



MUTUALIDAD
ARGENTINA DE
HIPOACÚSICOS

Curso virtual de postgrado
“Equipamiento audiotprotésico en adultos y niños”
MUTUALIDAD ARGENTINA DE HIPOACÚSICOS

MONOGRAFÍA

“Micrófonos direccionales: implementación para mejorar la discriminación de la palabra en ambiente ruidoso”

Ivana María Rabellino Zurano

Licenciada Fonoaudióloga

Julio de 2013



INTRODUCCIÓN

Uno de los temas abordados en el Simposio Internacional de Audiología, llevado a cabo los días 6 y 7 de septiembre de 2012 en el Palais Rouge, organizado por la MAH en conmemoración de su 60 aniversario, fue el motivo que impulsó el desarrollo del tema elegido en esta monografía. En la conferencia “*Audífonos hoy y mañana: entrevista a los desarrolladores*”, brindada por el Ing. Hugo Wainerman, se mostraron distintas entrevistas a representantes de las marcas más destacadas en el actual mercado de audífonos: Beltone, Risound, Oticon, Widex, Siemens, entre otras. A cada uno se le preguntaba cuáles eran los avances en la tecnología de audífonos que ellos consideraban como positivos y cuáles los negativos. Entre estos últimos, la gran mayoría de los entrevistados coincidió en que el tema de la *direccionalidad* era uno de los objetivos a abordar con miras a mejorar, para lograr un mayor beneficio en la vida real del usuario.

Teniendo en cuenta esta coincidencia de la *direccionalidad* como punto “negativo” o al menos controvertido en el avance de la tecnología de audífonos, decidí buscar información al respecto. Además de consultar diversas fuentes, y con el objetivo de investigar qué es lo que consideran los usuarios de audífonos en su experiencia cotidiana, he realizado una encuesta a pacientes que han utilizado por un mes un nuevo audífono.

Finalmente he llegado a la conclusión que se detallará al finalizar este trabajo.

DESARROLLO

El sistema auditivo humano es capaz de localizar numerosas fuentes sonoras aunque sólo estén separadas por unos pocos grados. Esto se logra gracias a las pequeñas diferencias en el tiempo de transmisión entre ambos oídos y el nivel de señal que llega a cada uno. De esta manera, en forma subconsciente, nuestro sistema nervioso analiza el ambiente auditivo, evaluando las señales que entran desde múltiples direcciones según su importancia aparente. En función de ello, se resaltan o se suprimen determinados sonidos, permitiendo así orientar la audición en una determinada fuente sonora. En este sentido, una persona con audición normal en ambiente ruidoso, necesita que la diferencia de relación S-R sea ± 5 dB; a $- 5$ dB puede entender el 50 % de las palabras y el 95 % de las oraciones. Pero cuando existe una pérdida auditiva, este proceso se ve interrumpido y pierde eficacia, lo que provoca una mayor dificultad tanto en la localización de las fuentes de sonido como en la supresión del ruido ambiente. Según un estudio realizado por Tillman y Carhart (año 1970), en una hipoacusia leve a moderada se necesitaría que la diferencia de relación S-R se incremente en 5 dB (es decir, a $+10$ dB), y en una hipoacusia de moderada a severa en 8 dB (a $+13$ dB). Esto demuestra el nivel de dificultad que tendrá el paciente hipoacúsico frente a una conversación en ambiente ruidoso.

Teniendo en cuenta que este es uno de los mayores problemas a los que debe enfrentarse la persona con pérdida auditiva, la cual espera solucionar dicha dificultad con el uso de audífonos¹, es importante conocer cómo la tecnología ha ido avanzando a lo largo de los años para hacer frente al problema.

En un principio, con los audífonos analógicos, el usuario contaba con una ayuda muy limitada en ambiente ruidoso, ya que en ellos únicamente se 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). El desarrollo de nuevos circuitos de Procesamiento Automático de la Señal significó un gran avance, abriendo nuevas posibilidades con el advenimiento de los audífonos programables y digitales, que permitieron el diseño y producción de prótesis multicanales. La posibilidad de dividir la señal en dos canales diferentes según el nivel de entrada, significó una mejoría para los usuarios fundamentalmente en relación a la molestia frente al ruido fuerte. Sin embargo no fue demasiado importante el beneficio en la discriminación de la palabra en ambiente ruidoso. Posteriormente, con la aparición del audífono digital se han incluido nuevas mejoras como la compresión adaptativa, compresión multibanda a través de diferentes bandas frecuenciales “independientes”, procesamiento BILL, TILL, WDRC, compresión silábica y micrófonos direccionales (sistema de micrófonos duales). Precisamente estos últimos se han convertido en la mejor herramienta que permite optimizar la discriminación de la palabra en ruido

