 pág. 11.18-11.19.

La duración de los sonidos con niveles que varían de momento a momento es más difícil de caracterizar. Una manera es combinar el nivel máximo de sonido con la longitud de la duración de tiempo. Usando este procedimiento uno puede medir la energía total del sonido sumando la intensidad durante la duración de la exposición.

Se usa para describir ruido de una fuente movable como es un avión, tren o camión.

La naturaleza del descriptor es una suma de la energía de momentáneas magnitudes de sonido asociadas con un evento simple para medir la energía sonora total del evento. ⁽⁶⁾

Nivel sonoro continuo equivalente

El nivel de presión sonora continuo equivalente con ponderación de frecuencia para un intervalo de tiempo especificado es el nivel de un ruido estable que corresponde al promedio (integral) en el tiempo de la presión sonora al cuadrado con ponderación de frecuencia producida por fuentes de sonidos estables, fluctuantes, intermitentes, irregulares o impulsivos en el mismo intervalo de tiempo. ⁽³⁾

Se utiliza para medir el nivel de ruido ambiental promedio al cual la persona está expuestas.

Nivel sonoro dia-noche

El Ldn es el nivel de ponderación A para un período de 24 hs. Con un adicional de ponderación de 10dB agregado a los niveles sonoros equivalentes que ocurren durante las horas de la noche (de 10 p.m. a 7 a.m.).

Por lo tanto, un ambiente que tiene un Leq medido durante el día de 60 dB y una medición nocturna de Leq de 50 dB puede ser dicho que tiene un nivel ponderado nocturno de 60 dB (50+10) y un Ldn de 60 dB.

⁶ Environmental Protection Agency(EPA), "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.

³ Harris, Cyril M. "Manual de Medidas Acústicas y Control del Ruido". Ed. Mc Graw Hill. 3era. ed. 1995 pág. 11.18

Se usa para caracterizar el nivel sonoro promedio en áreas residenciales alrededor del día y la noche. (6)

Parámetros estadísticos (percentiles)

L90: Es aquel nivel que es superado por el 90 % de los niveles medidos. Es equivalente al percentil 10 y representa al **nivel de fondo**.

L10: Es aquel nivel que es superado por el 10% de los niveles medidos. Es equivalente al percentil 90 y representa a los **niveles picos más frecuentes**.

⁶ Environmental Protection Agency(EPA), “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.

VARIABLES DE LA INVESTIGACION

Las variables que se tomaron en cuenta para la elaboración de este trabajo son:

INDEPENDIENTES: a) nivel sonoro continuo equivalente.

b) edad.

c) sexo.

d) tiempo de residencia.

DEPENDIENTES: a) molestia sobre la actividad del sueño.

b) molestia sobre la actividad de concentración.

c) molestia sobre la actividad de las comunicaciones.

d) índice de molestia.

HIPÓTESIS

Los niveles sonoros producidos por fuentes móviles pueden interferir en las actividades del sueño, la comunicación y la concentración, y el porcentaje de personas molestas para tal situación es mayor en las cercanías de las avenidas principales que en las zonas residenciales adyacentes.

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 MÉTODOS

Universo y muestra

➤ El universo está constituido por todas aquellas personas que residen sobre las avenidas: Avenidas Rafael Nuñez, Octavio Pinto, Emilio Caraffa, Castro Barros, Colón, Duarte Quirós, Julio Argentino Roca, Fuerza Aérea, y aquellos residentes en los barrios ubicados a ambos lados de los corredores: Argüello, Silvano Fúnes, Granja de Fúnes, V. Belgrano, Padre Claret, V. Los Angeles, Cerro de las Rosas, San Marcelo, V. Centenario, Parque Corema, Alto Verde, Tablada Park, Alto Palermo, A. De V. Cabrera, Bajo Palermo, San Martín, San Ignacio, Ombú, Quebrada de las Rosas, V. Urquiza, Bajo Galán, Villa Alberdi, V. Paez, V. Siburu, Marchal, General Deheza, Alto Alberdi, Providencia, San Salvador, Los Robles, Las Palmas(A), Las Palmas, Teodoro Fells, Uritorco, Alberdi, Ducasse, Tranviarios, Quintas de Santa Ana, Obrero, Caseros, Paso de los Andes, Los Plátanos, Observatorio, Güemes, Residencial San Roque, San Francisco, Avenida, Bda. San Roque, V. Maurizi, Bella Vista, Cla. Lorenzini, Ameghino Norte, Res. Olivos, Aeronáutico, Parque Capital, Ate, Ameghino, Villa Adela, San Rafael, Los Naranjos, M. Balcarce y Rosedal.

La población bajo estudio fue dividida en dos grupos diferentes:

- a) Los residentes en calles con flujo vehicular muy importante, y por lo tanto expuestos a niveles sonoros elevados.
- b) Los residentes en calles con escaso flujo vehicular, lo que determina un nivel sonoro menor que en el grupo A.

Dado que no se cuenta con un registro completo de la población bajo estudio un muestreo aleatorio puro es impracticable. Es por ello que para cada estrato se plantea un tipo de muestreo por **cuotas y rutas**. El muestreo por “cuotas” consiste en asignar a cada entrevistador un número de entrevistas a realizar, indicándole las que tienen que corresponder a cada estrato, y dejando a su arbitrio la elección concreta de las unidades de la población a entrevistar. Este último aspecto puede causar el inconveniente de que los entrevistadores elijan por comodidad a personas cercanas a ellos, de su entorno social. Para obviar este inconveniente se utilizó también el muestreo

“por rutas” fijando a cada entrevistador un itinerario definido en todo sus detalles, indicándole exactamente en que punto se debía realizar la entrevista.

Para formar cada grupo se realizó una observación directa de la zona analizando las características del flujo y la flota vehicular que transitaba 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 muy transitada, en estos casos hasta 50 mts. a partir de su intersección.

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

DISEÑO MUESTRAL

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

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

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 mínimo de 100.

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

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 para asegurar que el error estará por debajo del error muestral establecido, como máximo se utilizó un tamaño muestral de 200 entrevistas para cada estrato.

Se asignó a cada encuestador un número determinado de encuestas resultando un total de 401 encuestas repartidas de la siguiente manera:

Estrato A: 200 encuestas.

Estrato B: 201 encuestas.

Asimismo se realizaron 50 mediciones de niveles sonoros en la zona correspondiente al estrato A y 16 en la zona correspondiente al estrato B conformando un total de 66 mediciones en sectores previamente establecidos.

MEDICIÓN DE LAS VARIABLES

SONÓMETRO

Para realizar la medición de los “niveles sonoros”existentes se utilizó un medidor de nivel sonoro.

Características del Sonómetro

Datos técnicos

El sonómetro integrador de precisión **SIP 95** constituye una cadena completa de medición destinada al estudio de ambientes acústicos a largo plazo, las características más remarcables del SIP 95 son:

- a) Adquisición del valor eficaz de la señal con exigencias superiores a aquellas establecidos por la clase I de la norma CEI 804 y UTE NF S 31-109.
- b) Calculo del Leq Ponderado A, medición y almacenamiento de presión acústica máxima (LPC)
- c) Capacidad de memoria 128000 resultados dobles (Leq y LPC).
- d) Histograma de los Leq 025 y LPC, conexión RS 232 bidireccional para comunicación con un ordenador.
- e) Preamplificador desmontable, el mismo realiza mediciones en un rango de 30 a 130 dB., registra los Niveles Sonoros Continuos Equivalentes(Leq) 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. También registra el Leq máximo y mínimo para un periodo de medición dado.

