

## **EL USUARIO DE AUDÍFONOS Y EL RUIDO AMBIENTE**

Lic. Sandra E. Olijavetsky  
Fga. Nilda Saenz (colaboradora)  
Mutualidad Argentina de Hipoacúsicos

Los pacientes hipoacúsicos usuarios de audífonos, con mucha frecuencia expresan sus quejas acerca de las dificultades de comunicación en ambientes ruidosos y la intolerancia a los ruidos intensos.

En un estudio norteamericano realizado por Kuks Francis en 1996, se preguntó a los usuarios cual era la primera característica que buscaban en un audífono, un 88 % de los encuestados contestaron que lo más importante era que “a veces” o “regularmente” en ambientes ruidosos pudieran comunicarse con los demás. En otro estudio realizado en Alemania por Stock A. en 1995, uno de los criterios más valorados por los usuarios para evaluar un audífono fue “mejor inteligibilidad en ambientes ruidosos”.

Específicamente sus quejas están orientadas a las siguientes situaciones:

\* Audición en pequeños grupos: Conversar en pequeños grupos suele ser difícil. Estas conversaciones se desarrollan generalmente sobre un tópico de interés común, y todos los integrantes quieren participar con comentarios, por lo cual le resulta problemático participar al usuario de audífonos, sintiéndose excluido de la charla.

\* Audición en grupos grandes: (Fiestas, muchedumbres, etc.). Los problemas son mayores cuando 3 ó 4 personas están hablando al mismo tiempo y cada uno trata de superar el ruido de fondo elevando el volumen de su voz, lo cual incrementa la confusión del paciente.

\* Audición en restaurantes: El ruido de la vajilla, y del servicio puede molestarle, así como la presencia de TV encendida, la música, orquestas .

\* Audición en iglesias: En este ambiente, se produce una amplia gama de sonidos, desde el silencio absoluto hasta la música fuerte de un órgano o el canto de un coro, así como también la acústica del ambiente es un factor que condiciona.

\* Audición en teatros, cines, auditorios, etc.: Los efectos de sonidos que suelen acompañar estos acontecimientos quizás hagan más difícil entender a los actores y oradores.

\* Audición en la calle: El ruido del viento puede dificultar, así como también el ruido del tránsito puede ser abrumador.

Por todas estas razones, uno de los más grandes desafíos en el diseño de audífonos es el desarrollo de estrategias para minimizar tales dificultades, ya que los usuarios de audífonos tienen muchas ansiedades depositadas en mejorar todas sus dificultades y de alguna manera recuperar la audición perdida, aunque es bien sabido, que los audífonos son prótesis auditivas y que como tales ciertas limitaciones están íntimamente relacionadas con las situaciones de escucha en ambiente ruidoso.

En los sujetos con audición normal se da el fenómeno conocido como ABONSO (Automatic Brain Operated Noise Suppression Option), es decir la capacidad del cerebro de poder dividir el habla del ruido, que en los sujetos con hipoacusia se pierde. Es importante destacar que un oyente en ambiente ruidoso, necesita que la diferencia de relación S-R sea  $\pm 5$  dB y que esta relación deberá ser mayor cuanto más sea la pérdida auditiva. A  $- 5$  dB los sujetos normales pueden entender el 50 % de las palabras y el 95 % de las oraciones. En cambio, un estudio realizado en 1970 por Tillman y Carhart, demostró que un paciente con una pérdida auditiva requiere 8 dB + de relación S-R (es decir 13 dB de mayor relación S-R), en una hipoacusia de moderada a severa y en una hipoacusia leve a moderada necesita + 5 dB de mayor señal o 5 dB de menor ruido. Esto coloca al paciente con sus habilidades fuera del rango de conversación normal en ruido. Ellos simplemente no pueden participar, a menos que otros eleven sus voces bien por encima del ruido de fondo. Queda en evidencia la necesidad de mejorar la relación S-R para mejorar la percepción de la palabra. Cada dB es importante. Una mejora de pocos dB en la relación S-R es equivalente a una mejora muy sustancial en la percepción del habla.

Ahora bien: ¿Cuáles son las herramientas a disposición de la fonoaudióloga para mejorar esta gran problemática?