¹ En la presentación de *“El usuario de audífonos y el ruido ambiente”* (Terceras Jornadas Internacionales Multidisciplinarias Sobre Violencia Acústica, Rosario, año 2000), la Lic. Sandra E. Olijavetsky y la Fga. Nilda Sanz, hacen referencia a dos estudios que ponen en evidencia lo mencionado anteriormente: en un estudio norteamericano realizado por Kuks Francis en 1996, se preguntó a los usuarios cuál era la primera característica que buscaban en un audífono, a lo cual un 88 % de los encuestados contestó que lo más importante era que “a veces” o “regularmente” en ambientes ruidosos pudieran comunicarse con los demás. Asimismo 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”.

ambiente -lo cual ha sido demostrado sistemáticamente por Dillon (2001) y Ricketts y Dittberner (2002)- mediante la obtención de una mejor relación señal-ruido.

La implementación de la tecnología multimicrófono o de micrófonos direccionales, hoy en día se ha convertido en un sistema estándar presente en todas las marcas de audífonos. El objetivo es tratar de minimizar las dificultades del usuario recuperando la capacidad de análisis del sonido pero, al no poder intervenir en el oído interno ni en el cerebro, su funcionamiento se basa en resaltar las señales que se consideran importantes y suprimir otras irrelevantes o incluso molestas, mediante un patrón de recepción del sonido que es más fuerte en la dirección delantera (llamada Look Direction o dirección de la vista o mirada) que en las otras. Como resultado, se obtiene una mejor relación S-R, que se ve traducido en un mayor beneficio en la percepción de la palabra.

Un micrófono direccional único también se denomina "micrófono de primer orden". Por motivos físicos, un micrófono direccional funciona con sensibilidad dependiente de la frecuencia, lo que significa que transmite las frecuencias más bajas con menos eficacia que las más altas. El ajuste de la respuesta en frecuencia como compensación eleva el nivel de ruido interno, lo cual es un problema para el usuario. Los sistemas de doble micrófono suelen utilizar dos micrófonos omnidireccionales para lograr una característica direccional de primer orden. En consecuencia, los sistemas multi micrófono en los audífonos digitales funcionan de modo omnidireccional en los graves y de modo direccional en los agudos. La direccionalidad para todas las frecuencias se utiliza en algunas situaciones acústicas determinadas en las que se entiende que el nivel elevado del ruido interno no es audible o no afecta a la inteligibilidad del habla. El desafío que presenta el ruido interno aumentado en los graves es más notorio aún en los sistemas de micrófono direccional de un orden superior, entre los que se incluyen las disposiciones de micrófonos triples y en serie.

Los sistemas de doble micrófono sencillos presentes en la mayoría de los audífonos (uno de ubicación frontal y el otro posterior) presentan límites específicos que las leyes de la física imponen. Al menos dos condiciones deben estar presentes: es importante que sea respetada la distancia entre micrófonos (ya que de otra manera no se cumple la igualdad del tiempo de viaje del sonido por el aire y el retardo), y que los micrófonos sean idénticos en cuanto a sus características (es decir que deben estar perfectamente apareados). Estos sistemas pueden estar en todos los modelos de audífonos exceptuando los intracanales CIC, debido a su pequeño tamaño. La gama de posibilidades direccionales o de patrones polares va desde una característica omnidireccional pura hasta una forma de ocho. En ambiente ruidoso existe la posibilidad de desactivar el micrófono posterior y dejar 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 patrón de micrófono cardioide (no se amplifican los sonidos que vienen de atrás y ayuda a entender en ruido), aunque en ambiente con ruido tendría mejor resultado aún el patrón hipercardioide, ya que minimiza los sonidos de atrás y laterales y capta los provenientes de adelante. No obstante, además de las señales que proceden directamente desde delante, también se incluyen con eficacia las que se encuentran en un ángulo hacia delante de aproximadamente +/- 60.

Para superar este fenómeno, el haz direccional debe ser más estrecho y sensible, lo que se puede conseguir con una mayor distancia entre los dos micrófonos. Sin embargo, esta estrategia también

tiene sus inconvenientes debido a que las cajas de los audífonos actuales tienen un tamaño muy reducido. Otra posibilidad sería aumentar el número de micrófonos conectados en serie, pero también han sido infructuosos los intentos al respecto.

Existen distintos tipos de direccionalidad:

Una posibilidad es el Patrón Fijo, en el cual, el usuario puede seleccionar mediante el conmutador de cambio de programa, las posiciones omnidireccional y direccional (en algunos casos esto también se puede realizar por medio de un control remoto). El patrón direccional es fijado desde la fábrica, por lo que no puede ser modificado.

Otra posibilidad es el Patrón Programable, en el cual el audioprotesista dispone de varias alternativas cuando realiza la programación. La elección por parte del paciente se realiza también mediante el conmutador de cambio de programa.