Técnica de medición

Las mediciones se realizan tanto en la zona correspondiente al grupo A (Zona A) como la correspondiente al grupo B (Zona B) en sitios de medición previamente establecidos.

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 evito aquellos lugares donde se veían modificaciones significativas del numero de la flota vehicular ya sea por desvío de esta 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 ruidos como por ejemplo: talleres mecánicos, obras en construcción, fabricas, etc.

El micrófono del decibelímetro se coloca sobre un trípode a una distancia de 1,20 mts. sobre el nivel del suelo y a 90° respecto de la línea de transito.

El operador, ubicado a 1.50 mts. como mínimo del aparato de manera de no interferir con el registro a realizar, al activarlo se asienta en la planilla de medición la hora exacta del comienzo de la medición, la cual dura 15', durante los cuales se cuenta la cantidad de autos, motos, camiones, o colectivos y utilitarios que pasaban por el sitio de medición, registrando el N° en la planilla.

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

Por norma las mediciones tienen que hacerse con las siguientes condiciones ambientales: Humedad < a 75 %, Velocidad de viento < a 3 m/seg.

Se registro para cada período de medición el Nivel Sonoro 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 en la mañana en el horario de 8:00 a 13:00 Hs. y otro por la tarde en el horario de 16:00 a 20:30 Hs.

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.

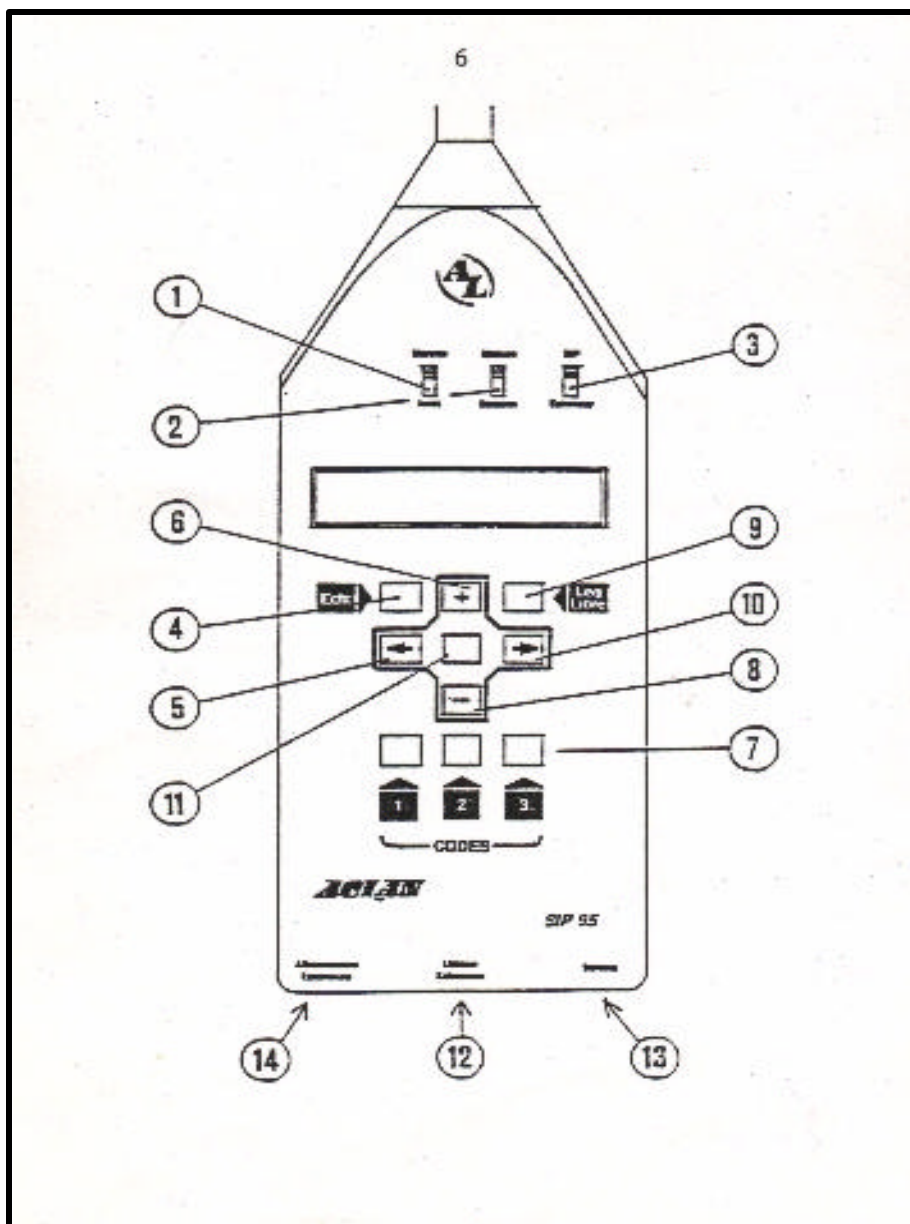


FIGURA N° 4 muestra el Sonómetro integrador de precisión SIP 95.

Función de las llaves

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 computador 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.

9- “**LEQ. LIBRE**”: la primer presión de esta llave comienza un cálculo de Leq. Hasta el momento de la segunda presión.

11- “**LLAVE VALIDACION**”: 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.

Procedimiento de operación del instrumento

Se enciende con **March**, 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** se utiliza para borrar la 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 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, eligiendo **LpC** se selecciona 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**(periodos), nosotros utilizamos el modo **Imm**.

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

DESCRIPCIÓN DE LAS ENCUESTAS

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

Se asignó a cada encuestador un número determinado de encuestas resultando un total de 401 encuestas, 200 pertenecientes al grupo A y 201 al grupo B.

La encuesta fue realizada a la población residente en las zonas estudiadas y que accedieron a responderla. Tanto la pregunta como las opciones fueron formuladas por el encuestador consignando la/s respuesta/s del entrevistado.

Para la confección de las entrevistas se realizó una revisión de experiencias anteriores sobre investigación de ruido urbano realizadas en Suecia como así también de encuestas realizadas anteriormente por el Observatorio Ambiental.

En toda la encuesta se utilizaron preguntas de selección múltiple.

De acuerdo a la bibliografía consultada se seleccionaron actividades de la vida diaria para investigar como influye el ruido urbano en el desempeño de las mismas.

En primer lugar, en relación con 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 consignar al encuestado, en caso de manifestar que sea el ruido el motivo de interferencia, cual era la fuente móvil que más molestaba.

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

En relación con las comunicaciones se consideraron el hablar por teléfono y el mirar TV, 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 su lugar de residencia preguntándole si existiría voluntad de trasladarse a un lugar más silencioso y si consideraba 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, en el caso de elegir alguna de las dos últimas opciones, en que momento del día.