En un principio la tecnología contaba únicamente con los audífonos analógicos, los cuales dominaron la industria durante décadas. La forma de entender su funcionamiento es comparándolo con el sistema de audio de una sala de concierto: un micrófono recoge el sonido del locutor y lo convierte en una señal eléctrica que luego es procesada por el amplificador y entregada al parlante que reconvierte la misma en sonido. En estos audífonos el proceso es similar, pero el mismo se realiza con componentes electrónicos de tamaño muy inferior. Para su calibración se dispone de controles llamados “trimmers” que le permite ajustar las características en forma manual. Estos tipos de audífonos cuentan con ciertos circuitos que actúan modificando la respuesta del audífono. Sin embargo brindaban una ayuda muy limitada al usuario en ambiente ruidoso. La fonoaudióloga contaba con pocos elementos para mejorar la demanda del paciente, ya que sólo podía filtrar los sonidos graves y agudos, modificando la respuesta en frecuencia y utilizando circuitos de compresión y limitadores de salida (AGC y Peak Clipping). Estos circuitos se definen de acuerdo a sus características que incluyen: Umbral de compresión, relación de compresión, tiempo de ataque y restablecimiento.

El umbral de flexión o umbral de compresión, se define como el nivel de sonido entrante que pone en funcionamiento la acción de la compresión. El punto de flexión es el umbral en el cual el audífono comienza a comprimir la señal (reducción de la ganancia).

Otro parámetro importante de estos circuitos de compresión, es el tiempo de ataque y recuperación. Es preferible que el tiempo de ataque sea lo más corto posible (- 5 ms) para que el usuario no sea expuesto a los altos niveles de salida por un largo período. En relación al restablecimiento, después que haya pasado el estímulo fuerte, toma cierto tiempo que la función de compresión se desactive y la ganancia regrese a los niveles de pre-compresión. Si bien el tiempo de ataque debe ser rápido, el de recuperación no tiene porqué serlo. Es preferible que sea gradual (ni muy rápido ni muy lento) para que el usuario no perciba los cambios abruptos de la ganancia, generando sensación de bombeo. Un audífono con un tiempo de recuperación superior a 250 ms hace que el usuario pierda sonidos importantes del lenguaje.

El Peak Clipping: Es una limitación simple que corta la señal de salida cada vez que la señal de entrada más la ganancia alcanzan el nivel prefijado, protegiendo al usuario de los sonidos demasiados altos que puedan causarle molestia o incluso dolor. Sin embargo una limitación de este tipo produce una distorsión de la señal que hace inconfortable la audición de la conversación.

Dado que con estos elementos que se contaba, no existía mejora, se desprende un paso adelante en este dilema de la discriminación de la palabra en el ruido, que es mediante el desarrollo de nuevos circuitos de PROCESAMIENTO AUTOMÁTICO DE LA SEÑAL Killion describe una amplia variedad de circuitos de un solo canal y multicanales. Muchos de los circuitos de compresión o AGCI de un solo canal tienen una respuesta en frecuencia fija (FFR), lo que significa que tiene la misma forma de respuesta sin importar el nivel de entrada. Existen otros circuitos de compresión que emplean una combinación de características de compresión y filtros con el propósito de proveer diferentes respuestas en frecuencia para niveles de entrada diferente. A esto se lo conoce como LDFR (respuesta en frecuencia dependiente del nivel). Esto incluye los circuitos BILL (Incremento de graves a bajo nivel) con una amplia respuesta en frecuencia en condiciones silenciosas. Un filtro de corte de graves es activado cuando el nivel de entrada alcanza cierta intensidad, enfatizando las frecuencias agudas para las señales de nivel alto. Esto tiene el propósito de ayudar a escuchar cuando hay ruido de fondo filtrando las señales de baja frecuencia.

Los circuitos TILL (Incremento de agudos a bajo nivel) operan de manera opuesta a los circuitos BILL. Hay un énfasis de frecuencias agudas en los niveles de entrada de nivel bajo. TILL se diseñó para pacientes que requieren de mayor ganancia en los sonidos suaves de frecuencia aguda. Este tipo TILL es el comportamiento específico del circuito K-AMP. Un circuito PILL (Incremento programable a bajo nivel) se puede hacer con cualquiera de las dos respuestas, ya sea BILL o TILL usando compresión de dos canales en un audífono programable. Es el tipo más versátil de los procesadores de señales y como resultado los audífonos multicanales pueden programarse para incorporar FFR, TILL, BILL o PILL..