El tercer tipo es la Direccionalidad Automática (o Adaptativa), donde es el mismo audífono el que decide, en cada situación, el patrón que va a adoptar. Generalmente se asume que la señal útil incide desde el frente, pero el ruido puede tener una incidencia variable, lo que hará que el patrón pueda modificarse según el ambiente, variando desde bidireccional hasta cardioide. Cuando la señal detectada coincide con las características de un determinado algoritmo, el audífono cambia automáticamente a un modo direccional de manera que al localizar una fuente de ruido individual (por ejemplo un coche pasando por delante de un peatón), intenta reducir al máximo la ganancia hacia la localización de la fuente de ruido. Si el entorno es tranquilo o si la relación señal/ruido es muy favorable, se aplicará una respuesta omnidireccional. Si hay un cambio en el entorno que favorezca una respuesta direccional, éste se realiza en cuestión de segundos.

Otra posibilidad es la llamada Direccionalidad Natural (o Monitorizada), que elimina la necesidad de cambio de programa y se apoya en el hecho de que el cerebro prioriza los sonidos de las distintas fuentes utilizando un oído para centrarse al mismo tiempo que el otro se enfoca a la percepción periférica. De esta manera, el audífono en un oído permanece en modo direccional y se centra en la señal que está en el frente. El otro audífono funciona en modo omnidireccional y analiza los sonidos alrededor del usuario. La Direccionalidad Natural intenta restaurar la capacidad natural del cerebro de determinar qué escuchar, manteniendo el contacto con el entorno del usuario.

Actualmente, los sistemas inalámbricos han abierto nuevas oportunidades que se suman a los avances anteriores.

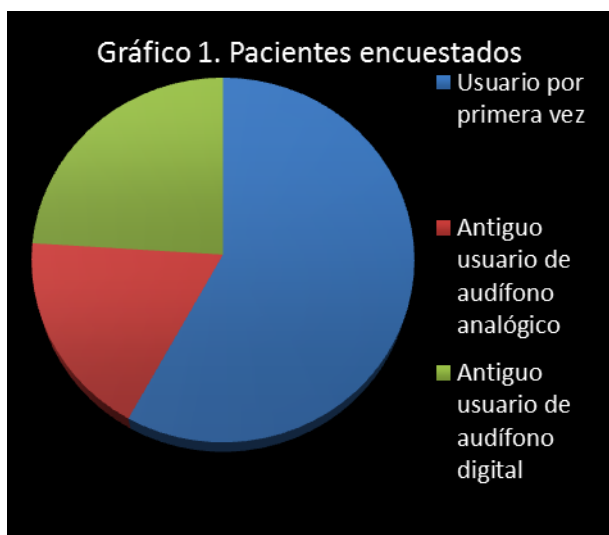
Por ejemplo, en algunos audífonos el usuario puede elegir, mediante un programa independiente, la orientación de la audición en otras direcciones aparte de hacia delante, por ejemplo hacia atrás o hacia uno de los lados. Para lograrlo deben producirse varios eventos a la vez. Si se quiere orientar la audición hacia la derecha, la sensibilidad del micrófono izquierdo se ve atenuada para que no perciba señales desde la izquierda, al tiempo que el audífono derecho adopta una configuración que garantiza la mejor recepción de señal desde la derecha. Las señales recibidas en el audífono derecho se transmiten por vía inalámbrica y en tiempo real al audífono izquierdo que se encarga de amplificarlas con el modelo de ganancia del audífono izquierdo. El resultado es que el usuario final oye la señal optimizada para señales procedentes del lado derecho y amplificadas en los niveles adecuados en ambos oídos.

En una adaptación binaural, también existe la posibilidad de vincular de manera inalámbrica los micrófonos direccionales de cada audífono, de manera de contar con 4 micrófonos que permiten obtener un haz direccional muy estrecho, adecuado para situaciones auditivas muy específicas en las que el oyente desea centrarse en un único orador aunque haya ruido molesto alrededor. Al igual que el anterior, se presenta como un programa independiente que puede ser seleccionado por el usuario cuando éste lo necesita. La vinculación inalámbrica de los audífonos y el intercambio de señales auditivas en tiempo real facilitan la orientación de la audición centrada en una persona concreta, al tiempo que se elimina el ruido molesto que interfiere y que procede desde la parte de atrás, los laterales e incluso también desde casi delante.

Pero pese a los grandes avances que la tecnología nos ofrece, las dificultades por las que atraviesa el usuario de audífonos no se han podido solucionar completamente. Se han realizado diferentes estudios para evaluar los efectos que estas estrategias producen en la vida real de los usuarios.

