GACETA MEDICA DE MEXICO
Vol. 114 No. 9 Septiembre 1978

SIMPOSIO

Patología del ruido*

I INTRODUCCION

JORGE CORVERA-BERNARDELLI‡

El ruido, como elemento contaminante del ambiente, aparece recientemente en el seno de la sociedad humana. Los ruidos producidos por el hombre, sin ayuda tecnológica, no son intensos. Los pueblos cazadores, pastores y agrícolas primitivos son silenciosos.

En la naturaleza tampoco se originan ruidos fuertes, sino aisladamente y en lugares muy especiales. Aquéllos que son de más que mediana intensidad, son producidos por avalanchas de nieve o terremotos, poco frecuentes; caídas de agua, que son escasas, y fenómenos meteorológicos, entre los que destaca el trueno, que quizá es el único fenómeno natural no excepcional que produce ruido de fuerte intensidad.

El ruido, al igual que otros contaminantes aparece con la tecnología que, desde el principio, trae consigo actividades ruidosas cuando se fabrican, en la edad de piedra, los primeros implementos de guerra y de trabajo, al tallarlos lascándalos por medio de golpes. Desde entonces, la contaminación ruidosa del ambiente se hace cada vez mayor y más extensa. El trabajo de los metales y las máquinas de vapor primero y luego de explosión interna, dan origen a ruido intenso y constante. La guerra se hace con explosivos cada vez más poderosos.

Pronto aparecen consecuencias patológicas bajo la forma de sordera por ruido y, en el lenguaje cotidiano, aparecen términos descriptivos tales como "sordo como calderero" u "orejas de artillero".

Durante buena parte del desarrollo industrial del ser humano, el ruido estaba confinado a los ambientes bélico y de trabajo. El ruido que afecta a la población en general aparece más recientemente en función de dos inventos principales: los motores pequeños y los amplificadores de sonido.

Los motores pequeños se reproducen y proliferan superando en varios factores a toda posible exploración demográfica. Los automotores, las turbinas de aeroplano, infinidad de máquinas con movimientos reciprocantes tales como telares, barrenos neumáticos y muchos otros, producen ruido de alta intensidad. Ni los burócratas escapan: mecanismos de impacto, como las máquinas de escribir y las calculadoras mecánicas generan ambiente ruidoso. Por si ésto no fuera suficiente los amplificadores sonoros, radios, fonógrafos, magnetófonos e instrumentos musicales electrónicos, gracias a la tecnología acústica, se construyen con características de capacidad sonora que, superando en muchos decibeles a la mayor orquesta sinfónica jamás soñada por Berlioz o por Wag-

* Presentado en las XIX Jornadas Médicas Nacionales de la Academia Nacional de Medicina, celebradas del 18 al 21 de enero de 1978 en la ciudad de Morelia.

‡ Académico numerario. Hospital General. Centro Médico Nacional. Instituto Mexicano del Seguro Social.

ner, pueden con suma facilidad, dañar el mecanismo del oído. A esto deben añadirse los aditamentos cuyo objeto es producir ruido: timbres, campanas, sirenas y silbatos.

En el curso de su desarrollo ancestral, las especies biológicas desarrollan mecanismos de defensa en contra de diversas formas de energía. Además de la energía mecánica, destacan en la naturaleza la energía térmica y la luminosa. Las especies móviles, evitan la energía térmica excesiva, refugiándose en ambientes templados.

En la naturaleza existe en forma natural, universal y constante, una fuente de energía luminosa, que es el sol, con capacidad para dañar permanentemente la visión. El ser humano, al igual que otras especies, está capacitado y condicionado para evitar que la luz del sol llegue en forma directa a sus ojos.

Por otra parte, sólo excepcionalmente hay fuentes luminosas creadas por el hombre, con intensidad suficiente para ser potencialmente dañina para los receptores visuales, como pueden ser los arcos de soldadura eléctrica y otros más que no afectan a la población general. La contaminación ambiental luminosa que sufre el hombre común, no es cuantitativa sino sólo cualitativa: las imágenes que le rodean pueden ser de fealdad agobiante, pero no destruyen la retina.

En contraste con lo anterior, destacan en la naturaleza dos formas energéticas ante las que no hay defensa alguna: las radiaciones ionizantes y la energía sonora.

La ausencia de mecanismo de defensa en contra de la energía sonora excesiva se debe, como hemos mencionado, a que en la naturaleza no hay ruidos constantes cuya intensidad pueda ser dañina.

El oído se ha desarrollado en función de supervivencia biológica para ser capaz de percibir sonidos de muy baja intensidad, pero sin que pueda evitar los sonidos de alta energía. A diferencia de la visión, el sentido de la audición es omnidireccional en su sensibilidad, y carece de "párpados" que puedan bloquear la llegada de energía hasta el tímpano.

(El oído medio, desarrollado como transformador sonoro, funciona para que la energía llegue prácticamente en su totalidad hasta el neuroepitelio, sin posibilidad alguna de poder ser desconectado. La civilización, que ha contaminado sonoramente el ambiente en que se mueve, deberá limpiarlo.

Puesto que no hay límite tecnológico a la capacidad de producción de ruido, deberá establecer límites legales que es necesario se precisen con base, tanto en el conocimiento de los diversos aspectos del problema, como en la toma de conciencia de su necesidad por parte de la sociedad.

La presente comunicación tratará tres aspectos específicos del problema del ruido: el daño anatómico que causa el ruido en ciertas estructuras auditivas, determinado con base en estudios experimentales; en segundo lugar, se intentará precisar las diversas enfermedades causadas por el ruido en su aspecto cuantitativo y por último se tocarán aspectos epidemiológicos, de medicina preventiva y de legislación respecto al ruido.

II TRAUMA ACUSTICO EXPERIMENTAL

LUIS BENÍTEZ-DÍAZ*

A pesar de que hay receptores de energía acústica en casi todos los órdenes animales, el oído de los mamíferos desciende, desde el punto de vista evolutivo, de los órganos de la línea lateral de los peces. Estos son sensibles a vibraciones y a corrientes de agua y dan información sobre la velocidad de desplazamiento del animal con relación a su medio.

Este órgano, o parte de él, evolucionó para formar la porción vestibular del oído interno. La porción auditiva del mismo apareció hasta que se desarrolló un mecanismo transformador "capaz de convertir cambios de presión en desplazamientos". Este mecanismo es el oído medio, que aparece en la forma más primitiva en los peces por la adaptación de la vejiga natatoria y de parte de las vértebras cervicales para constituir un sistema acoplador de la impedancia del medio exterior con la del oído interno.

El oído de los mamíferos está adaptado para recibir energía acústica al través del medio aéreo. Esta energía se puede definir como pequeñas oscilaciones de la presión atmosférica, que tienen frecuencias comprendidas entre 20 y 20 000 Hertz (Hz). Si la frecuencia es menor o mayor, se habla de infra o ultrasonido respectivamente. Las dimensiones físicas de frecuencia y amplitud son percibidas subjetivamente como tono (o altura) y volumen (o intensidad subjetiva) de un sonido.

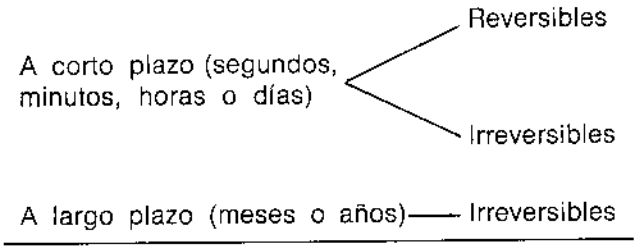
Un sonido, para ser traumático al oído, debe tener ciertas características físicas que lo distingan de todos los demás sonidos que continuamente recibimos y que no dañan la audición. Las dimensiones o parámetros relevantes de un sonido desde el punto de vista de su potencial para ser traumático, son básicamente tres:

* Sección de Neurofisiología Experimental. Unidad de Investigación Biomédica. Centro Médico Nacional. Subjefatura de Investigación Básica. Jefatura de los Servicios de Enseñanza e Investigación. Instituto Mexicano del Seguro Social.

Cuadro 1. Dimensiones relevantes de un sonido o ruido desde el punto de vista de su potencialidad para ser traumático al oído

Intensidad	Decibeles
Duración	Segundos, minutos, Horas, días o años
Frecuencias	Hertz

Cuadro 2. Efectos del ruido sobre la audición



1o. La cantidad instantánea de energía acústica, la cual se puede cuantificar mediante unidades de presión (dinas/cm^2), mediante unidades de intensidad (watts/cm^2) o lo que es más práctico, mediante proporciones, comparando un sonido con otro que sirve de referencia. Estas proporciones se expresan mediante decibeles. (Un decibel es igual a 20 veces el logaritmo del cociente de la presión de un sonido dividida entre la presión de otro sonido que se toma de referencia ($db = 20 \log_{10} Px/Pr$).

2o. La duración del sonido, expresada en unidades de tiempo, y la continuidad o intermitencia del mismo.

3o. Las frecuencias acústicas de los sonidos, que cuando son de una sola frecuencia se llaman tonos o sonidos puros; cuando contienen energía entre dos frecuencias límite, se habla de una banda de ruido; pueden también estar representadas todas las frecuencias audibles. La proporción precisa en que cada frecuencia forma parte del ruido total se define mediante el "espectro acústico" de ese sonido (cuadro 1).

Los músculos del oído medio (músculo del martillo o tensor del tímpano y músculo del estribo), al contraerse, ocasionan disminución de la cantidad de energía que llega al oído interno. Por esta razón, tradicionalmente se le ha asignado a dichos músculos una función protectora del oído interno contra ruidos intensos. Cuando el oído es estimulado con sonidos de intensidad de 80 ó 90 dB por arriba del umbral, se produce una contracción refleja de ambos músculos, conocida como reflejo acústico. Sus vías aferentes se inician en la cóclea y llegan al tallo cerebral. Mediante conexiones polisinápticas se inicia la vía eferente, que viaja por el V y VII pares craneanos hasta llegar a los músculos. Debido a la longitud de las vías y a los retardos sinápticos, el reflejo tiene una latencia que varía de 80 a 150 milisegundos (ms).

Existen dos argumentos en contra de la teoría de que la función principal de los músculos del oído medio es proteger al oído interno contra sonidos intensos. El primero es la latencia del reflejo acústico, que ocasiona que el oído deba ser estimulado previamente, y por tanto la "protección" llega demasiado tarde. El segundo sugiere que no es explicable la evolución de los músculos únicamente para proteger al oído contra sonidos intensos, debido a que durante los miles de millones de años desde que aparecen los músculos en los primeros vertebrados no acuáticos, no existen en la naturaleza ruidos suficientemente intensos y frecuentes para darles algún valor de supervivencia.