Elaboración del índice de molestia

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

Aquellas opciones que indican una relación más débil entre el ruido y molestia fueron valoradas con el número 0,25 y aquellas que no relacionan al ruido como el causante de molestia obtuvo el valor de 0. Por ejemplo ¿sé despierta frecuentemente de noche? A la opción “siempre” se le asignó el valor de 1, a “frecuentemente” se le asignó 0,5 y por último a la opción “nunca” se le asignó el valor 0.

Basándose en los valores encontrados se establecieron diferentes parámetros para determinar los índices de molestia considerándose:

MENOR QUE 3: Se manifiesta poco molesto.

MAYOR O IGUAL QUE 3: Se manifiesta molesto.

MAYOR O IGUAL QUE 5: Se manifiesta altamente molesto.

Se realizó así éste trabajo(estableciendo el grado de molestia a través del índice) para hacer que los resultados obtenidos sean compatibles y comparables con los de otros estudios anteriores.

ANÁLISIS DE LOS DATOS

Los datos medidos fueron pasados a la planilla de campo, 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. 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(ver planilla en ANEXO).

Para la elaboración del **MAPA N° 2** se seleccionaron diferentes colores que representan los valores de los niveles sonoros continuos equivalentes promedio medidos en cada una de las principales vías de acceso del oeste hacia el microcentro de la ciudad de Córdoba.

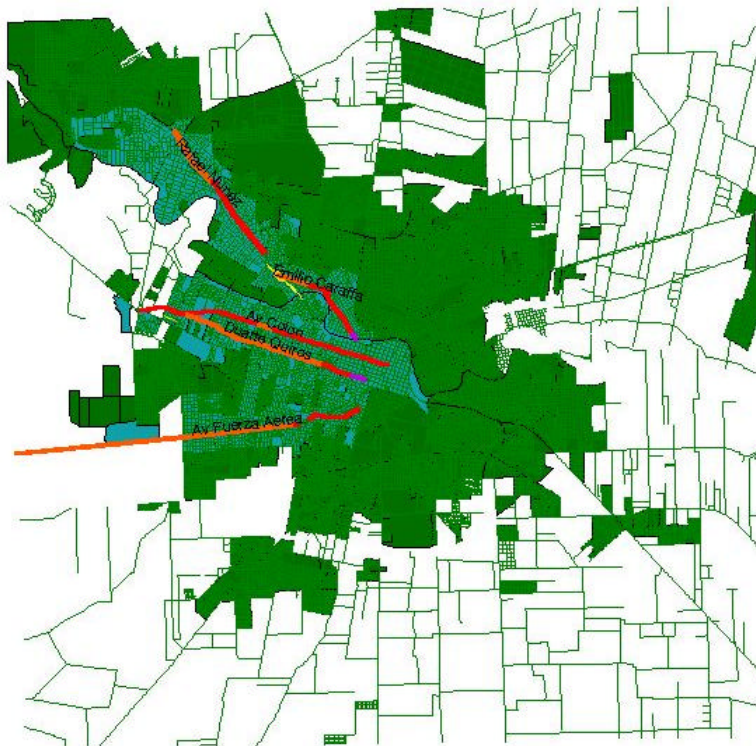
En la zona correspondiente a la Avenida Rafael Nuñez, Av. Emilio Caraffa y Av. Castro Barros los niveles sonoros van variando a lo largo de todo su trayecto, el rango de valores del acceso está comprendido entre 71-80 dB incrementándose a medida que se aproxima al microcentro.

En la Avenida Colón podemos observar valores que oscilan entre 76-80 dB en toda su extensión, excepto en un pequeño trayecto donde los niveles disminuyen no siendo significativo para poder caracterizar dicho acceso. En cambio la Avenida Duarte Quirós posee altos niveles sonoros en sus extremos(76-80 dB) mientras que en la parte central del acceso los valores son menores.

A lo largo de la Avenida Fuerza Aérea encontramos que los valores se mantienen estables en un rango de 71-75 dB incrementando al llegar a la Av. Julio A. Roca.

MAPA N° 2 muestra la distribución de los niveles sonoros continuos equivalentes sobre las principales vías de acceso del oeste al microcentro de la ciudad de Córdoba.

MAPA DE DISTRIBUCION DE NIVELES SONOROS - ZONA OESTE



Sobre todas las avenidas estudiadas se encontraron Niveles Sonoros Continuos Equivalentes superiores a 73 dBA. En general se observa que dichos niveles se incrementan en cercanías del microcentro



El **MAPA N°3** muestra los niveles sonoros continuos equivalentes promedios encontrados en cada punto de medición.

Éstos valores nos permiten caracterizar el acceso y poder determinar el riesgo de deterioro de la calidad de vida de la población considerando que el límite para preservar la salud propuesto por la EPA es de 73 dB para una exposición diaria de 8 horas.

Podemos observar de que manera la emisión sonora proveniente de las vías principales de acceso influye sobre las zonas residenciales cercanas donde los valores promedio son inferiores a 65 dB.

MAPA DE DISTRIBUCION DE NIVELES SONOROS - ZONA OESTE



MAPA N° 3 muestra la influencia de los niveles sonoros de las principales avenidas sobre las zonas residenciales cercanas.

PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOSTABLA N^o 1

AVENIDA	Leq	Flujo Vehicular v/h	Autos	Utilitarios	Camiones	Motos
Av. R. Nuñez, Av. O. Pinto, Av. E.Caraffa, Av. C. Barros.	77,3	2142 v/h	1533	344	140	126
Av. Colón	76,6	2373 v/h	1655	405	190	124
Av. Duarte Quirós	72,6	1595 v/h	1216	247	61	71
Av. Julio A. Roca, Av. Fuerza Aérea.	75,3	1852 v/h	1305	352	109	86

La **tabla N^o 1** muestra los niveles sonoros continuos equivalentes promedios que caracterizan a las principales vías de acceso de la zona oeste hacia el microcentro de la ciudad, observándose las características de la flota vehicular teniendo en cuenta la cantidad de autos, utilitarios, camiones y motos que circulan por dichos accesos en un período de tiempo de 60 minutos.

Es de suma importancia considerar que los niveles sonoros continuos equivalentes encontrados en las zonas aledañas a las principales vías de acceso son inferiores a **65 dB**.

TABLA N° 2

PROMEDIO INDICES DE MOLESTIA	
GRUPO "A"	2.6
GRUPO "B"	0.8

La **tabla N° 2** muestra el índice de molestia promedio medido para las personas que residen en las distintas zonas, correspondientes al Grupo A y al Grupo B.