Según un estudio presentado por Shilpi Banerjee, de Starkey Laboratories, en el tercer “Taller de Discurso en Ruido: Inteligibilidad y calidad”, celebrado en la Universidad de Lyon en 2011, en el mundo real (fuera de laboratorio) la ventaja de la direccionalidad no sería tan clara. Este audiólogo planteó su investigación con el objetivo de investigar la influencia de la localización del ruido de fondo y el tipo de estímulo como factores que contribuyen a la discrepancia en la preferencia direccional entre el laboratorio y el mundo real. Según sus encuestas “el 38% de los usuarios de audífonos están insatisfechos” y “un 95% desean una mejora en el rendimiento de los audífonos en situaciones ruidosas”. Esto se suma a estudios anteriores citados por el mismo audiólogo según los cuales “los usuarios de audífonos prefieren la direccionalidad solo en el 25%”. En su estudio, Shilpi Banerjee demostró que la localización del discurso afecta a la preferencia direccional de los micrófonos, no así el ruido. Es decir, si el que ofrece el discurso está situado

enfrente del oyente, “la posición direccional es preferible cinco veces más que la omnidireccional”, mientras que si el hablante está detrás, el usuario del audífono preferirá el micrófono omnidireccional.



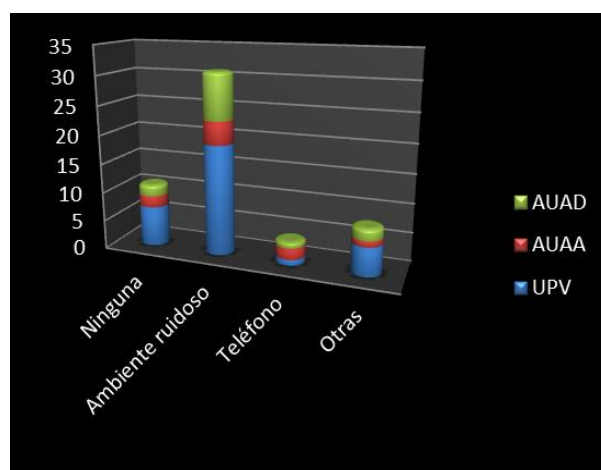
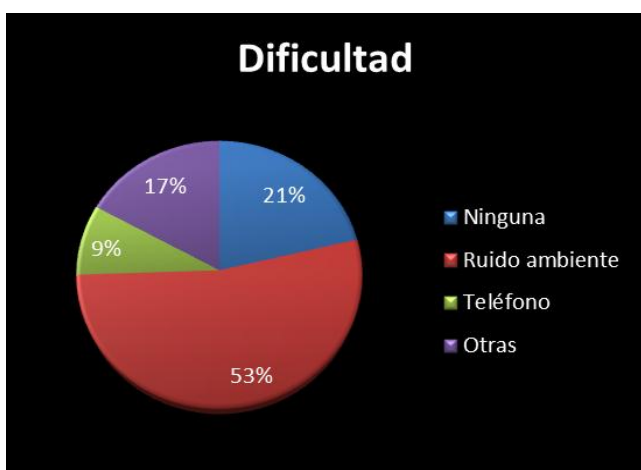
Con el objetivo de conocer las opiniones de los usuarios respecto al beneficio que les otorga el audífono en diferentes ambientes, y lo que ellos consideran como ventaja o inconveniente de la direccionalidad, he realizado una encuesta a 50 pacientes que concurrieron al turno de control luego de un mes de haberse entregado su/s

audífono/s.

Cabe destacar que, pese a las diferentes calibraciones requeridas para cada paciente, todos los audífonos entregados son digitales (se incluyen los modelos de Oticon: Acto Minirite, Acto Rite, Acto BTE, Acto BTE Power, Acto ITC, Chili SP7, Hit BTE, Hit BTE Power, Hit ITC, Tego BTE y Sumo DM; y de Beltone: Change 85) y cuentan con Direccionalidad Adaptativa en el Programa 1

básico (excepto 2 pacientes - ambos antiguos usuarios de audífonos analógicos – actualmente usuarios de audífono OTICON SUMO DM). Se trata de 50 pacientes adultos, para algunos es la primera vez que utilizan audífonos (UPV), mientras que otros son antiguos usuarios, ya sea de audífonos analógicos (AUAA) o de audífonos digitales (AUAD). Esto se puede observar en el gráfico 1.

La primera pregunta que se realizó fue cuál es la mayor dificultad que tienen con su audífono. Aquí la mayoría de los encuestados (ya sea usuarios por primera vez o antiguos usuarios de audífonos analógicos y digitales) coincidió en que el ruido ambiente es el mayor problema que deben enfrentar. Esto fue manifestado de diferentes maneras. En primer lugar el ruido ambiente fue identificado como murmullo, barullo, embrollo de voces, interferencia o descarga, voces en general de distintas personas hablando, tumulto, ruido de fondo; presente en distintos ámbitos como reuniones, clases, aire libre, la calle, fiestas, etc. Básicamente estos pacientes que



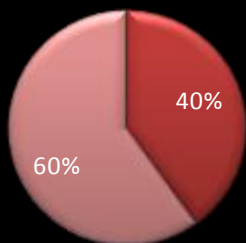
expresaron tal dificultad, refieren que no entienden cuando les hablaban porque el ruido les tapa las voces, que no entienden cuando hablan varias personas a la vez porque se genera una mezcla de ruidos, o que no entienden porque escuchan más fuerte lo lejano que lo cercano.