Actualmente se considera que la función más importante de los músculos del oído medio es la de modular la intensidad del sonido producido por el mismo individuo. Se ha observado que los músculos se contraen antes, no después, de ciertos actos motores que producen sonido, como la deglución, la masticación y la fonación. De esta manera, el oído es protegido contra sonidos a veces muy intensos (considérese la intensidad del sonido que se genera al masticar) producidos por el mismo individuo, los cuales contienen muy poca información útil. Al terminar el ruido los músculos se relajan, permitiendo la percepción de otros sonidos de origen externo, probablemente mucho más débiles y que contienen información mucho más útil para la comunicación o supervivencia.

Un sonido intenso no es necesariamente traumático, si es de duración muy breve; por otra parte, un sonido de baja intensidad puede ser dañino cuando es de gran duración. Dos sonidos de igual intensidad y duración pueden ocasionar daños al oído cualitativa y cuantitativamente diferentes, si sus frecuencias son distintas. Las dimensiones intensidad-duración son interdependientes para determinar la capacidad que un sonido tiene para producir lesión. El espectro de frecuencias de un ruido determina principalmente qué sitio y extensión a lo largo de la membrana basilar del oído interno tendrá la lesión producida.

Se sabe que cualquier sonido de corta duración que no es excesivamente intenso, produce cambios funcionales transitorios e inmediatos en el oído, siendo estos efectos totalmente reversibles, ya que no

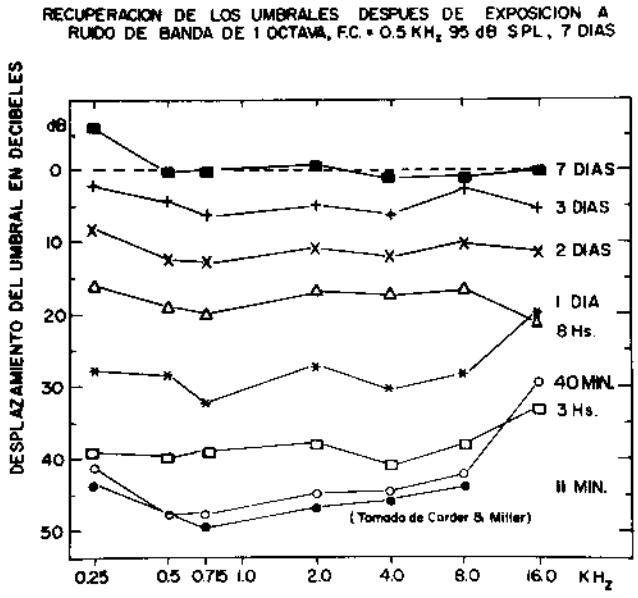


Figura 1. Familia de audiogramas tomados a diferentes tiempos después de la terminación del ruido. (Redibujado de *Carder, H.M. y col.* [2])

dejan ninguna secuela anatómica ni funcional.

Por otra parte, un sonido que es más intenso, o que dura más, o una combinación de ambas cualidades, puede producir daños en el órgano de Corti que son irreversibles y que ocasionan alteraciones permanentes en la función auditiva (hipoacusia) (cuadro 2).

¿Cuál es exactamente la frontera entre lo traumático y lo no traumático? ¿Qué combinaciones de intensidad, duración y frecuencia son aceptables y cuáles producen daño a corto o a largo plazo?

Al lograr responder a estas preguntas y a otras más complejas, se obtienen las bases para establecer criterios de riesgo de lesión, aplicables a las situaciones ambientales en el hogar, la industria o la ciudad. Investigaciones realizadas en México y en otras partes del mundo, han producido información con que se pueden definir dichos criterios. Se describen aquí algunos resultados experimentales:

a) *Estudios morfológicos.* Algunas de estas investigaciones se han enfocado hacia las siguientes preguntas: ¿Cuáles son los mecanismos mediante los que el ruido produce lesión en el oído interno? ¿Cuáles son las lesiones producidas por cada tipo de exposición a un ruido? ¿Qué relación hay entre las lesiones observadas y la función auditiva?

Brevemente, podemos decir que los mecanismos son varios, dependiendo del tipo de ruido. Los sonidos de muy altas intensidades provocan rupturas o dislocaciones de tipo puramente mecánico en el órgano de Corti. Ruidos de menor intensidad provocan principalmente daño a las células ciliadas, destruyéndolas. Se sabe que las células ciliadas externas son las primeras que se dañan por el ruido, mientras que la isquemia ocasiona degeneración que se inicia en las células ciliadas internas. Por lo tanto, es poco probable que la isquemia sea el mecanismo de la degeneración celular provocada por el ruido.

El daño probablemente se inicia debido a cambios de permeabilidad de la membrana. Cuando algunas células han degenerado, dejan en su lugar pequeños orificios en la lámina reticular que separa a la endolinfa de los espacios de Nuel en el órgano de Corti. Al través de esos orificios puede pasar la endolinfa, rica en iones potasio, ocasionando daño osmótico a otras células ciliadas, las que se edematizan y explotan. Probablemente sea éste el mecanismo responsable de la degeneración continuada de células después de haber terminado el ruido que inició el proceso.[1]

b) *Estudios fisiológicos y conductuales.* Uno de los animales de experimentación más utilizados es la chinchilla, condicionada a responder conductualmente a un sonido explorador. Cuando se expone a una banda de ruido durante varios días, ocurre una elevación progresiva del umbral conductual durante las primeras 24 horas de la exposición, alcanzándose después un nivel asintótico cuya magnitud (en decibeles de elevación del umbral) es proporcional a la intensidad del ruido utilizado.

Este desplazamiento del umbral persiste sin cambiar durante todo el tiempo que dura el ruido (7 días). Al interrumpirse éste, los umbrales inician una recuperación gradual hasta llegar a los niveles normales[2] (figs. 1 y 2).

Al terminar la recuperación, así como durante la fase asintótica del desplazamiento del umbral, no se encuentra ninguna anormalidad en las células del órgano de Corti y no queda ninguna secuela. Se trata por lo tanto de una alteración funcional totalmente reversible. Sin embargo las mediciones de los potenciales cocleares, así como la determinación de los umbrales conductuales, son claramente anormales.[3] Por otra parte, en otro grupo de animales utilizando niveles idénticos de ruido pero prolongando la exposición a 90 días, se produce un idéntico nivel asintótico de desplazamiento del umbral, pero la recuperación al terminar no es completa y queda un daño permanente[4] (fig. 3).

c) *Estudios experimentales en voluntarios humanos.* Han sido necesariamente limitados en intensidad y duración del ruido utilizado, debido a razones éticas y lo desagradable del procedimiento para el sujeto. No se han utilizado niveles de ruido que produzcan desplazamiento del umbral de más de 30-40 dB ni duraciones mayores de 48 horas. Sin embargo

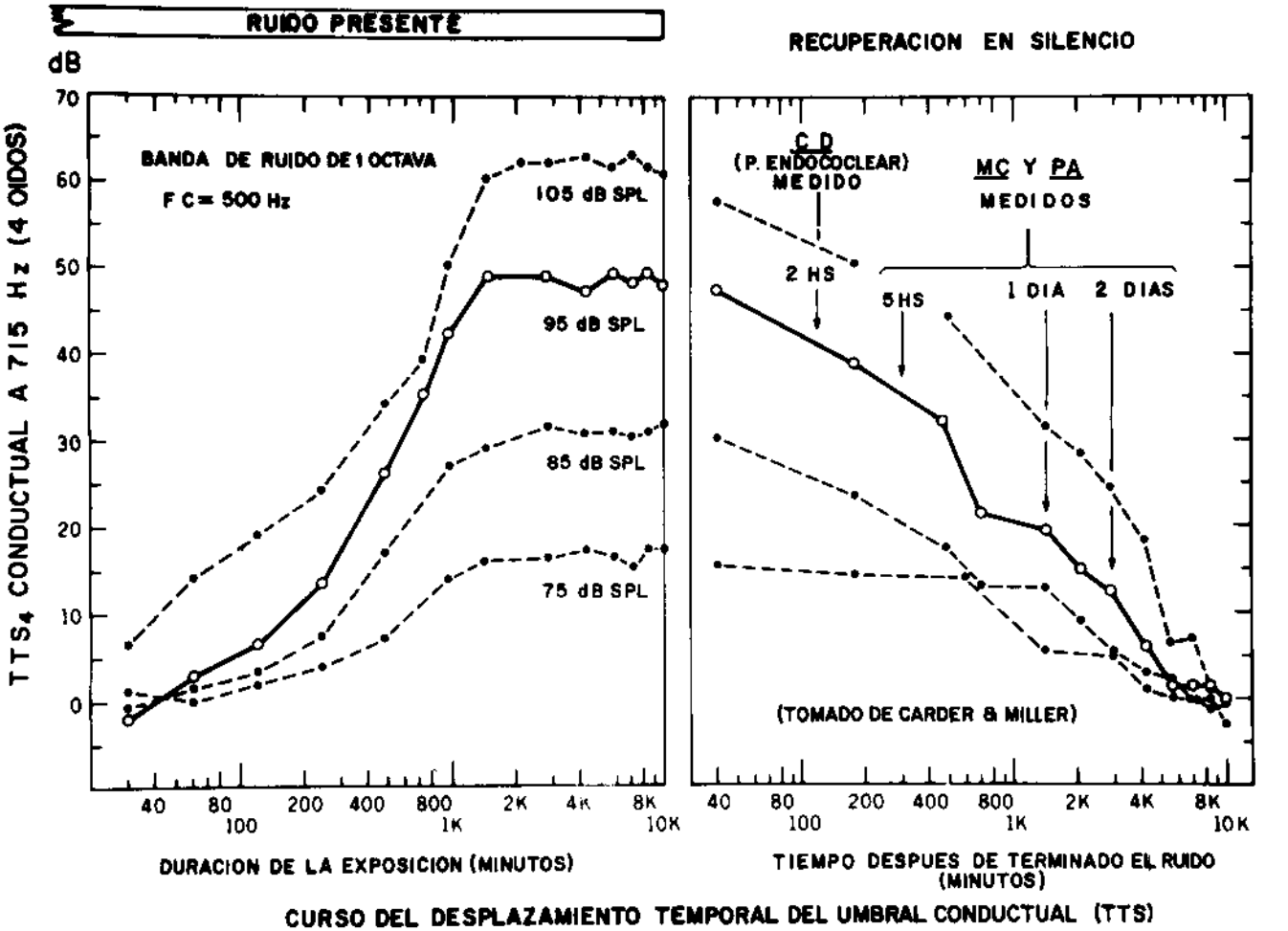


Figura 2. Adquisición del desplazamiento temporal del umbral (TTS_4) medido en 715 Hz después de exposición a una banda de ruido centrada en 500 Hz. A la derecha se muestra la recuperación del umbral una vez terminado el ruido. Cada curva representa el promedio de cuatro oídos.
Parámetro: intensidad del ruido. Las flechas indican los tiempos en que los potenciales cocleares fueron registrados electrofisiológicamente en otro grupo de animales. (Redibujado de *Benítez Díaz, L. y col.*[3])

se ha podido demostrar que en el ser humano se producen DTU semejantes a los de los animales de laboratorio y que alcanzan un nivel asintótico aproximadamente a las 12 horas de exposición al ruido. El patrón de recuperación es bastante lento, de más de 24 horas, y es de suponer que la magnitud de esta recuperación también dependerá del tiempo durante el cual se produjo DTU, pudiendo haber por lo tanto desplazamientos permanentes si la duración es grande.[5, 6]