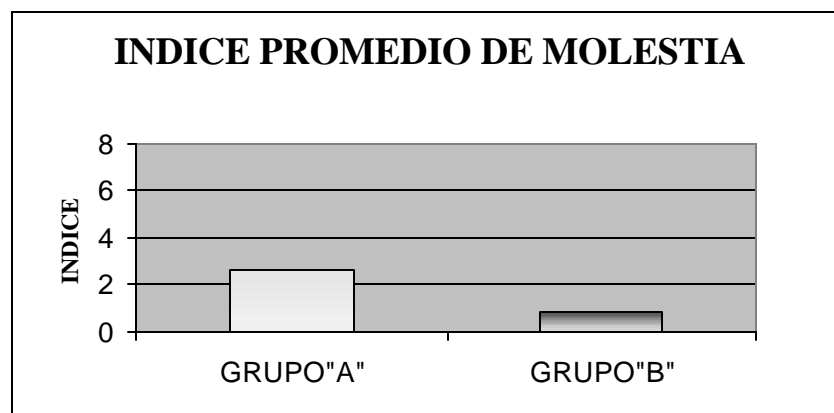


Gráfico N°1 correspondiente a la Tabla N° 2

TABLA N° 3

ÍNDICES PROMEDIO		
CATEGORÍAS	GRUPO "A"	GRUPO "B"
FEMENINO	2.6	0.8
MASCULINO	2.5	0.8
EDADES	2	1.4
10-19		
20-29	2.4	0.9
30-39	2.5	0.4
40-49	3.1	1.1
50-59	3.1	0.5
60-69	2.9	0.6
70-79	2.1	0.8
TIEMPO DE RESIDENCIA MENOR A 1 AÑO	2.8	0.8
TIEMPO DE RESIDENCIA ENTRE 1-10 AÑOS	2.9	0.9
TIEMPO DE RESIDENCIA MAYOR A 10 AÑOS	2.4	0.8

En la **tabla N° 3** se puede observar los índices de molestias promedio para ambos grupos teniendo en cuenta las siguientes categorías: sexo, edades y tiempo de residencia.

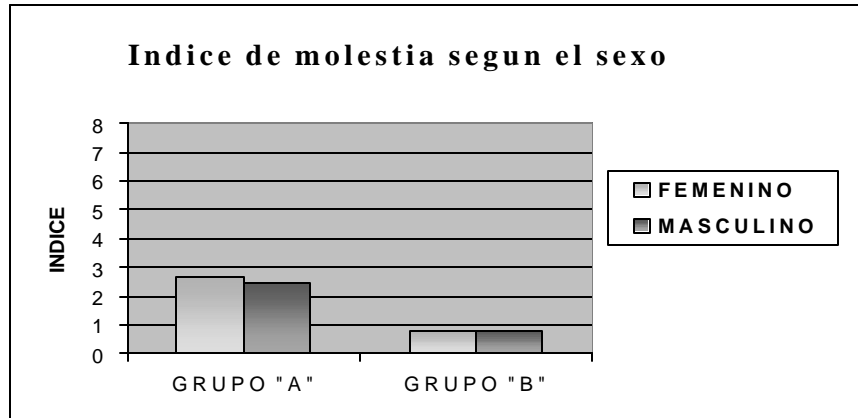


Gráfico N° 2 correspondiente a la Tabla N° 3

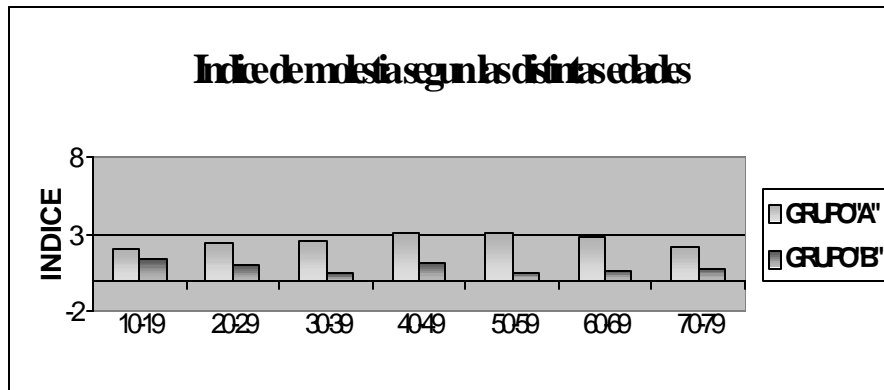


Gráfico N° 3 correspondiente a la Tabla N° 3

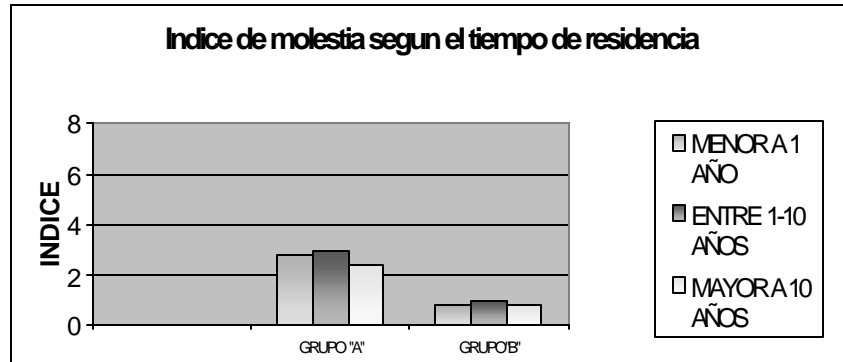


Gráfico N° 4 correspondiente a la Tabla N° 3

TABLA N°4

PORCENTAJES		
ACTIVIDADES	GRUPO "A" %	GRUPO "B" %
Relacionadas con la actividad del sueño.	29.8	7
Relacionadas con la concentración.	31.5	6.5
Relacionadas con la comunicación.	50.75	10.3

La **tabla N° 4** muestra cuál de las tres actividades consideradas como básicas es la más afectada por el ruido, teniendo en cuenta el porcentaje de personas que así lo han manifestado ya sea en el grupo "A" como en el grupo "B".

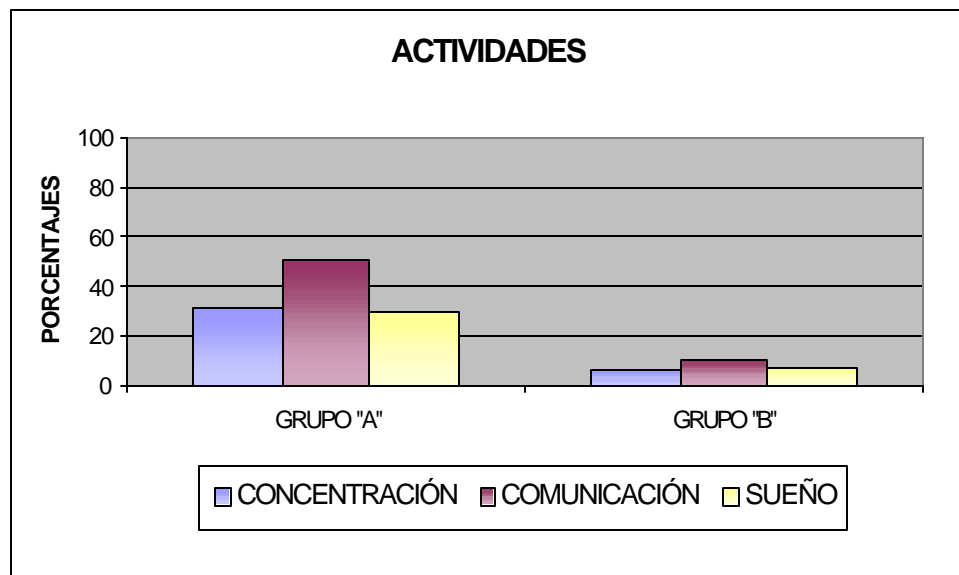


Gráfico N° 5 correspondiente a la Tabla N° 4

TABLA N° 5

PORCENTAJES		
	GRUPO "A"	GRUPO "B"
¿Qué % de personas le resulta molesto el ruido en su barrio?	57.5%	29%
¿Qué % de personas se irían a vivir a otro barrio?	47%	14%
¿Qué % de personas opina que el ruido es el mayor contaminante en su barrio?	56%	27%

En la **tabla N° 5** se pueden observar los porcentajes de personas a las que el ruido urbano les resulta molesto, las que se irían a vivir a otro barrio dentro de la ciudad y quienes lo consideran como mayor contaminante ambiental , para ambos grupos.