Otro tipo de dificultades manifestadas es el uso del teléfono. Esto fue identificado en mayor proporción por los antiguos usuarios de audífonos en comparación a los principiantes, seguramente porque estos últimos no identifican aún el teléfono como un elemento importante en relación al audífono, o incluso algunos prácticamente no lo han probado.

Algunos pacientes manifiestan otro tipo de problemas como dificultad en la localización de la fuente (1 paciente), dificultad para entender televisión (2 pacientes), dificultad en la colocación del molde (1 paciente), escasa duración de la pila (1 paciente), bloqueo del audífono ante el ruido de viento (2 pacientes), retumbe en la propia voz (1 paciente).

Satisfacción en ambiente Ruidoso. (Sólo incluye pacientes que consideran que la escucha en ambiente ruidoso es su mayor dificultad)

■ SI ■ NO



Es importante también tener en cuenta que muchos de los encuestados refirieron no tener ninguna dificultad (12 pacientes), sintiéndose muy conformes con el resultado del audífono. Sin embargo el 66,6 % de ellos, reconoce que les es más complicado entender en ambiente ruidoso, o que al menos al principio les costó acostumbrarse al ruido.

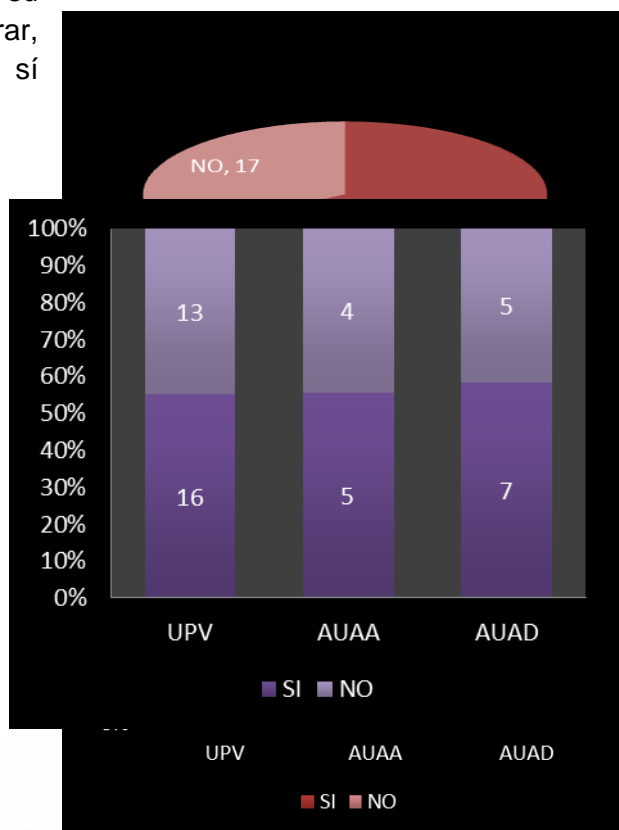
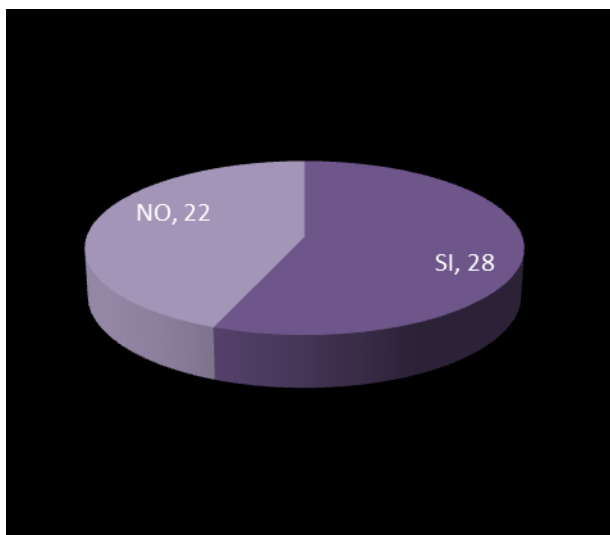
Pero pese a que el tema del ruido ambiente fue la dificultad más preponderante sobre todos los otros problemas citados, cuando se les preguntó si están o no satisfechos con la escucha en ambiente ruidoso la gran mayoría respondió que sí están conformes, ya que, a pesar de ser más complicado entender comparando con un ambiente silencioso, ahora escuchan cosas que antes no, y eso es positivo.

ahora escuchan cosas que antes no, y eso es positivo.