Se puede inferir, de estos estudios, que los resultados experimentales obtenidos en animales son aplicables con ciertas limitaciones a los seres humanos.[7]

d) *Potenciación de efectos del ruido y de otros agentes ototraumáticos.* Además del ruido, existen otros agentes ototraumáticos, como los antibióticos aminoglucósidos, los diuréticos, los analgésicos y el envejecimiento. Se ha demostrado experimentalmente que al combinarse dos diferentes tipos de agentes (por ejemplo ruido y drogas), existe potenciación de los efectos traumáticos de ambos, dando lugar a lesiones de mayor magnitud que la que hubiera provocado cada agente por separado.[8]

Existe correlación positiva muy clara entre la magnitud de las lesiones anatómicas producidas por un ruido y la deterioración de los umbrales tonales del individuo. Esta simple relación no se observa entre dichos umbrales y la función auditiva en lo que respecta a la comunicación humana mediante el habla. Frecuentemente un individuo cuya alteración de umbrales tonales es de poca importancia tiene una marcada incapacidad para comprender el lenguaje

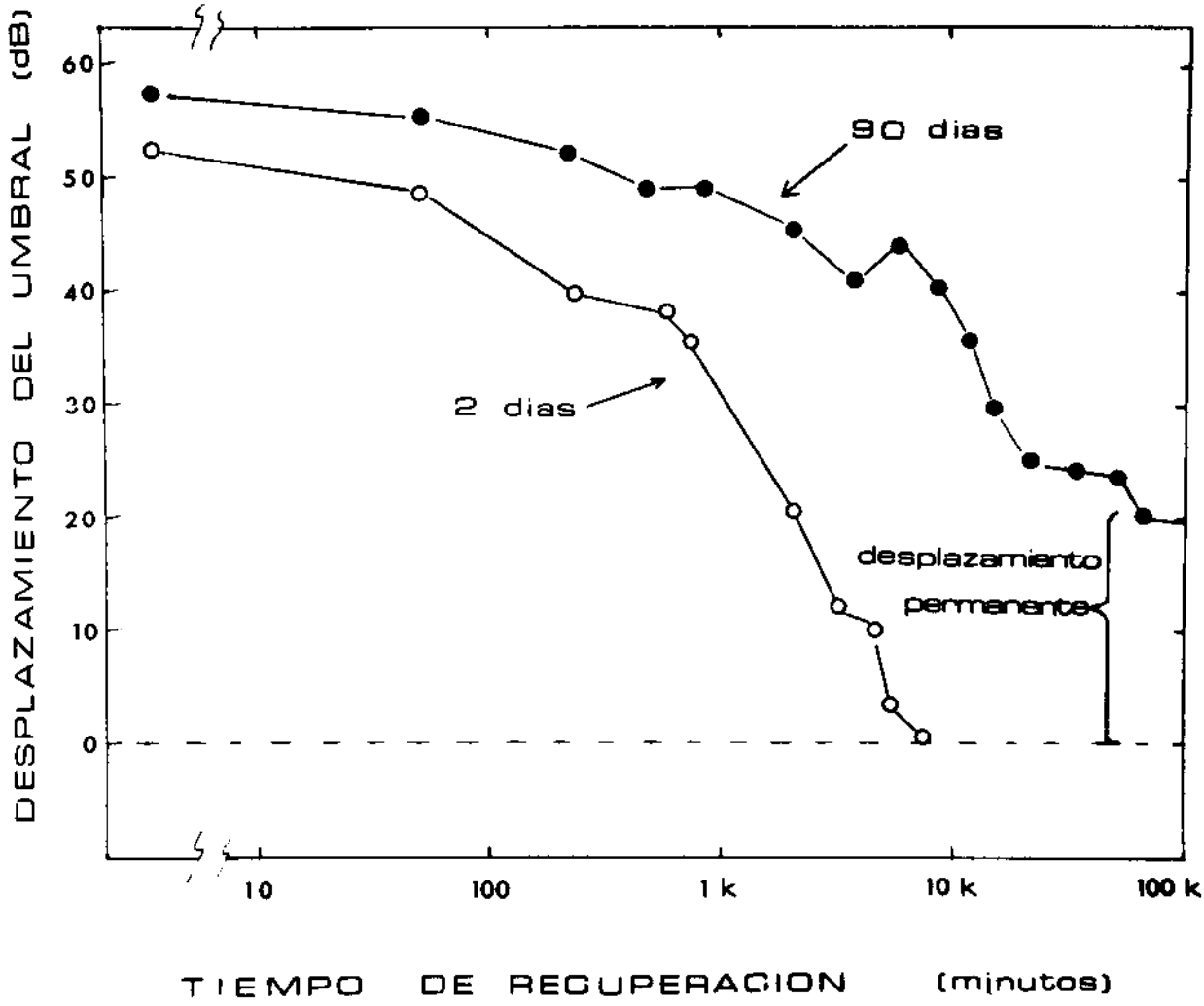


Figura 3. Comparación de las curvas de recuperación de umbrales en dos grupos de animales expuestos a diferentes tiempos totales de exposición pero a niveles idénticos de ruido. (Redibujado de *Mills J.H.* [4])

Cuadro 3. Postulados acerca de los efectos del ruido sobre la audición

El DTU_2 es un índice adecuado de los efectos provocados por un ruido recibido durante un día.
Todos los ruidos que produzcan el mismo DTU_2, son igualmente lesionantes.
El DPU producido después de 8 horas diarias durante 10 años de exposición a un ruido, es aproximadamente igual al DTU_2 provocado por el mismo ruido durante 8 horas.
Existe suma de los efectos lesionantes de ruidos y drogas ototóxicas, así como de diferentes ruidos.

hablado. Son necesarios otros métodos de exploración más complejos que la simple audiometría tonal, para valorar el grado de incapacidad auditiva.

Elaboración de criterios de riesgo

Con base en un gran número de estudios estadísticos, epidemiológicos, anatómicos, psicoacústicos, fisiológicos y bioquímicos, algunos de los cuales se han descrito aquí, se ha elaborado un grupo de postulados acerca de los efectos del ruido sobre la audición (cuadro 3), de la relación que hay entre los efectos transitorios y permanentes, de la potenciación entre diferentes agentes traumáticos, los que han servido de base para la definición de criterios del riesgo existente por causa de un ruido. Estos criterios se han empezado a aplicar en algunos países y especifican la cantidad máxima de ruido en sus dimen-

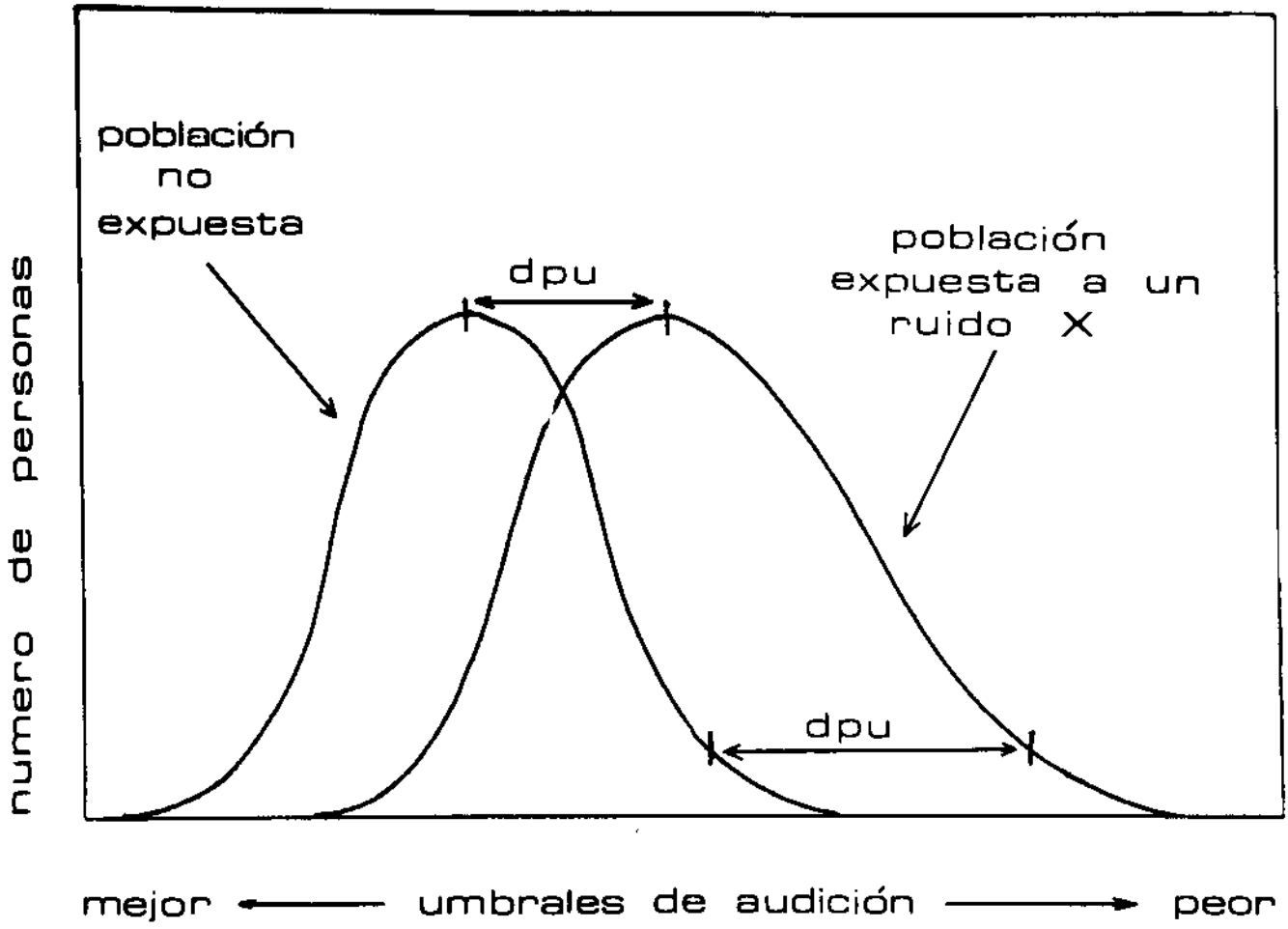


Figura 4. Curvas de distribución de umbrales auditivos en dos poblaciones. Obsérvese que la curva de la población expuesta es asimétrica, lo que ocasiona que el desplazamiento permanente del umbral (DPU) sea mayor en el 90 percentil que en el 50 percentil. (Redibujado de *Von Gierke, H.E. y col.* [9])