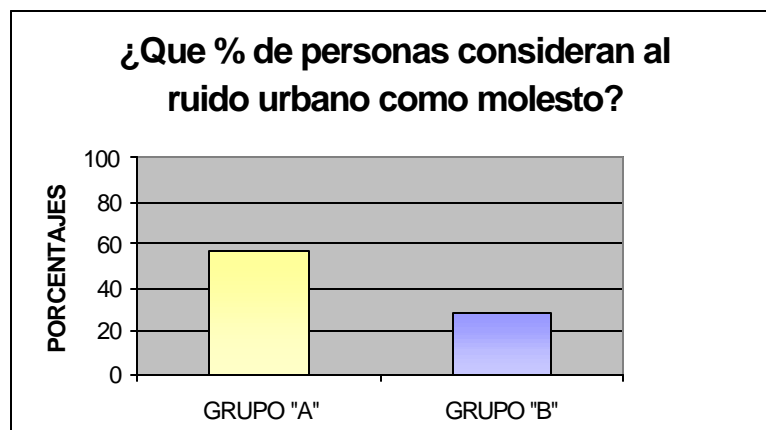


Gráfico N° 6 que corresponde a la Tabla N° 5

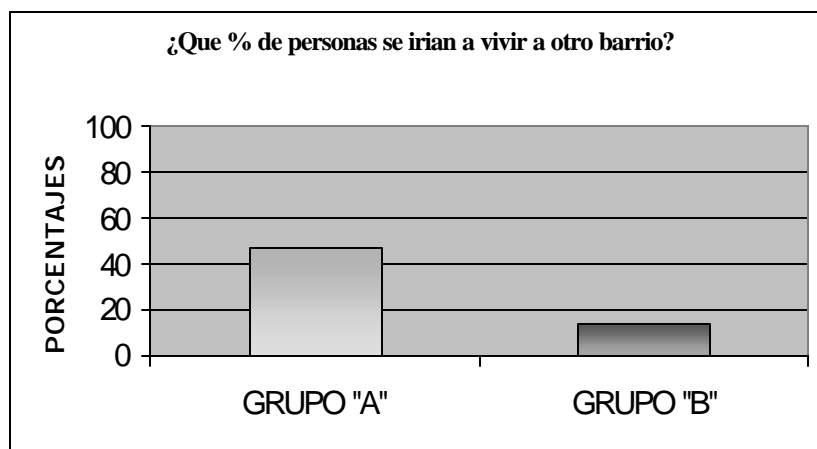


Gráfico N° 7 correspondiente a la Tabla N° 5

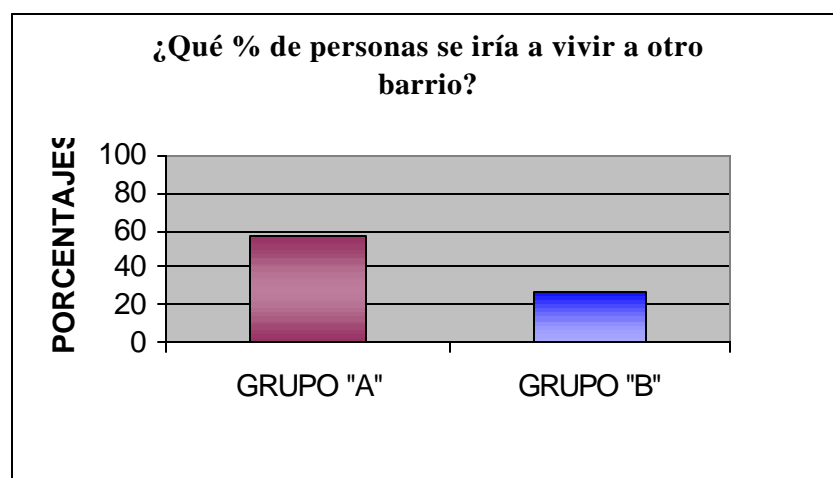


Gráfico N° 8 correspondiente a la Tabla N° 5

TABLA N°6

CATEGORIAS	GRUPO "A"			GRUPO "B"		
	Act. del sueño %	Act. de la concentr. %	Act. de la comunic.%	Act. del sueño.%	Act. De la concentr. %	Act. de la comuni. %
Femenino	29.9	30.5	54.6	6.3	5.1	11
Masculino	30.1	35.8	44.8	8.5	9.2	8.5
Edades						
10-19	10.7	28.6	46.4	14.3	10.7	19.6
20-29	17.8	40	23.2	5.1	7.7	14.1
30-39	38	24	52	3.6	3.6	25
40-49	36.5	30.8	69.2	15.4	3.8	9.6
50-59	50	33	62.5	0	3.3	1.7
60-69	39.7	35.3	51.5	1.7	6.7	6.7
70-79	18.8	25	29.7	12.5	10	12.5
T. de resid. <1 año.	32.1	42.9	64.3	6.7	6.7	3.3
T. de resid. 1-10 años.	35.2	37	61.1	9.8	3.3	12.2
T. de resid. > 10 años.	27.7	28.8	45.1	4.4	8.7	9.2

La **tabla N° 6** muestra los porcentajes para las categorías: sexo, edad y tiempo de residencia según los grupos "A y B", teniendo en cuenta las tres actividades: sueño, concentración y comunicación.