Cruzando datos entre las respuestas a las distintas preguntas, hay un detalle importante. Del total de pacientes que manifestaron que la escucha en ruido ambiente es su mayor dificultad, un 40 % manifestó sin embargo estar satisfecho en tales situaciones, ya que consideran que pese a todo, escuchan mejor así que sin audífono, que es un tema de acostumbramiento, o reconocen (gracias a su experiencia previa con audífonos) que es una dificultad con la que deben convivir para poder mejorar su calidad de vida.

Luego, se les preguntó a todos los encuestados si desearían mejorar el rendimiento del audífono en situaciones ruidosas. Poco más de la mitad, en las tres categorías de usuarios (UPV, AUAA y AUAD) coincidió afirmativamente. Esto indica que muchos de los que refirieron estar satisfechos en ambiente ruidoso (AR), preferirían mejorar su audición en tales situaciones. Y como es de esperar, todos los que refirieron no estar satisfechos, sí desean la mejora.

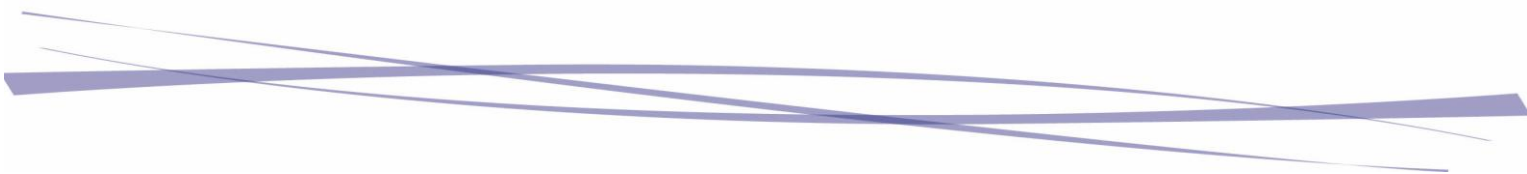
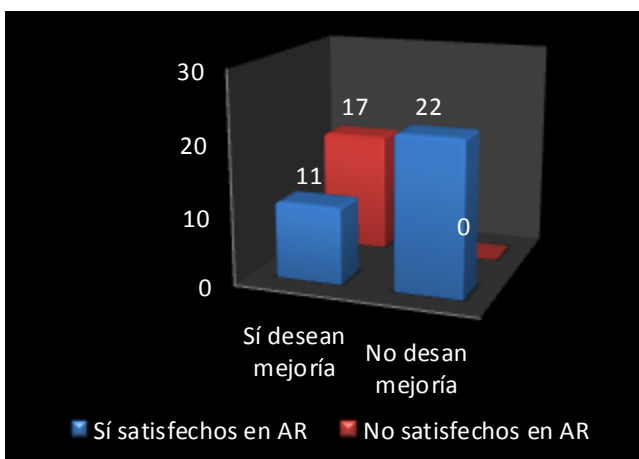
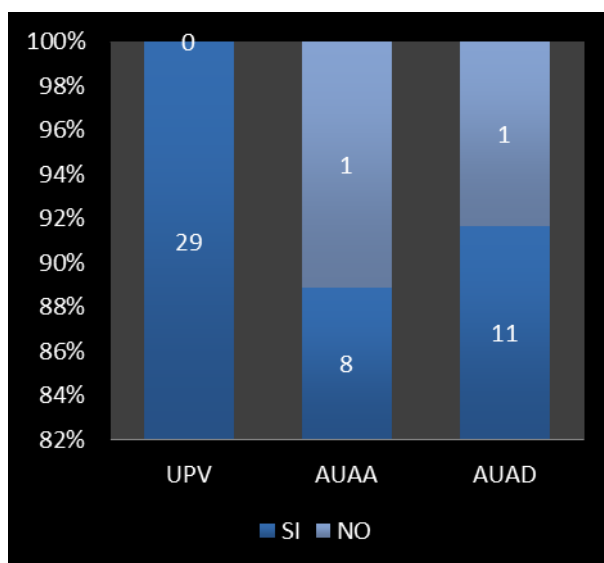
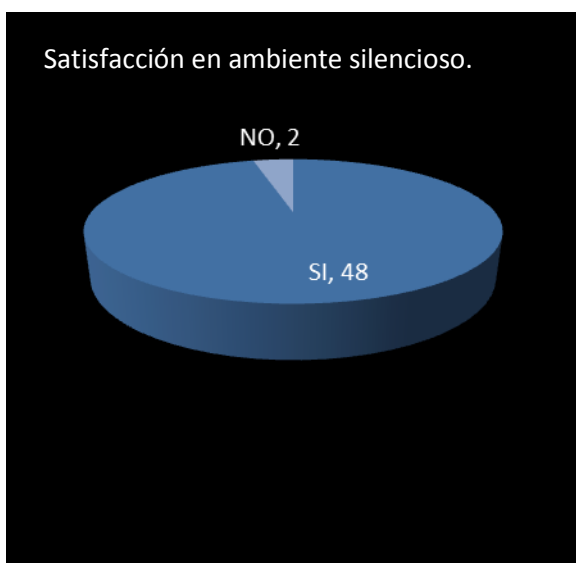
Gráfico. Desea mejorar rendimiento del audífono en