Cuadro 4. Daños auditivos permanentes predichos para una exposición a ruido contínuo*

75 dB durante 8 horas	
DPU después de 10 años	2 dB ... 6 dB
80 dB durante 8 horas	
DPU después de 10 años	3 dB ... 9 dB
85 dB durante 8 horas	
DPU después de 10 años	6 dB ... 16 dB
90 dB durante 8 horas	
DPU después de 10 años	9 dB ... 24 dB

* Ejemplos de algunos criterios de riesgo de lesión auditiva. El primer número representa el promedio del DPU medido a .5, 1, 2 y 4 Khz, el segundo número representa el DPU a 4 Khz (Tomado de *Johnson, D.L.*[10]).

siones de intensidad y duración que es innocua para el oído, y también permiten predecir el grado de lesión y el porcentaje de la población dañada por un ruido que rebase estos límites. Algunos de estos criterios se ejemplifican en la figura 4 y en el cuadro 4.

REFERENCIAS

1. Bohne, B.A.: *Mechanisms of noise damage in the inner ear.* En: *Effects of noise on hearing.* Henderson, D.; Hamernik, R.P.; Dosanjh, D.S. y Mills, J.H. (Eds.). Nueva York, Raven Press, 1976, p. 41.
2. Carder, H.M. y Miller, J.D.: *Temporary threshold shifts produced by noise exposures of long duration.* Trans. Amer. Acad. Ophthalmol. Otolaryngol. *75:* 1346, 1971.
3. Benítez Díaz, L.; Eldredge, D.H. y Templer, J.W.: *Temporary threshold shifts in chinchilla: electrophysiological correlates.* J. Acoust. Soc. Am. *52:* 1115, 1972.
4. Mills, J.H.: *Threshold shifts produced by a 90-day exposure to noise.* En *Op. cit.* en 1, p. 265.
5. Mills, J.H.; Gengel, R.N.; Watson, C.S. y Miller, J.D.: *Temporary changes of the auditory system due to exposure to noise for one or two days.* J. Acoust.

Soc. Am., *48:* 524, 1970.
6. Melnick, W.: *Human asymptotic threshold shift.* En *Op. cit.* en 1, p. 277.
7. Trahiotis, C.: *Application of animal data to the development of noise standards.* En *Op. cit.* en 1, p. 341.
8. Hamernik, R.P. y Henderson, D.: *The potentiation of noise by other ototraumatic agents.* En *Op. cit.* en 1, p. 291.
9. Von Gierke, H.E. y Johnson, D.L.: *Summary of present damage risk criteria.* En *Op. cit.* en 1, p. 547.
10. Johnson, D.L.: *Prediction of NIPTS due to continuous noise exposure.* U.S. Environmental Protection Agency and U.S. Air Force Aerospace Medical Research Lab. AMRL-TR - 73-91, EPA - 550/9 - 73 - 001 - B, 1973.

III ENFERMEDADES PRODUCIDAS POR RUIDO

FRANCISCO HERNÁNDEZ-OROZCO*

El ruido y sus consecuencias han sido motivo de reflexión y estudio por el médico desde hace 150 años.[1] Ha aumentado en medida en que el ruido se ha transformado en un contaminante ambiental y no sólo de los ambientes laborales.

El daño producido en el organismo humano, ha dejado de ser sólo preocupación del médico para serlo de algunos otros sectores de la población, generalmente los más afectados o aquellos responsables de la protección de la comunidad.

El ruido puede alterar:

a) La comunicación
b) El comportamiento
c) La salud en general
d) La función auditiva

a) *Interferencia con la comunicación.* Es obvio que uno de los mayores efectos de los ambientes ruidosos es sobre el sistema de comunicación verbal. Si consideramos que el nivel normal de intensidad sonora de una conversación suele ser de 60 dBs. a un metro de distancia con variaciones de ± 20 dBs. Cualquier ruido superior a 80 dBs. ya produce interferencia, la cual aumenta proporcionalmente al incrementarse el ruido.[2]

Las frecuencias más importantes para la percepción de la palabra hablada varían entre 300 y 3000 Hz. En términos generales, se puede decir que las vocales tienen componentes por debajo de 1500 Hz. y las consonantes por arriba de esta frecuencia.[3]

Las consonantes llevan la mayor parte del contenido informativo del habla, pero por ser de menor intensidad, se velan más fácilmente que las vocales. Por ende, los ruidos de alta frecuencia tienen mayor nivel de interferencia con el lenguaje que los de baja frecuencia.[4]

La interferencia causada por el ruido es, ante todo, un proceso de desfiguración, haciendo que el ruido de fondo aumente el umbral de inteligibilidad. Este efecto tiene lugar a niveles relativamente bajos de intensidad.[5] Los ruidos discontinuos perturban menos la conversación que los continuos. En el caso de los continuos, el mensaje puede apoyarse con actitud gestual, lo cual mejora el nivel de comprensión a pesar de niveles de interferencia ruidosa alta, al igual que el conocimiento previo del posible mensaje. Se ha observado que en los sistemas de comunicación de algunas aeronaves se comprende menos de 30 por ciento de las palabras pronunciadas, pero el mensaje es entendido. Tiene igual resultado el adiestramiento del individuo en un lenguaje simbólico diferente al habitual.[6-8]

En relación a la conversación, el ruido se clasifica en función de los valores más elevados de la presión acústica en las tres bandas de octava cuyas frecuencias medias son 500, 1000 y 2000 Hz. El valor así obtenido se denomina índice de intensidad del ruido y éste se halla a su vez en relación estrecha con el umbral de inteligibilidad, siendo posible de esta manera obtener el "nivel de interferencia".[3]

b) *Efectos del ruido en el comportamiento.* Se ha afirmado que el ruido afecta al estado de ánimo y reduce el rendimiento y la eficacia[9-12] de las actividades físicas e intelectuales. Aun cuando existe una gran cantidad de datos al respecto, lo imponderable de muchos de los factores coadyuvantes y la capacidad de adaptación del hombre a condiciones ambientales adversas hace difícil establecer conclusiones que puedan considerarse decisivas.

Es posible habituarse a ciertos ruidos, pero sólo en la medida en que el individuo sea capaz de restarles importancia; incluso, para otros individuos se puede presentar el fenómeno inverso, desarrollándose una elevada sensibilidad para ese ruido.

El grado de molestia o incomodidad de un ambiente ruidoso no siempre está en relación con la intensidad o calidad del ruido, sino con la variable reacción conductual que despierta de un individuo a otro. Sin embargo, experimentalmente se ha determinado que mientras más alto sea el nivel de intensidad y el tono de sus componentes, mayor será el nivel de molestia o incomodidad que cause.[3]

Lo que se sabe sobre los efectos del ruido en la eficiencia laboral industrial proviene en parte, de las experiencias recogidas en la industria y en parte de los estudios realizados en condiciones experimentales.

* Académico numerario. Instituto Nacional de la Comunicación Humana.

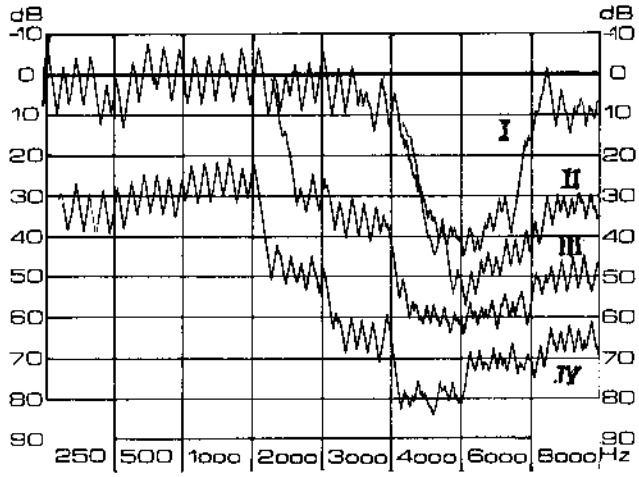


Figura 5. Perfiles típicos de hipoacusia (I a IV), causados por exposición al ruido.

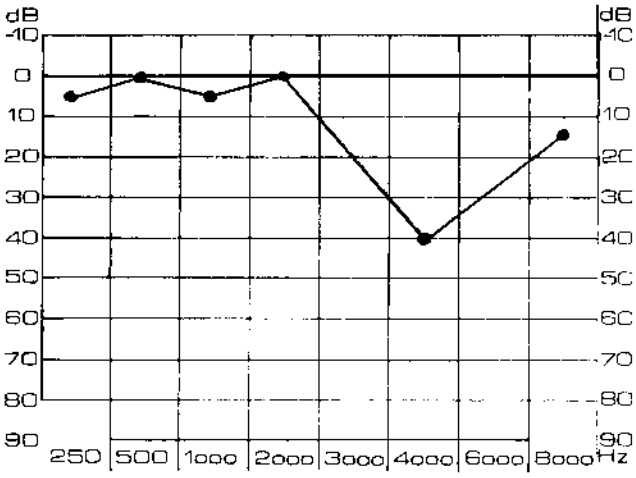


Figura 6. Desplazamiento transitorio del umbral causado por música amplificada electrónicamente. La audición normal corresponde a la línea gruesa del cero.

Es difícil demostrar que el ruido produzca efectos prolongados sobre el rendimiento o en la eficiencia laboral.

En términos generales se puede decir que la capacidad de adaptación del hombre tiende a suprimir todo efecto permanente que interfiera con su productividad y rendimiento. Es posible que al principio el rendimiento intelectual y muscular sufran merma, con frecuencia de poca magnitud, que generalmente se recupera en un corto período, dependiendo de la capacidad individual. En otros casos, el grado de dificultad del trabajo obliga al individuo a ignorar el ruido o este no afecta necesariamente el rendimiento en un trabajo sencillo y rutinario, ya que este último tiende a hacerse automático.