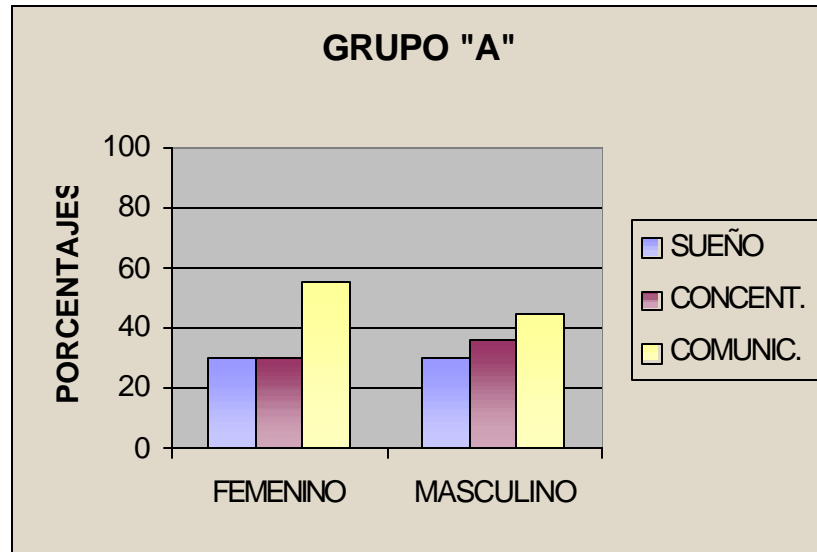


Gráfico N° 9 correspondiente a la Tabla N° 6

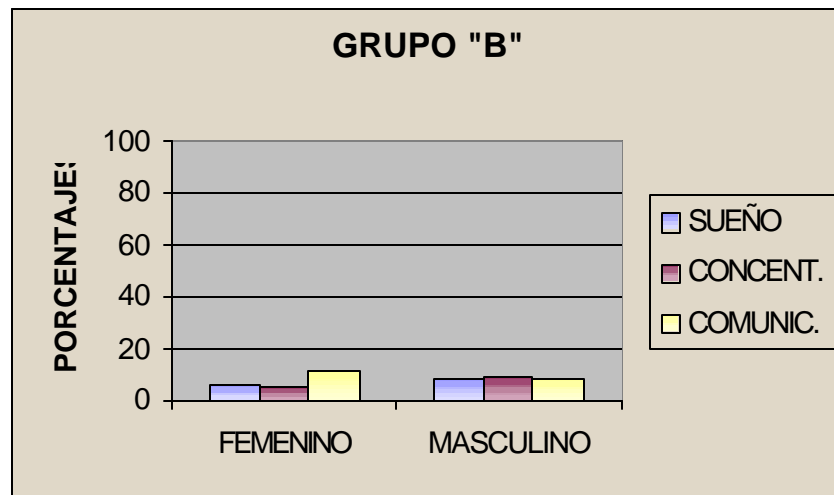


Gráfico N° 10 correspondiente a la Tabla N° 6

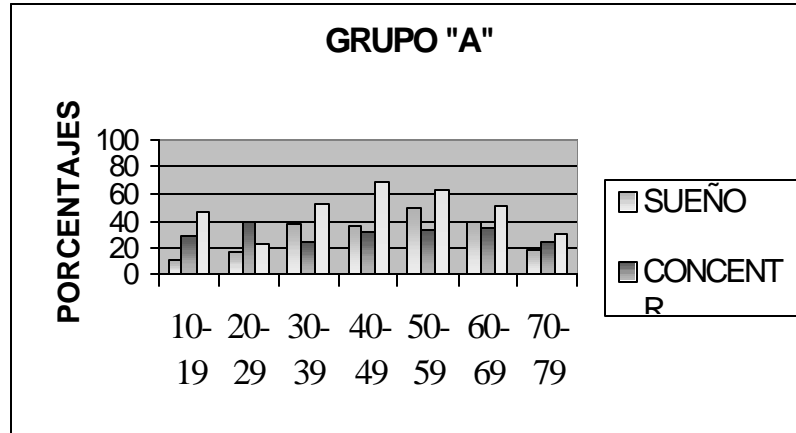


Gráfico N°11 correspondiente a la Tabla N° 6

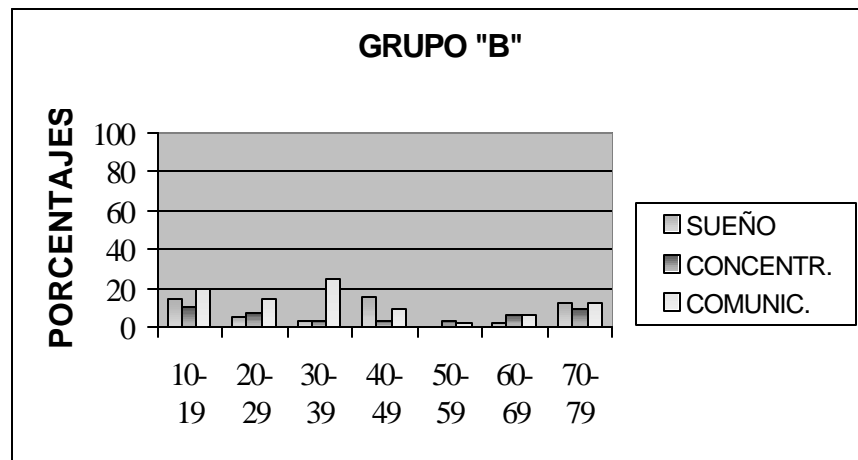


Gráfico N° 12 correspondiente a la Tabla N°6

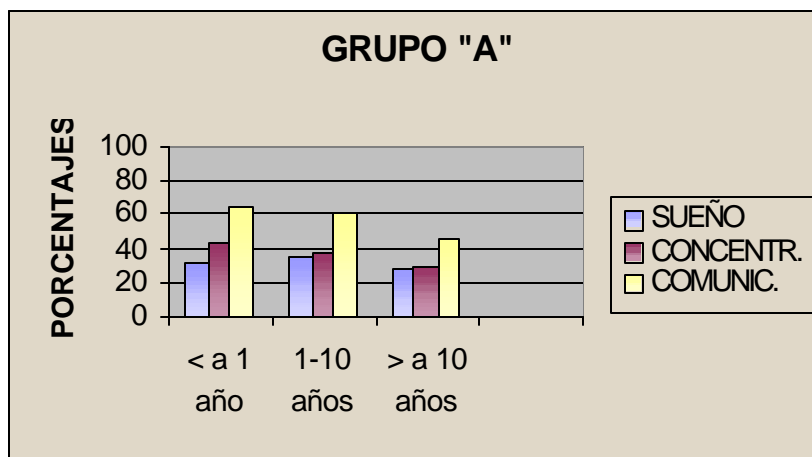


Gráfico N° 13 que corresponde a la Tabla N° 6

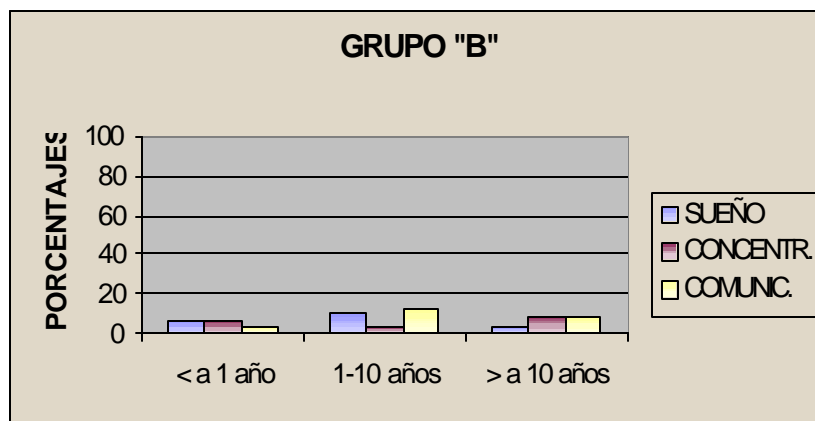


Gráfico N° 14 correspondiente a la Tabla N° 6

TABLA N° 7

ASPECTOS	GRUPO "A" %	GRUPO "B" %
CONTAMINANTES		
CONTAMINACION DEL AIRE	23	23
RUIDO	46	31
CONTAMINACION DEL AGUA	5	10
RESIDUOS	25	36

En la **tabla N° 7** se observa los porcentajes de personas según ambos grupos para cada uno de los aspectos ambientales a mejorar: contaminación del aire, ruido, contaminación del agua y residuos.