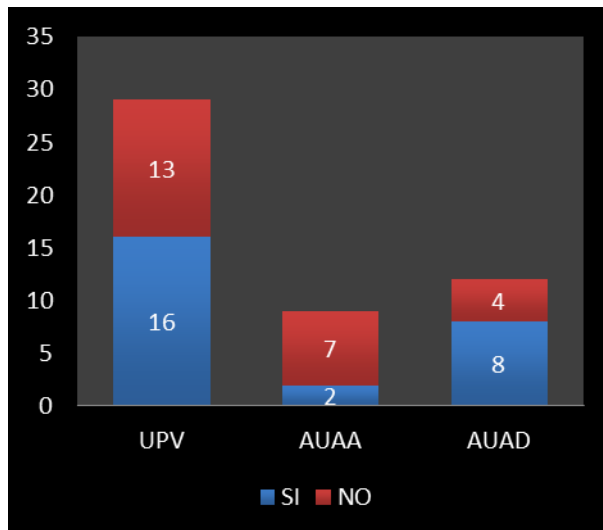
Sat

situaciones ruidosas.

Ante la pregunta de si estaban satisfechos con la escucha en ambiente silencioso, solo 2 de los encuestados respondieron que NO. Ambos eran antiguos usuarios de audífonos (uno analógico y otro digital). El primero manifestó que su anterior audífono era más “clarito”, y que con el nuevo le cuesta entender tanto en ambiente ruidoso como silencioso; el segundo refirió que no entiende cuando le hablan rápido, exista o no ruido de fondo. Exceptuando estos dos pacientes, la gran mayoría considera que escucha bien en ambiente silencioso, refieren que el audífono es claro, nítido, para algunos “normal”, y otros aclaran que si les hablan de lejos o muy rápido, aunque no haya ruido, ya no entienden. Esto último responde más a una característica propia de la pérdida auditiva, ya que estos pacientes presentaron curvas logaudiométricas con importantes problemas en la discriminación de la palabra.

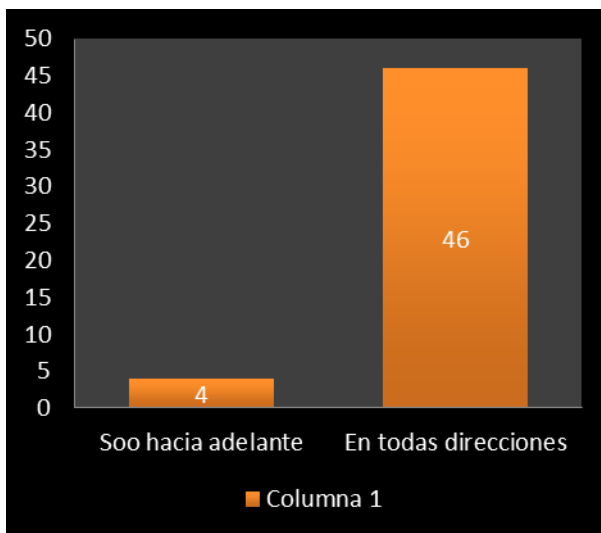


Haciendo referencia a la direccionalidad se les preguntó a los pacientes si preferían escuchar solo hacia adelante o en todas direcciones. Únicamente 4 personas expresaron que preferían la primera opción. Ellos manifestaron que les molestan los ruidos, que si no miran de frente al hablante o si no están en una posición cercana, no pueden entender, por eso creen que si escuchan sólo hacia adelante entienden mejor. Todos los demás prefieren escuchar en todas direcciones, ya que no siempre lo que desean oír se encuentra en la posición delantera y siempre es importante tener noción de lo que los rodea.



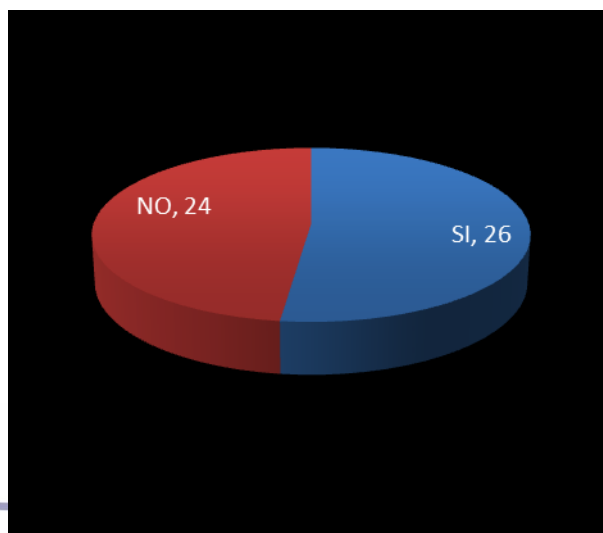
Por último se preguntó si lograban captar con el/los audífono/s la ubicación de las distintas fuentes sonoras. Aquí las respuestas fueron muy parejas: 26 personas dijeron que sí y 24 que no. Sí hay diferencias respecto a la experiencia previa.