En un estudio realizado por el Instituto Nacional de la Comunicación Humana en la escuela Secundaria No. 90 en la zona de aproximación aérea del Aeropuerto "Benito Juárez" de la ciudad de México, no se encontró diferencia significativa con el aprovechamiento de los alumnos de otra escuela, con características socioeconómicas similares, pero no expuestos al ruido producido por las aeronaves.[14] Sin embargo, la experiencia de otros autores difiere de la que se relata.[15,16]

Se citan estudios ya antiguos sobre los tejedores, que en condiciones de protección auditiva aumentaban su productividad, así como observaciones posteriores en las que la eficacia aumentaba al reducirse el nivel del ruido.[17,18]

Recientemente se observó que astronautas sometidos a un ruido de 145 dBs. como el de un avión a reacción que funciona a toda su potencia, experimentaban dificultades para realizar operaciones aritméticas sencillas y tendían a dar un resultado cualquiera para dar por terminado el experimento. No obstante ésto, los resultados de las pruebas breves de rendimiento son dudosas.[19]

No es fácil demostrar que la fatiga de los trabajadores aumenta en un medio ruidoso. Esta puede ser debida a la necesidad de hablar en voz alta o al esfuerzo suplementario debido a dificultades de comprensión.[20,21]

Asimismo, las ocupaciones que en un ambiente ruidoso producen irritabilidad y tensión nerviosa, son difíciles de evaluar, pues las reacciones varían en forma considerable según los individuos. En general parece que el estado de ánimo y el comportamiento del individuo depende más del interés que encuentra en su trabajo, que de los niveles de ruido u otros factores perturbadores.

c) *Efectos sobre la salud.* En determinadas condiciones, el ruido puede causar efectos fisiológicos tales como la disminución a la resistencia eléctrica, reducción de la actividad gástrica o aumento de la tensión muscular, todas ellas manifestaciones de *stress*.[22,23]

En animales de laboratorio expuestos a sonidos breves e intensos se observan distintos efectos, como aceleración temporal del ritmo respiratorio y cardiaco, aumento de la presión arterial o disminución del jugo gástrico, pero estas reacciones desaparecen rápidamente cuando cesan los ruidos.[24]

Ratones sometidos a ruidos continuos o intermitentes muestran aumento transitorio de la actividad córticosuprarrenal, que se manifiesta por alteraciones de las células glandulares y por disminución de eosinófilos circulantes.[25] En cobayos, ruidos muy intensos pueden lesionar el sáculo y producir vértigo.[26] En ratones se han demostrado alteraciones en las funciones

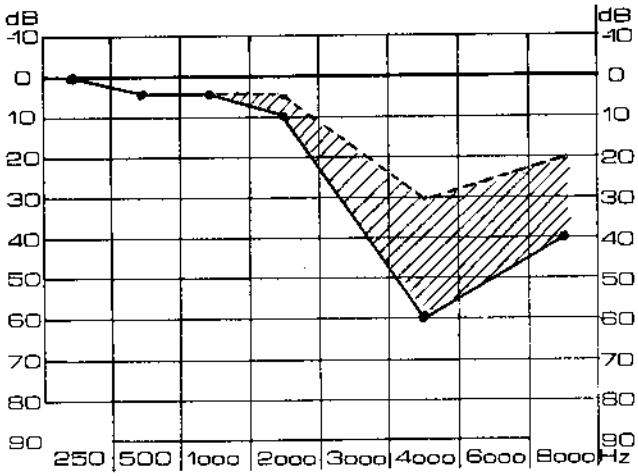


Figura 7. El desplazamiento transitorio del umbral está señalado por la zona sombreada. La recuperación por la ausencia de ruido no es completa.

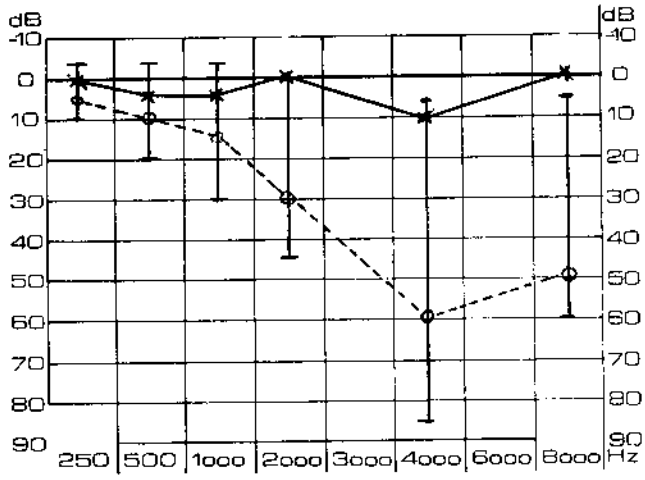


Figura 8. Estudio longitudinal en cien pilotos durante diez años. La línea continua que une las cruces representa a la audición media al inicio del estudio. Las líneas verticales que pasan por la cruz en las distintas frecuencias, muestran la audición en el individuo que conservó la mejor función y en quién sufrió la pérdida máxima. La línea punteada que une a los círculos, representa la audición media diez años después.

reproductoras, inducidas por ambientes ruidosos.[27]

d) *La función auditiva.* La alteración de la función auditiva producida por ruido se denomina genéricamente trauma acústico. Se conocen desde hace muchos años sus características clínicas y los distintos grados de deterioro de función a la que puede llegar la audición.

Con el uso del audiómetro se cuantian las pérdidas auditivas en las distintas frecuencias. Se clasifican en cuatro grupos las hipoacusias por ruido[28,29] (fig. 5):

I. Cuando las alteraciones audiométricas indican solo desplazamiento del umbral auditivo en la frecuencia de 4000 Hertz.

II. Cuando, además del desplazamiento del umbral en esta frecuencia, se encuentra afectada la respuesta en otra (generalmente 8000 Hz.).

III. Cuando se agrega el efecto en una tercera, generalmente de 2000 Hz.

IV. Cuando existe alteración del umbral auditivo en cuatro frecuencias, generalmente al deterioro en una frecuencia más, se añade a la precedente un aumento del umbral.

Otros estudios clínicos permiten conocer este efecto de mejor manera. Es el caso de las pruebas logoaudiométricas, la audiometría automática, la impedanciometría y otras. Existen además pruebas específicas que permiten conocer la susceptibilidad personal a padecer trastornos auditivos por exposición al ambiente ruidoso (fatiga, adaptación y recuperación).

En un grupo de seis músicos de *rock* y de 14 meseros que laboraban en el mismo lugar que aquéllos, se estudió la función auditiva antes de iniciarse el contacto con el ruido y 8, 24 y 48 horas después de haber recibido el impacto de la música amplificada electrónicamente. La audición previa era normal en todos; al terminar el estímulo auditivo había un desplazamiento del umbral auditivo muy marcado en 4000 Hz. y menor de 8000 Hz. en tres sujetos. A las 24 horas ocurrió recuperación total en todos menos en uno, que requirió 48 horas. Tal desplazamiento transitorio (D.T.U.) del umbral es característico del trauma acústico (D.T.U.) (fig. 6). El desplazamiento transitorio del umbral más rápido y profundo y la recuperación más lenta, señalan un oído de mayor riesgo. Es casi seguro que el ruido lesione a todos los oídos, pero las pruebas actuales no son lo suficientemente finas para detectar alteraciones funcionales en bloque ante lesiones en células aisladas.

Hay una correlación estrecha entre la extensión de la lesión y el umbral para tonos puros, pero la alteración tonal no refleja en realidad el trastorno de la comunicación, ya que intervienen otros factores, entre los que destacan la topografía del daño, la extensión y la antigüedad como los más importantes.

Se han analizado en el Instituto los efectos de la exposición al ambiente ruidoso por medio de estudios transversales, en empleados de la Casa de Moneda de México (fig. 7). El desplazamiento transitorio del umbral después de ocho horas de trabajo fue como en el caso de los músicos y meseros, con la diferencia de que apareció en casi todos y no sólo en una mínima parte, tal vez debido a los años de antigüedad en el trabajo (más de tres años).

Un estudio longitudinal en cien pilotos aviadores realizado durante diez años (fig. 8), mostró un deterioro importante de la audición en conjunto, con gran variabilidad individual.[80] Resultados comparables se obtuvieron en cien obreros de una fábrica de herramientas con una diferencia de un año entre la evaluación inicial y la final.[81]

Estas experiencias han permitido predecir con cierto grado de eficiencia el efecto de un determinado ambiente en los sujetos expuestos. En general, las posibilidades de predecir, con un buen nivel de eficiencia estos efectos, se dificultan por las variaciones que se presentan de individuo a individuo.

Los factores ototóxicos yatrógenos han sido estudiados experimentalmente en animales y deben ser tomados en cuenta para la interpretación clínica. De este modo, los factores que modifican los efectos del ambiente ruidoso en el hombre se pueden enlistar así:

a) Constitucionales o de labilidad personal, o sea la facilidad o dificultad para sufrir los efectos auditivos de un ambiente ruidoso. Posiblemente sea de naturaleza hereditaria, pero no se puede afirmar por la falta de estudios genéticos y otros elementos.

b) Edad: aparentemente los oídos viejos son más lábiles al efecto de los ambientes ruidosos que los oídos jóvenes.

c) Factores concomitantes: el uso de drogas ototóxicas (quinina, estreptomicina, aminoglucósidos, salicilatos, ácido nalidíxico) con fines terapéuticos o drogas no ototóxicas pero que tienen efecto sobre el sistema nervioso central (mariguana, L.S.D., morfina y otros) o sobre los mecanismos de respiración (solventes), propician o facilitan las alteraciones por ambientes ruidosos.

d) Enfermedades del oído interno como, la enfermedad de Ménière y otras cortipatías, facilitan las lesiones por ruido.