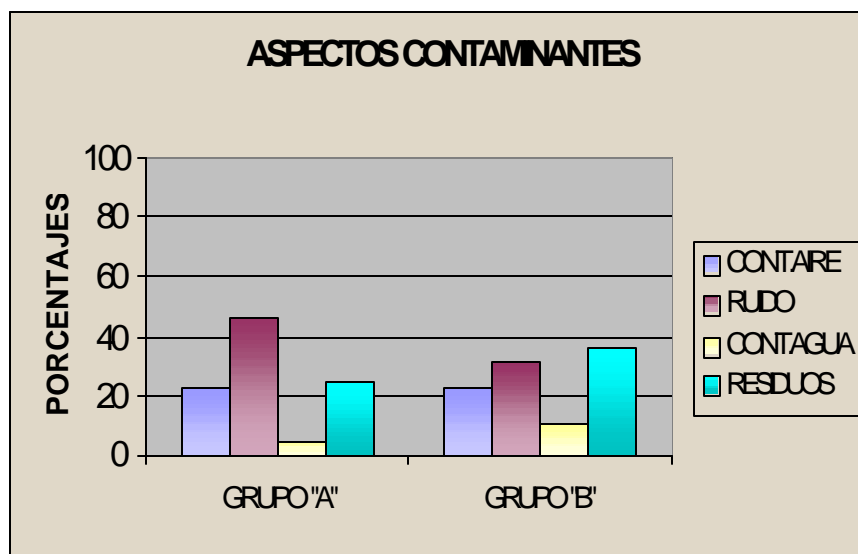


Gráfico N° 15 que corresponde a la Tabla N° 7

CONCLUSION

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos, en relación con los niveles de intensidad sonora, las zonas bajo estudio exceden los límites aconsejables por la EPA(73 dB para una exposición diaria de 8 horas) para preservar el bienestar y la salud, encontrándose niveles promedios superiores a los propuestos.

Tal es así que el índice promedio de molestia es superior para aquellas personas que residen sobre las principales vías de acceso a la ciudad de Córdoba que para los residentes en los barrios cercanos a dichos accesos. Si bien éste índice sólo se acerca a los valores considerados como molestos, para un alto porcentaje de personas el ruido de tránsito es el mayor contaminante ambiental.

La situación es diferente en los barrios donde los niveles sonoros son menores y el ruido urbano deja de ser el factor principal de contaminación tomando mayor importancia otros aspectos. Los residentes de ésta zona no sienten la necesidad de modificar el comportamiento diario pudiendo desempeñarse con toda normalidad. Sin embargo la preocupación y la molestia de la gente apuntan a factores que contamina el ambiente y que ponen en riesgo el deterioro de la calidad de vida como es el caso de la contaminación del aire y la contaminación producto de los residuos.

Se ha visto que las variables como la edad, el sexo y tiempo de residencia son menos asociadas con la molestia ya que los valores mantienen una proporción estable cuya variación queda dentro del margen de error y no permite definir una diferencia significativa.

Teniendo en cuenta las tres actividades básicas del individuo: sueño, concentración y comunicación, ésta última es la que se ve más afectada tanto en el grupo de personas que residen sobre las principales vías de acceso como aquellas que residen en barrios cercanos. El ruido de fondo enmascara las palabras, provocando que las personas deban acercarse o disminuir la distancia como también elevar el tono de voz acarreado como consecuencia fatiga vocal según la predisposición de cada individuo en particular. Para que la inteligibilidad del discurso no se vea comprometida los niveles sonoros de fondo deben ser menores siendo esto indispensable para tener una correcta comunicación oral.

Desde nuestro punto de vista, en la ciudad de Córdoba, el ruido de tránsito se ha convertido en un factor de riesgo creciente para el deterioro de la calidad de vida.

La exposición al ruido posee un impacto muy importante, sobre el individuo no sólo afectando al sentido de la audición sino al conjunto de actividades cotidianas, generando en las personas expuestas a él cambios en el comportamiento diario (como por ejemplo cerrar las ventanas, subir el volumen de t.v. o radio, realizar actividades que requieran concentración los horarios donde hay menos ruido), cambios en el comportamiento personal y cambios en el comportamiento social (como por ejemplo movilidad residencial).

Para poder determinar el deterioro auditivo, su magnitud y efectos, hay que tener en cuenta no sólo las características individuales, el estilo de vida y las condiciones medioambientales, sino también haber realizado un correcto seguimiento a través de exámenes clínicos, audiológicos y audiométricos a largo plazo que nos permitan comprobar cual o cuales fueron los factores que provocaron dicho deterioro.

Consideramos de suma importancia crear una nueva ordenanza al igual que redistribuir la flota vehicular y disminuir los niveles de emisión sonora, ajustándose a las dimensiones de la problemática ya que la ordenanza vigente no se adapta a la realidad y a las necesidades de la población.

Es indispensable realizar campañas educativas e informativas debido a que se observó desinformación por parte de la gente.

GLOSARIO

Absorción del sonido: (1) La propiedad que poseen los materiales, estructuras y objetos de convertir el sonido en calor, dando como resultado la propagación en un medio o la disipación cuando el sonido golpea una superficie(2) El proceso de disipación de la energía sonora.

Actina: proteína que se encuentra en las fibras musculares y activa junto con la miosina provocando la contracción y relajación muscular.

Anamnesis: reunión de datos relativos a un paciente médico o psiquiátrico, que comprenden antecedentes familiares y personales, experiencias y, en particular, recuerdos que se usan para analizar su situación.

Apófisis: expansión de un hueso o de cualquier otra estructura.

Armónico: un componente sinusoidal cuya frecuencia es un número entero múltiplo de la frecuencia fundamental.

Ciclo: De una cantidad periódica, la secuencia completa de valores de una cantidad periódica que se produce durante un *período*.

Cilio: Pequeños procesos en forma de pelos situados en las superficies externas de algunas células, que ayudan al metabolismo produciendo movimiento, remolinos, o corrientes en un líquido.

Colinérgico: Que tiene tendencia a transmitir, ser estimulado o estimular mediante la elaboración de acetilcolina.

Compresión: Acción y efecto de comprimir.

Conducción aérea: El proceso por el cual el sonido viaja hacia el oído interno a través de una vía en el aire en el canal del oído externo, utilizando entonces la membrana del tímpano y la cadena de huesecillos.

Conducción ósea: La transmisión del sonido al oído interno a través de la vibración mecánica de los huesos craneales y los tejidos blandos.

Conversión : Acción y efecto de convertir o convertirse.