Ante el éxito relativo de estos circuitos, y decimos relativo porque el desempeño se optimiza cuando las componentes frecuenciales del ruido se encuentran en las bandas atenuadas, se pensó que la solución más completa consistiría en dividir la compresión en por lo menos dos canales de frecuencias diferentes, es decir, comprimir la ganancia de cada canal de acuerdo al componente frecuencial del estímulo. En principio este modo de funcionamiento tendría por lo menos dos ventajas: Consideremos que el grado de pérdida audi-

tiva y el reclutamiento varían marcadamente con la frecuencia, lo que requeriría diferentes grados de compresión a las diferentes frecuencias y en segundo lugar, tengamos en cuenta que las consonantes de frecuencia aguda de la palabra, pronunciadas en forma suave en el entorno ruidoso son fundamentales para la comprensión.

El empleo de dos canales (de compresión independientes) activados por las componentes de frecuencia correspondientes, uno para frecuencias graves y otros para frecuencias agudas, aseguraría que fueran audibles estas formantes suaves de frecuencia aguda. Con el advenimiento de la tecnología de audífonos programables y digitales, se ha hecho posible el diseño y producción de prótesis multicanales, en las cuales la señal luego de ser recibida por el micrófono, es dividida en dos canales mediante filtros activos con frecuencias programables y luego estos dos canales son procesados mediante compresores independientes con T. de ataque cortos y U. de compresión bajo.

El advenimiento de esta tecnología favorece una calibración más independiente de canales de baja y alta frecuencia. El diseño de dos canales permite que la respuesta se ajuste automáticamente a los cambios en las características acústicas tanto graves como agudas. El procesamiento puede ser programado para coincidir con el rango dinámico del paciente y el resultado es un mayor confort y mejor inteligibilidad de la palabra. Estos tipos de audífonos cuentan además con diferentes programas que pueden ser seleccionados según las necesidades de escucha. Con esta nueva tecnología el paciente nota mejoría, pero sobre todo en relación a la molestia al ruido fuerte, ya que actúa modificando la amplificación en los niveles de entrada suave y en los niveles de entrada fuerte, pero el beneficio de la discriminación de la palabra en ruido no es demasiado importante. Por lo tanto la tecnología siguió avanzando hasta desarrollar el audífono digital, que causó su aparición una verdadera revolución en el campo de audífonos, ya que prometió ser la prótesis del futuro por las bondades técnicas que posee. Este audífono funciona de la siguiente manera: Entra el sonido a través del micrófono, pero ese sonido luego de ser convertido en una señal eléctrica es digitalizado (convertido a números). Esta es la función del elemento llamado conversor analógico-digital. Esta señal entra en el verdadero corazón del audífono, el DSP (procesamiento digital de la señal) que realiza más de un millón de instrucciones por segundo, introduciendo al sonido original las modificaciones necesarias para llevarlo en forma más eficiente al oído del paciente. El DSP es una computadora compleja, con igual poder de cálculo que las potentes computadoras personales y toma en cuenta, no sólo los datos particulares del individuo sino también los siempre cambiantes estímulos sonoros del medio ambiente. Una vez procesada la señal, es necesaria reconvertirla al modo analógico a través de un conversor digital analógico y de allí entregarlo al auricular para que éste la vuelva a la forma acústica. Estos audífonos han incluido procesamientos diferentes como la compresión adaptativa, micrófonos direccionales, compresión multibanda a través de diferentes bandas frecuenciales “independientes”, procesamiento BILL, TILL, WDRC y compresión silábica. Esto permite a los usuarios acceder a diferentes combinaciones de procesamientos variables, que le permiten adaptarse a las diferentes situaciones de escucha. La compresión en sus formas varias puede limitar la salida de los audífonos al nivel que el escuchar sea seguro y confortable con los ajustes de los umbrales de compresión y la relación de compresión. El número de bandas de compresión que son óptimas para mejorar la comprensión del habla en ruido es poco claro, aunque parece ser que un gran número puede ser mejor que pequeños números.

El beneficio que provee esta tecnología es la excelente calidad de sonido, reproducción de sonidos confortables, nivel más alto de claridad del habla, totalmente automático, alto nivel de flexibilidad, adaptación frecuencial precisa.