Por último se debe hacer énfasis en que, con el conocimiento actual de los efectos del ruido, las características que lo hacen más o menos lesivo son las siguientes: intensidad, frecuencia y fundamentalmente tiempo de exposición.[8,17,32-38]

REFERENCIAS

1. Fosbroke, J.: *Pathology and treatment of deafness.* Lancet *1*:645, 1831. Cit. en [52]
2. Organización Mundial de la Salud: *Health hazards of the human enviroment.* En: *Noise* 1972, p. 257.
3. Ballenger, J. J.: *Audiología.* En: *Enfermedades de la nariz, garganta, oído.* Barcelona, Editorial Jims, 1972, p. 633.
4. Kuzniarz, J.: *Importance of higher frecuencies of the speech spectrum for its comprehension in noise.* Otolaryng. Pol. *22*:457, 1968.
5. Hixon, T. J.; Minifie, F. D. y Tait, C. A.: *Correlates of turbulent noise production for speech.* J. Speech Hear. Res. *10*:133, 1967.
6. Pierson, W. R.: *Noise and aircrew effectiveness.* Aerospace Med. *42*:861, 1971.
7. Pierson, W. R. y Barron, C. I.: *Hearing acuity and exposure to patrol aircraft noise.* Aerospace Med. *40*: 1099, 1969.
8. Williams, C. E.; Pearsons, K. S. y Hecker, M. H.: *Speech intelligibility in the presence of time-varying aircraft noise.* J. Acoust. Soc. Amer. *50*:426, 1971.
9. Carpenter, A.: *Effects of noise on performance and productivity: the control of noise.* Londres, Her. Maj. Stat. Off. 1962.
10. Cohen, A.: *Noise and the psychological state. Noise as a public health hazard,* Washington, American Speech and Hearing Association, 1969.
11. Corcoran, D. W. J.: *Noise and loss of sleep.* Quart. J. Exp. Psychol. *14*:8, 1965.
12. Broadbent, D. E. y Litte, E. A.: *Effects of noise reduction in a work situation.* Occupat. Psychol. *34*:133, 1960.
13. Glorig, A.: *The effects of noise on hearing.* Laryngol. Otol. *25*:447, 1961.
14. Mojica, R. M.: Comunicación personal.
15. Isumiyama, M.: *Studies of influences of train noise upon school children:* II. *On speech articulation.* Tohoku Psychol. Folia *23*:1, 1964.
16. Wydon, D. P.: *Studies of children under imposed noise and heat stress.* Ergonomics *13*:9, 1970.
17. Bunch, C. C.: *The neural mechanism of hearing; nerve deafness of known pathology or etiology; diagnosis of occupational or traumatic deafness; historical and audiometric study.* Laryngoscope *47*:615, 1937.
18. Glorig, A.: *Noise exposure. Facts and myths.* Amer. Acad. Ophthal Otolaryngol. *75*:1254, 1971.
19. Woodhead, M. M.: *The effect of bursts of noise on an arithmetic task.* Amer. J. Psychol. *77*:657, 1964.
20. Webster, J. C. y Klumpp, R. G.: *Effects of ambient noise and nearby talkers on a face-to-face communication task.* J. Acoust. Soc. Amer. *34*:936, 1962.
21. Woodhead, M.: *Effect of brief loud noise on decision making.* J. Acoust. Soc. Amer. *31*:1329, 1959.
22. Roth, E. M. y Chambers, A. N.: *Compendium of human responses to the aerospace environment.* U.S. NASA *9*:1, 1968.
23. Jansen, G.: *Vegatative reactions to auditory stimuli.* Trans. Amer. Acad. Opthalmol. Otolaryngol. 1964.
24. Anthony, A.; Ackerman, E. y Lloyd, J. A.: *Noise stress on laboratory rodents.* I. *Behavioral and endocrine responses of mice, rats, and guinea pigs.* J. Acoust. Soc. Amer. *31*:1430, 1959.
25. Anthony, A. y Ackerman, E.: *Effects of noise on the blood eosinophil and adrenals of mice.* J. Acoust. Soc. Amer. *27*:1144, 1955.
26. Beagley, H. A.: *Acoustic trauma in the guinea pig.* Acta Otolaryngol. *60*:437, 1965.
27. Anthony, A. y Harclerode, J. E.: *Noise stress in laboratory rodents.* II: *Effects of chronic noise exposures on sexual performance and reproductive function of guinea pigs.* J. Acoust. Soc. Amer. *31*:1437, 1959.
28. Salmivalli, A: *The clinical audiological pattern due to acoustic trauma.* Acta Otolaryngol. Supl. *224*:239, 1966.
29. Glorig, A. y Davis, H.: *Age, noise and hearing loss.* Ann. Otol. Rhinol. Laryngol. *70*:556, 1961.
30. Mojica R. M.: Comunicación personal.
31. Mojica, R. M. y Deutsch, E.: Comunicación personal.

32. Oddess, J. S.: *Acoustic trauma of sportsman hunter due to gun firing.* Laryngoscope *82*:1971, 1972.
33. Rosen, S.: *High frequency audiometry in presbyacusis.* Arch. Otolaryngol. 79:10, 1964.
34. Davis, H.; Morgan, D. T. y Howkins, J. E.: *Temporary deafness following exposure to loud tone and noise.* Acta Otolaryngol. Supl. 87, 1958.
35. Davis, H.: *The International Standard Reference zero for pure-tone audiometers and its relation to the evaluation of impairment of hearing.* Speech Hear. Res. 7:7, 1964.
36. Mojica, M.; Deutsch. E. y Hernández, O. F.: *Parámetros del trauma acústico; factor intensidad.* An. Soc. Mex. Otorrinolaringol. *10*:199, 1967.
37. Deutsch, E.; Beltrán, A. y Hernández, O. F.: *Efecto acumulativo del trauma acústico sobre la microfónica coclear del gato.* An. Soc. Mex. Otorrinolaringol. 9:213, 1966.
38. Deutsch, E. y Hernández, O. F.: *El efecto diferencial del trauma acústico sobre los fenómenos eléctricos de la ventana redonda.* An. Soc. Mex. Otorrinolaringol. 9: 195, 1966.

IV PREVENCION DE LOS EFECTOS DEL RUIDO EN LA SALUD HUMANA*

RAFAEL ALVAREZ-ALVA*

El efecto más grave del ruido sobre la salud es la lesión que puede producir en el oído interno, ocasionando la pérdida definitiva de la audición. Puede ocasionar también efectos extraauditivos: respuestas fisiológicas especiales, trastornos físicos, mentales o emocionales.

Es además fuente de molestias, tales como interferencia en la comunicación oral, dificultades en el aprendizaje, trastornos en el sueño, en el reposo o en el esparcimiento, disminución de la eficiencia en el trabajo y aun riesgo de sufrir accidentes (fig. 9).

El efecto del ruido en la hipoacusia y en la sordera ocupacional está perfectamente demostrado. Ya han sido mencionados los niveles y frecuencias permisibles en la industria y en otros medios, arriba de los cuales el riesgo de sufrir disminución o pérdida definitiva de la audición, es inminente.

La Agencia de Protección Ambiental y la de Seguridad Industrial y Administración de Salud de los Estados Unidos de Norteamérica consideran que el ruido leve o moderado, al que se atribuyen muchos de los trastornos fisiológicos y psicosomáticos que pueden sufrir los individuos, es sólo una molestia; pero que en combinación con otros agentes del medio puede predisponer a los individuos susceptibles a reacciones generalizadas de *stress*, o contribuir

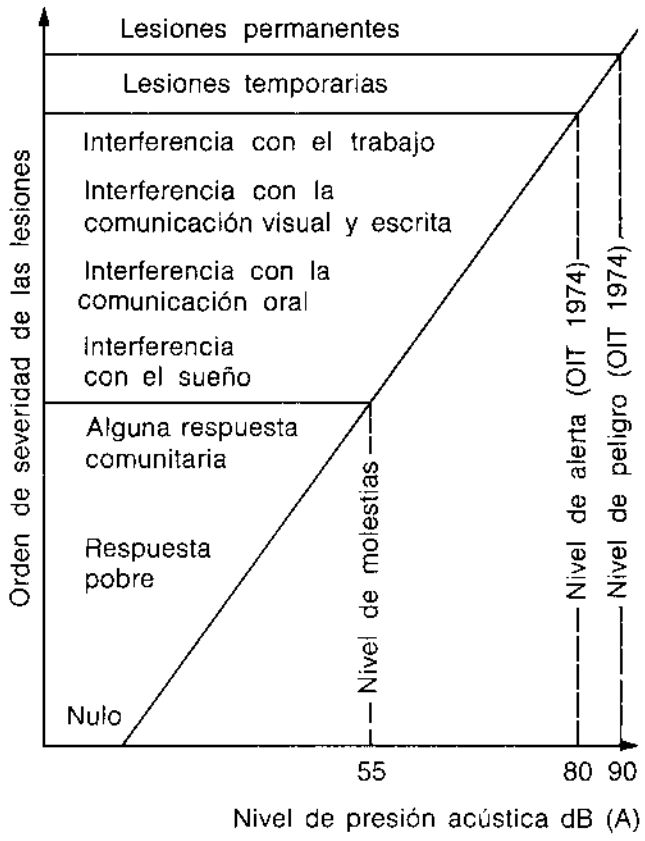


Fig. 9. Efectos del ruido según presión acústica

a la aparición de padecimientos que antes no existían o agravar situaciones mentales o físicas ya existentes. Es, por tanto, un factor más que, junto con otros, determina *stress*.

A pesar del gran número de estudios realizados en diversas partes del mundo, no ha podido demostrarse en forma concluyente la influencia causal directa que el ruido tiene en la aparición de los efectos extraauditivos mencionados; los resultados obtenidos son variables y en ocasiones contradictorios. Esto se debe fundamentalmente a las grandes diferencias individuales de las personas o de los grupos estudiados.

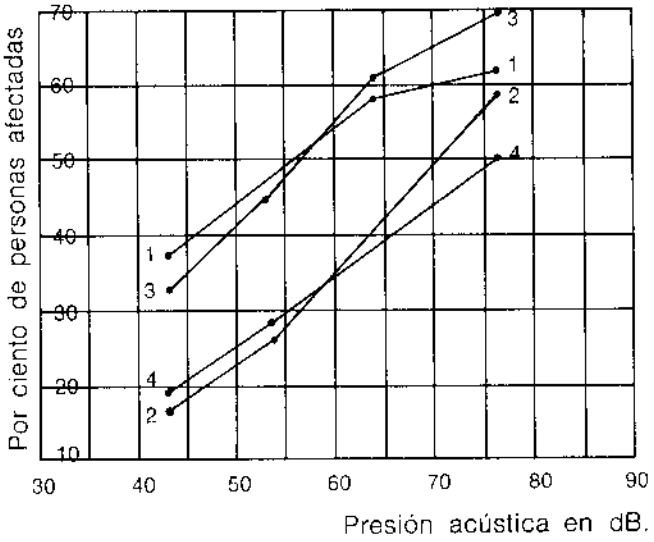
En efecto, independientemente de la intensidad y de la frecuencia del ruido, o de las características del medio en el que éste se produce (calor, vibración, ruidosidad, tipo de actividad o de trabajo), la edad, el sexo, los factores de personalidad, las condiciones de fatiga, de salud o enfermedad, así como las actitudes diversas de las personas hacia el ruido (motivaciones para adaptarse a él o rechazarlo, preferencia por un ambiente ruidoso), son en realidad los más importantes. Los efectos extraauditivos del ruido en los individuos constituyen una experiencia subjetiva, difícil de valorar y de interpretar.