Decibelio: Una unidad de nivel que denota la relación entre dos cantidades que son proporcionales a la potencia; el número de decibelios es 10 veces el logaritmo (de base 10) de esta relación. Símbolo de la unidad: dB.

Distorsión: Alteración en la composición espectral de un sonido.

Endolinfa: Líquido en el laberinto membranoso en el oído interno.

Epitelio: Cubierta o revestimiento de los órganos externos e internos, incluidos los vasos.

Espectro: Una 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 es el espectro de *frecuencias auditivas*.

Estático: Sin movimiento, en reposo, en equilibrio.

Eventración: Protusión de los intestinos desde el abdomen.

Expansión: Acción y efecto de expandir o expandirse.

Exteroceptor: Terminación nerviosa sensorial, como por ejemplo las localizaciones en la piel, las membranas mucosas o los órganos de los sentidos, que responden a los estímulos originados fuera del organismo, como el tacto, la presión o el sonido.

Fisiología: Estudio de los procesos y funciones del organismo.

Fricción: Acción y efecto de friccionar o frotar.

Inteligibilidad: Cualidad de inteligible.

Inteligible: Que se puede entender. Que se oye con claridad.

Ipsolateral: Perteneciente al mismo lado del cuerpo.

Irritabilidad: Cualidad de ser irritable, o de reaccionar a los estímulos.

Capacidad anormal de reacción a los estímulos ligeros.

Mesénquima: Redecilla de tejido conjuntivo embrionario en el mesodermo, a partir de la que forman los tejidos conjuntivos del cuerpo, y los vasos sanguíneos y linfáticos.

Mitosis: Tipo de división celular que determina la formación de dos células hijas genéticamente idénticas, con el número diploide de cromosomas característico de la especie. Consiste en la división del núcleo a través de cuatro estadios (profase, metafase, anafase y telofase), durante las cuales las dos cromátides se separan y emigran hacia extremos opuestos de la célula, seguida por la división del citoplasma. Mediante este proceso el organismo produce nuevas células, con lo cual se verifica el crecimiento y la reparación de los tejidos lesionados.

Morfología: Estudio de la forma y el tamaño físico de un espécimen, planta o animal.

Muesca: Concavidad hecha en una cosa para encajar otra.

Neumatización: Formación de células o concavidades neumáticas en un tejido; especialmente formaciones de este tipo en el hueso temporal.

Neurosis: Respuesta ineficaz a la ansiedad o a los conflictos internos utilizando mecanismos defensivos inconscientes.

Osificación: Desarrollo del hueso.

Otoscopía:

Pascal: Una unidad de presión. Símbolo de la unidad: Pa (1 pascal= newton por metro cuadrado).

Perilinfia: Líquido claro que separa el laberinto óseo del laberinto membranoso en el oído interno.

Polución: Contaminación intensa y dañina del agua o del aire producido por los residuos de procesos industriales o biológicos.

Ponderación: Una respuesta de frecuencia normalizada que aporta un sonómetro.

Positrón: Electrón positivo o partícula cargada positivamente emitida desde núcleos radioactivos con déficit de neutrones.

Prominencia: Elevación de una cosa sobre la que la rodea.

Propioceptor: Terminación nerviosa sensitiva, como las localizadas en músculos, tendones, articulaciones y aparato vestibular, que responde a estímulos originados en el propio organismo y relativos a movimiento y posición espacial.

Rango: Diferencia entre los límites superiores e inferiores de una variable o una serie de valores.

Reverberación: La persistencia de un sonido en un espacio total o parcialmente cerrado, después de que la fuente de sonido ha cesado; la persistencia es el resultado del reflejo repetido y/o la dispersión.

Secuela: Cualquier trastorno que se produzca como resultado de una enfermedad, una terapéutica o una lesión.

Susceptibilidad: Estado o condición que hace más vulnerables de lo normal a una enfermedad o trastorno.

Tono:(2) El atributo de la sensación auditiva en términos del cual pueden ordenarse los sonidos sobre una escala que va desde bajo a alto(el tono de un sonido complejo depende del contenido de frecuencia del sonido, así como de la presión sonora y de la forma de onda).

Tono puro: Una onda sonora que es una función sinusoidal simple del tiempo.

Trauma acústico: Toda lesión producida en el oído interno, determinada por impactos sonoros persistentes. El *trauma acústico* está en relación con la duración y la intensidad del ruido.

Umbral: Punto en que un estímulo es suficiente para provocar una respuesta.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Artículo de Internet, “Hipoacusia por ruido: Un problema de salud y de conciencia pública”.
- Buniak, Hugo Norberto, “Hipoacusias,” Criterios médicos y Jurisprudenciales. Rosario, Editorial Juris, 1.991.
- “Diccionario de Medicina Océano Mosby”, Barcelona- España, Editorial Océano 4ta. ed., 1.997.
- “Diccionario Enciclopédico América”, 1ª Edición, Argentina, Editorial Ruy Díaz, 1.979.
- “Diccionario Médico de Bolsillo Dorland”, Madrid, España, Ed. Interamericana-Mc Graw Hill; , 24ª ed.
- Documento de Apoyo PEMEX. Manual para la evaluación.
- Environmental Protect Agency(EPA), “Information on level of enviromental noise requisite to protect public health and welfare with and Adequate margin of safety”; 1974 March; 550/9-74-004.
- Fuchs, Guillermo L. (*)¿*Puede el ruido dañar al hombre?*
Miércoles 06 de Agosto 1997,pág 17, sección A (Información General)
- Ganong, William F., “Fisiología Médica”. México, Editorial El Manual Moderno, S.A. de C.U., 16ª edición, 1.998.
- Gonzalo de Sebastián, “Audiología Práctica”. Buenos Aires, Editorial Panamericana, 5ª edición, , año 1.999.
- Goohill, V. y col. “ El oído. Enfermedades, Sordera y Vértigo.” Editorial Salvat, 1.986.
- “*Habla más fuerte que no te escucho*”
“La voz del Interior”
Miércoles 06 de Agosto de 1997, pág.17, sección A (Información General)
- Harris, Cyril M, “ Manual de Medidas Acústicas y Control del Ruido”. Editorial Mc Graw Hill, 3ªedición, 1.995.
- “*La polución es el mayor problema ambiental en Córdoba*”
“La Mañana de Córdoba”.
Día: Lunes 3 de Abril de 2000, pág. N° 8

-- *Luque, Alfredo “La Guerra contra el Ruido”*

Revista Muy Interesante(Enero 1992) N° 75 Editorial García Ferré pág.48 a57

-“*Los Italianos y los ruidos que soportan*”

Diario “La voz del Interior”

Domingo 23 de Julio de 2000, pág.24, sección B

-Northern, Jeny L., Downs, Marion P., “La Audición en los niños”. Editorial Salvat S.A, 1.995.

-Rondal, Jean A., “Trastornos del Lenguaje I”. Barcelona- España, Editorial Paidós, 2ª edición, 1.991.

-Werner, Antonio F., Méndez, Antonio M., Zalazar, Estela B., “El Ruido y la Audición”, Bs. As. , Argentina;Ed. AD-HOC S.R.L., 1ª ed., 1990.