También realizan un monitoreo de la señal, suprimiendo lo que identifica como ruido, es decir separa el ruido de la palabra. Cuando testea ruido lo comprime y la señal se amplifica.

A pesar de los avances que se van vislumbrando, el usuario tiene una marcada mejoría con estos audífonos, pero no quiere decir que el problema esté totalmente superado.

Por lo tanto otro aporte que surge frente a esta dificultad es la audición direccional. El problema para los diseñadores de audífonos y audiólogos es ayudar al usuario a focalizar un punto en particular en el espacio, la boca de la persona que deseamos que hable en frente del que oye, mientras se excluyen los sonidos de otras ubicaciones cercanas.

Una forma de tomar ventaja de esta diferencia espacial entre sonidos deseados e indeseados es con la implementación de Micrófonos direccionales. Estos tienen un patrón de recepción del sonido que es más fuerte en la dirección delantera que en las otras. La dirección delantera (frontal) es también llamada Look Direction (dirección de la vista o mirada), porque es la dirección a la que el usuario de audífonos está generalmente mirando cuando oye.

Dillon y colaboradores han afirmado que en la actualidad los micrófonos direccionales parecen ser los únicos dispositivos usados en los usuarios de audífonos y que pueden ofrecer un ALIVIO PARCIAL a este problema. Ellos continuaron diciendo que “la mayoría” de los estudios han demostrado que en un sistema de ruido, los audífonos direccionales ofrecen al usuario superior inteligibilidad en 5 a 6 dB . Esto también fue expuesto por Killion y colaboradores en 1998. Para algunos pacientes esta mejora puede traducirse como el incremento del 60 % en la performance de la discriminación del habla.

Algunos audífonos están diseñados con 2 micrófonos, uno de ubicación frontal y el otro posterior. En ambiente ruidoso el usuario puede desactivar el micrófono posterior y que actúe solamente el de ubicación frontal, para recibir toda la información que proviene de frente y de los laterales y reducir la señal que viene de atrás. Este sería el típico patrón de micrófono cardioide (0 de sensibilidad, no levanta los sonidos que vienen de atrás y ayuda a entender en ruido). Aunque en una situación de ruido tiene mejor resultado el micrófono con patrón hipercardioide, ya que minimiza los sonidos de atrás y laterales y capta los provenientes de adelante. Este tiene 2 ángulos de sensibilidad a +- 125.

Aunque este tipo de avance fue importante, tampoco constituye la solución total del problema. Actualmente se están realizando investigaciones para comprobar los efectos que podría producir la combinación de la tecnología digital y la implementación de micrófonos múltiples.

Otra de las soluciones alternativas para resolver el problema de la discriminación en ruido son los sistemas FM, particularmente útiles para aumentar las posibilidades de comprensión en escuelas, conferencias, reuniones grupales, salas de cines, teatros, auditorios, etc. Estos sistemas tienen la capacidad de resolver aquellos obstáculos como son la distancia, la reverberación y el ruido de fondo, ya que el mismo anula el ruido ambiente de fondo y permiten captar directamente la fuente de donde proviene la voz o el sonido. Estos sistemas constan de un receptor y un transmisor, que actúan en forma combinada con la bobina telefónica del audífono. En algunos casos el receptor cumple la función de audífono de caja.

Estos sistemas tienen diferentes potencias y se adaptan a los diferentes grados de hipoacusia (siempre que el paciente tenga posibilidades de discriminación). A pesar de los grandes beneficios que proveen, ocurre que no son totalmente aceptados por cuestiones de tipo estéticas.

Resumiendo, podemos decir, que otra solución bastante favorable son las adaptaciones binaurales, ya que brindan una mejora adicional a la inteligibilidad. Ya sabemos cuáles son los efectos que tienen por separado tanto las adaptaciones binaurales como la utilización de micrófonos direccionales. Pero si se combinan el efecto binaural con el efecto direccional se conseguiría un resultado superior. A estos dos efectos sumados, se lo llama efecto sinérgico.

Podemos concluir, diciendo que en los últimos años, la tecnología ha concentrado su interés en mejorar la calidad de vida del paciente hipoacúsico y se han notado avances importantes. Sin embargo la tecnología no ha logrado aún el audífono que se comporte como el oído humano y sea un sustituto del mismo mejorando de esta manera la discriminación del lenguaje en el ruido.