* Académico numerario.

Cuadro 5. Niveles sonoros de algunas fuentes de ruido hallados en distintos ambientes*

Nivel general en dB[2]	Industriales y militares	Comunidad (en el exterior)	Vivienda (en el interior)
140—	Funcionamiento de aviones *jet* sobre la cubierta de un portaviones (140 dB)		
130— Doloroso	Soplete de oxígeno (126 dB) Martillo neumático (122 dB)		
120— Molesto	Perforador de pavimentos (115 dB) Telar (112 dB)		Discoteca (120 dB)
110—	Sierra (106 dB) Tractor agrícola (103 dB) Rotativa de periódico (101 dB)	Sobrevuelo de aviones *jet* a 300 m. (110 dB) Segadora de motor (103 dB)	
100— Muy intenso	Torno de banco (95 dB)	Excavadora de rocas a 15 m. (100 dB) Motocicleta a 8 m. (96 dB) Camión pesado a 15 m. (93 dB)	
90—	Fresadora (90 dB) Prensa plana (86 dB) Perforadora de tarjetas (82 dB)	Pitido de tren a 150 m. (90 dB)	Licuadora (90 dB) Triturador de basura (83 dB)
80— Moderadamente intenso		Automóvil de pasajeros 100 km./h. (76 dB)	Música en el hogar (78 dB) Televisión (73 dB) Aspiradora (72 dB)
70—		Campanas de iglesia a 50 m. (70 dB) Tránsito poco denso a 30 m. (66 dB)	Descarga de aguas de inodoro (65 dB)
60—			Conversación (60 dB)
50—Silencioso			
40—			
30—Muy silencioso			
20—			
10—Apenas audible			
0—Umbral auditivo			

* Según Cohen (1969). Riesgos del ambiente humano para la salud, publicación cient. No. 329. Washington, D.C. 1976
2. Nivel de referencia de presión acústica: 0.0002 microbares



1. Sobresalto.
2. Dificultad para conciliar el sueño.
3. Despertar.
4. Trastornos en el descanso.

Fig. 10. Por ciento de personas afectadas por el ruido de aviones.

Sin embargo, puede concluirse que cuando el ruido es de intensidad considerable y de duración prolongada, afecta en mayor o menor grado a todos los individuos, es perjudicial para su bienestar y eficiencia, y constituye un riesgo para la salud, que es necesario prevenir y controlar.

El ruido, especialmente en las grandes ciudades, existe en las fábricas, en las oficinas, en las escuelas, en los centros de diversión, en la calle y en el hogar. Aunque el riesgo mayor para la salud lo constituye indudablemente el ruido controlado en las industrias, el que se presenta en los otros sitios mencionados es importante y merece atención (cuadro 5).

En la calle, la fuente más diseminada y predominante de ruido es el transporte de superficie: (motocicletas, autobuses, automóviles, transportes eléctricos, etc.). Los aeroplanos producen ruido que afecta particularmente a los residentes de las zonas cercanas a los aeropuertos (fig. 10 y cuadro 6).

En los hogares existe una gran cantidad de aparatos eléctricos o electrónicos, (radios, televisores, licuadoras, aspiradoras, lavadoras, podadoras) que son fuente de ruido; su empleo exagerado o incontrolado origina molestias y aun perjuicios para la salud.

El ruido producido por un conjunto musical moderno alcanza 120 dB y produce sordera transitoria a los expuestos con la circunstancia, especialmente importante, de que los efectos progresan y son acumulativos.

Cuadro 6. Por ciento de personas muy afectadas por ruido de aviones

Actividad	Por ciento
Recepción de radio o T.V.	20.6
Conversación	14.5
Teléfono	13.8
Descanso fuera de la habitación	12.5
Descanso dentro de la habitación	10.7
Escuchar cintas grabadas	9.1
Sueño	7.7
Lectura	6.3
Comida	3.5

Escala de 1 al 5: Por ciento entre 4 o 5.

Todas las molestias señaladas aumentan cada día, y muchos habitantes de las grandes ciudades consideran al ruido como uno de los contaminantes ambientales más importantes en la actualidad.

En lo que se refiere a la disminución de la eficiencia en el trabajo, las investigaciones efectuadas, al igual que otras que tratan de precisar diferentes reacciones desfavorables de los individuos al ruido, son contradictorias: algunas afirman que sí hay influencia nociva; otras la niegan. Es que, como ya se señaló, la dificultad de obtener resultados confiables estriba en las muy diversas formas de reaccionar de las personas. En este caso influye también el tipo de trabajo que se desarrolle.

Prevención del ruido ambiental

El ruido por vehículos es producido por varios factores; conocerlos, orienta la prevención: el primero se refiere a su diseño y construcción; el segundo, a la forma en que se opera el vehículo, y el tercero a las características del sitio en que el ruido se produce.

Los automóviles son fuente de ruido por la carrocería, por el sistema de transmisión, por el escape, por las bocinas, por el radio; además, por los arrancones y derrapadas, por la elevada velocidad, por la adaptación de dispositivos ruidosos especiales, por arrastrar objetos.

Las medidas de tipo preventivo son obvias y se refieren a modificaciones en la construcción del vehículo. Estas corresponden a la industria automotriz, y su realización debe ajustarse a disposiciones reglamentarias especiales. Se refieren también a la conser-

vación y a la responsabilidad del propietario del mismo.

La reglamentación y la vigilancia efectiva en el manejo de los vehículos es necesaria para controlar el uso exagerado de las bocinas, evitar las altas velocidades en la ciudad; especialmente con el escape abierto, los arrancones y frenadas.

La planificación del tránsito, la relocalización de vías ruidosas o el cierre del tránsito para conservar el silencio y la tranquilidad necesarios en algunos lugares como hospitales y escuelas, son medidas que ayudan al control del ruido.

En igual forma, la planeación de los aeropuertos, ubicándolos lo más lejos posible de las zonas habitadas de las ciudades, logrará en el futuro que la población esté libre de exposiciones nocivas y molestas por el transporte aéreo.

Debe exigirse la observancia estricta de todas estas medidas reglamentarias; pero hay que resaltar la importancia de la labor de información y educativa a la población, que debe realizarse en forma insistente y continuada, para poder obtener su colaboración consciente.

En el hogar, quizá sólo puede mencionarse la conveniencia de evitar el volumen exagerado con que se usan en ocasiones los radios, los tocadiscos y la televisión, ya que esta situación perjudica no solamente a los propios habitantes de la casa, sino también a los vecinos.

Prevención de los efectos del ruido ocupacional

La prevención y control del ruido ocupacional requieren de la aplicación de una tecnología especial y de la de medidas médico-preventivas. Es un trabajo de equipo, en el que intervienen principalmente ingenieros, arquitectos, médicos, que permite por una parte establecer valores permisibles de ruidos, métodos de medición y comprobación de los mismos y, por la otra, la aplicación de las acciones médico-preventivas de detección y control periódicos, así como de educación que eviten o disminuyan el riesgo que presenta para los trabajadores el ruido ocupacional.

Las disposiciones reglamentarias, su aplicación y cumplimiento constituyen un apoyo a las medidas antes señaladas.

Por lo que se refiere a las acciones técnicas, la situación ideal sería la previsión de las condiciones de seguridad e higiene en el trabajo, desde el momento de la planeación de una industria o de una fábrica, a fin de que los trabajadores dispongan de las mejores condiciones posibles para evitar los riesgos a que están expuestos, en nuestro caso los que afectan a la audición. Esta situación, lamentablemente, no se realiza en la mayor parte de las ocasiones.

Cuadro 7. Tiempo máximo permisible de exposición por jornada de trabajo (en función del nivel de ruido)

Horas	Decibeles
8	90
7	91
6	92
5	93
4	95
3	97
2	100
1	105
45'	107
30'	110
15'	115

Deben llevarse al cabo visitas periódicas a las industrias para evaluar la magnitud de los riesgos y la relación causal entre la exposición al ruido y la hipoacusia o sordera ocupacional. En ellas se analizan los llamados "factores etiológicos del trauma acústico" que son:

1. Los caracteres físicos del sonido: presión acústica y componentes de frecuencia.
2. El tiempo de exposición: que se refiere fundamentalmente a las dos características del ruido antes mencionadas (cuadros 7 y 8).
3. Las características de la exposición de los trabajadores. Independientemente de factores personales, hay que tener en consideración las condiciones del sitio de trabajo, la distancia a la que el trabajador se encuentra de la fuente de ruido, la existencia de otros factores tales como ruidosidad, calor, vibración, contaminación por agentes químicos (plomo, mercurio, arsénico), algunos disolventes orgánicos o monóxido de carbono. Habrá que tomar en cuenta, además, la posible interferencia que el ruido ocasione para escuchar señales de mando o avisos en presencia de peligro.
4. Las alteraciones que de antemano se sabe que puedan ocurrir en la salud de los trabajadores expuestos, así como las que ya estén ocurriendo.
5. Las faltas de cumplimiento de las normas generales de prevención y control.

La valoración de todos los factores señalados, debe ir seguida, obligadamente del establecimiento de las medidas preventivas o correctivas que procedan. Por ejemplo: la limitación del tiempo de exposición a periodos no peligrosos; las modificaciones del equipo; la atenuación de la magnitud del ruido (aislando la fuente productora, disminuyendo la reflexión del so-

Cuadro 8. Tiempo máximo permisible de exposición por jornada de trabajo (en función del análisis de la magnitud de los componentes de frecuencia en bandas de octavas)

HZ			dB	RE.	2×10^{-5}	N/m^2					
125	102	104	107	111	115	119	125	—	—	—	—
250	96	96	99	102	105	109	114	126	—	—	—
500	91	92	94	96	98	101	105	115	119	124	132
1000	88	89	89	91	93	95	99	107	110	114	121
2000	85	85	86	87	89	92	95	100	103	108	113
4000	85	85	85	86	88	90	93	99	101	105	109
8000	88	89	91	93	96	98	102	108	110	114	120
Horas	8	7	6	5	4	3	2	1	45'	30'	15'

nido); el uso obligatorio del equipo protector por el trabajador.

La mejor forma de valorar los riesgos del trabajo la constituye el número y gravedad de los afectados en el ambiente laboral que se estudia; sin embargo, basta que un solo trabajador esté expuesto a lesiones auditivas por motivo de su trabajo, y más aún que presente ya manifestaciones de deficiencia auditiva, para que se tomen medidas del caso.

Al médico y al audiólogo les corresponden la realización de los exámenes clínicos y audiométricos de selección de los aspirantes, los que permitirán conocer las condiciones generales de salud de los trabajadores, las características de su función auditiva, y determinar la conveniencia o no de que laboren en un ambiente ruidoso. Deben practicar también los exámenes audiométricos periódicos, cuya frecuencia se establecerá de acuerdo con la gravedad del riesgo a que el trabajador se halla expuesto, y que permiten detectar hipoacusias producidas por el ruido.

A este respecto, es de recordar que el daño a la audición no es tan aparente como la disminución de la agudeza visual, por lo que a menudo es difícil percatarse de la magnitud del daño a que se ha llegado. Por esto, los exámenes audiométricos revisten tan gran utilidad. Si el trabajador está expuesto por la naturaleza de su labor a ruido que pueda generar trauma acústico, además del examen audiométrico señalado, se le practicará estudio clínico completo, exámenes de laboratorio y estudio psicológico, a fin de conocer posibles reacciones fisiológicas y psicosociales que pueda presentar.

El médico recomendará al trabajador, el uso de dispositivos protectores, cuando no haya sido posible disminuir a límites permisibles, la intensidad del ruido en la fábrica. Podrá asimismo recomendar y exigir el cambio de actividad del trabajador, si comprueba el deterioro progresivo que está sufriendo en su capacidad auditiva.

La labor de protección de la salud del trabajador no corresponde solamente al médico del trabajo. Dentro de la medicina institucional y aun en la privada, los trabajadores acuden con frecuencia a consultar al médico por padecimientos aparentemente ajenos a su actividad. No puede omitirse la investigación del sitio y tipo de trabajo del paciente, ya que independientemente del riesgo que para la audición pueda sufrir, están expuestos a otros muchos factores que afectan su salud.

La reglamentación, ya lo hemos dicho, es un apoyo a las medidas técnicas y médico-preventivas. En diversas partes del mundo existen reglamentos para la prevención y control del ruido industrial y del producido por diversas fuentes: en la calle, en la oficina, en el hogar.

En México, con fundamento en la Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental, el 2 de enero de 1976 fue publicado en el Diario Oficial de la Federación, el Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental originada por la Emisión de Ruidos. Dicho reglamento entró en vigor el 2 de marzo de 1976.

Consta de diez capítulos, cuyo contenido general es el siguiente:

I Disposiciones generales
II De la emisión de ruidos
III De las medidas de orientación y educación
IV De la vigilancia e inspección
V De las sanciones
VI De los procedimientos para aplicar las sanciones
VII Del recurso de inconformidad

VIII De la acción popular
IX De la definición de términos usados en el Reglamento
X Transitorio: De los plazos a los que el Reglamento y sus artículos entrarán en vigor.

El reglamento tiene un ámbito de acción nacional; señala las dependencias que deben intervenir en su aplicación, quedando la Secretaría de Salubridad y Asistencia como responsable de coordinar acciones con las autoridades competentes a fin de planear, diseñar, investigar, aplicar, supervisar, vigilar y aprobar proyectos relacionados con el ruido proveniente de diversas fuentes emisoras.

Fija además obligaciones para identificar emisores de ruido; señala métodos de medición y evaluación; deja abierta la posibilidad de modificar los límites permisibles de ruido en áreas industriales, talleres oficinas y habitaciones; limita el horario de funcionamiento de industrias o actividades ruidosas.

Señala también obligaciones patronales para la prevención de sorderas ocupacionales, precisando los tiempos máximos de exposición de los trabajadores según la intensidad y otras características del contaminante.

Menciona restricciones para evitar el ruido por el tránsito aéreo y el de superficie, fijando el límite máximo de ruido permisible para vehículos automotores así como las condiciones de su operación y circulación.

En julio de 1977 se reunieron representantes de la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente y del Departamento del Distrito Federal para discutir algunas modificaciones al reglamento. Las principales fueron las siguientes:

Disminución importante de los límites permisibles de ruido para automóviles y para motocicletas; promoción de facilidades fiscales para la descentralización industrial y para la fabricación, adquisición e instalación de equipos que tengan por objeto evitar, controlar o abatir el ruido; obligatoriedad de informar a la S.S.A., de las obras públicas o privadas que se proyecte realizar, especificando el número y naturaleza de posibles fuentes productoras de ruido, la localización de las mismas y las horas en que operarán.

El reglamento puede considerarse como bueno y muy completo; sin embargo, el problema no consiste en la carencia de disposiciones legales, sino en su observancia y aplicación: para ello se requiere la participación activa y consciente de la población.

Vale la pena hacer notar que el problema de la prevención del ruido y su control, como todos los relacionados con la contaminación ambiental, es muy complejo. Requiere para mejorarlo, de una reglamentación adecuada, de recursos humanos muy numerosos y técnicamente preparados, de apoyo económico considerable y constante.

Además, algunas de las medidas aconsejables pueden tener repercusiones políticas, económicas o sociales que deben valorarse juiciosamente. No es, ni con mucho, un problema de fácil solución. Sin embargo, hay que hacer todo lo que sea posible para controlarlo.

De ahí la importancia de una intensa y permanente labor informativa y de educación que dé a conocer al público los peligros que el ruido representa, y la conveniencia y urgente necesidad de que cada uno contribuya a disminuir, controlar y suprimir el riesgo del ruido para la salud.

Esta labor corresponde fundamentalmente a los médicos y a todo el personal de la salud en su trabajo institucional y en el privado. Pero todos los involucrados en una u otra forma en el control de la contaminación ambiental, deben participar activamente en ella.

La labor educativa debe ir dirigida a los patrones y a los trabajadores, insistiendo con los primeros en la obligación de proteger la salud de sus trabajadores; en cuanto a éstos, la acción consistirá en darles a conocer el riesgo que el ruido representa para su salud, exponiéndoles a perder en forma grave e irreversible, la capacidad de oir; que comprendan la utilidad de los exámenes audiométricos periódicos y que sigan todas las recomendaciones preventivas que se les proporcionen: uso de dispositivos protectores, tiempo de exposición al ruido y vida higiénica en general.

La educación para la salud, y en el caso especial la relativa a la prevención de los efectos negativos del ruido, debe iniciarse desde temprana edad. Esto requiere la información más completa al maestro, quien a su vez dará a conocer a sus alumnos todo lo relativo al control de la contaminación ambiental por el ruido.

La labor educativa debe proyectarse, por último, al público en general, remarcando en este caso los efectos del ruido en la calle y en el hogar, tratando de obtener su colaboración para disminuirle en el mayor grado posible.

Las pláticas, conferencias y otro tipo de reuniones informativas del problema, se complementarán con la proyección de películas, la distribución de folletos y de carteles alusivos.

Los grandes canales de información, la radio, la prensa y la televisión deben participar en la labor que se menciona; la eficacia de su colaboración es extraordinaria.

Cabe señalar por último, dos consideraciones finales. Las dependencias oficiales son las responsables de

la planeación y aplicación de programas de prevención y control del ruido. Es necesaria una real y eficaz coordinación entre todas ellas para obtener mejores resultados.

Y en cuanto a la participación activa de la población, sólo mediante una insistente y permanente labor de educación, en la que todos debemos colaborar, se podrá conseguir el control y la disminución de este contaminante físico del ambiente, que constituye ya, particularmente en las ciudades, una seria amenaza para la salud y para el bienestar de la comunidad.

V CONCLUSIONES

JORGE CORVERA-BERNARDELLI

De lo expuesto se desprende que el daño que ocasiona el ruido está identificado; que la manera de prever este daño es técnicamente sencilla y que existen leyes y reglamentos adecuados para apoyar las acciones preventivas.

Y, sin embargo, el ruido sigue ocasionando daño. Probablemente esto sea debido a razones tanto económicas como sociales.

La técnica para disminuir el ruido en la industria implica inversiones que necesariamente repercuten en los costos de producción.

Por otra parte, si se quiere evitar el daño a los obreros sin hacer el gasto necesario, puede intentarse establecer un programa de revisiones periódicas de audición para reconocer a los sujetos con mayor labilidad auditiva, con objeto de reubicarlos o de liquidarlos.

Esto, además de ser caro, puede tornarse inhumano y es experiencia común de los otólogos encontrar personas que prefieran sufrir en su audición a perder un trabajo con la alternativa de no poder encontrar otro igualmente remunerativo.

Los factores económicos deben ser tomados en cuenta en la estrategia de la lucha contra el ruido. No deben ser consideradas medidas que, por su costo, disminuyan el ritmo de la industrialización de nuestro país, porque aumentarían de inmediato la tasa de desempleo, y, en forma simplista, cambiarían hipoacúsicos por desnutridos, y además, enfermos y sin educación.

Los factores de tipo social obstaculizan también la lucha contra el ruido. En nuestro país, al igual que en otros muchos, no se tiene aprecio por el silencio.

Parece ser timbre de orgullo hacer ruido con cualquier implemento posible. El radio se escucha a máximo volumen, las sinfonolas de las cantinas no tienen éxito si permiten el sueño de los vecinos, en cuatro manzanas a la redonda.

Los estratos económicamente elevados no escapan a esta psicología, como lo atestiguan las bocinas de aire de los automóviles de lujo y los tocadiscos y magnetófonos en casas habitación, dotados de amplificadores y bocinas propias para un estadio olímpico.

Las leyes que rigen los países, por sabias que sean, no son operantes si no cuentan con la aceptación de la población en general. En el caso que nos ocupa, cabe meditar hasta qué punto las sociedades, como los individuos, deben poseer el derecho de enfermarse con los padecimientos por ellos escogidos.

En nuestra sociedad, se respeta el derecho de adquirir enfisema pulmonar y de morir de cáncer epidermoide de las vías respiratorias gracias al tabaquismo. Este no se prohíbe, con base en la libertad individual para adquirir la enfermedad que se le pegue a uno en gana, aunque hay quien sospecha razones económicas que involucran el cultivo del tabaco, la manufactura de cigarrillos e impuestos que genera su venta.

Quizá habría que defender el derecho de la sociedad a vivir parcialmente sorda. Sin embargo, es importante señalar que esta decisión sería respetable sólo si se hace libre e informada.

El papel del médico, de las sociedades médicas y de las autoridades sanitarias del país, además de perfeccionar los conocimientos sobre el problema, debe consistir en informar lo más extensamente posible al mayor número de ciudadanos del riesgo a que se someten, y esperar de su cordura que acepten tomar las medidas necesarias, inclusive obedeciendo los reglamentos vigentes, para que se logre la desaparición de la patología del ruido.