Poco más de la mitad de los que usan audífono por primera vez, respondieron que sí logran captar la ubicación. Lo mismo ocurrió, aunque en una proporción algo mayor, entre los antiguos usuarios de audífono digital. Pero en los antiguos usuarios de audífono analógico, la gran mayoría refirió que no logran captar la ubicación de la fuente sonora. Esto puede deberse a la gran diferencia que provoca la implementación de los micrófonos direccionales en los nuevos audífonos digitales, y justamente, estos pacientes habituados a no contar con este sistema, deben enfrentarse a cambios que les resultan complejos, por lo que requieren mayor tiempo y esfuerzo para realizar la adaptación.



Mediante esta encuesta, se puede conocer entonces, algunas de las opiniones que expresan los usuarios de audífonos. Ellos son quienes han probado y experimentado en la vida real los adelantos de la tecnología. Muchos están conformes, pero más allá de los numerosos e importantes avances, las dificultades continúan presentes, sobre todo el problema de la escucha en ambiente ruidoso.

Como fue explicado anteriormente, los sistemas



direccionales buscan solucionar o mejorar este tipo de dificultades. Es evidente que para muchos usuarios los resultados de esta implementación es positiva, se sienten conformes con la nitidez de los audífonos aún en situaciones ruidosas, pero así y todo sienten que podrían mejorar más, que les es necesario reducir el ruido de fondo. Y también quedan muchos usuarios que no están conformes.

Habrá que ver si estos pacientes se ven beneficiados con otro tipo de estrategias (como los sistemas inalámbricos y direccionales mencionados) o si surgen nuevas opciones más eficaces todavía. Sin embargo hay que dejar en claro que los audífonos simplemente constituyen una *ayuda* para el paciente, pero la hipoacusia es una alteración que va a estar presente siempre, por lo tanto no hay manera (al menos por el momento) de solucionar definitivamente las dificultades.

CONCLUSIÓN

A lo largo de los años la tecnología ha ido avanzando notablemente, con el objetivo de mejorar la calidad de vida del paciente hipoacúsico.

Una de las mayores dificultades a la que se enfrentan a diario los usuarios de audífonos es la discriminación del habla en ambiente ruidoso. Para hacer frente a esto, se han desarrollado diversos sistemas que buscan obtener mayor eficacia en tales situaciones, como lo son los micrófonos direccionales presentes hoy en día en casi la totalidad de los audífonos, lo cual ha sido posible gracias al desarrollo de la tecnología digital.

Son muchos los beneficios, sin embargo hay que dejar en claro que el audífono es una prótesis y como tal, es una ayuda que nunca va a estar a la misma altura del oído normal. En muchos casos, el usuario no lo entiende así, y espera del audífono más de lo que éste le puede brindar, sin tener en cuenta que la hipoacusia va a continuar presente siempre. Estos pacientes no se encuentran satisfechos con su/s audífono/s y desearían mejorar su rendimiento en ambiente ruidoso.

Sin embargo son mayoría los pacientes que encuentran en el/los audífono/s la mejor manera de satisfacer sus necesidades de escucha, tanto en ambientes ruidosos como silenciosos. Ellos saben que pese a las dificultades han mejorado su calidad de vida, ya que ahora escuchan cosas que antes no podían, aunque no por eso dejan de anhelar una mejora si fuera posible. Los resultados de las encuestas realizadas coinciden con los estudios citados de Shilpi Banerjee: más de la mitad de los usuarios están satisfechos con la escucha en ambiente ruidoso (en mis encuestas un 34 % está insatisfecho, y para Shilpi Banerjee un 38%). No son tan coincidentes los resultados respecto a si los usuarios desearían mejorar el rendimiento en tales situaciones. Mientras que para Shilpi Banerjee un 95 % lo desea, en mis encuestas es el 56 % de los pacientes.

En definitiva, los avances en la tecnología continúan y continuarán optimizando la eficacia de los audífonos. Es el deseo de todos (paciente, audioprotésista y fabricante de audífonos) obtener mayores logros, pero no hay dudas de lo mucho que se ha hecho hasta la actualidad.

BIBLIOGRAFÍA

- “*El usuario de audífonos y el ruido ambiente*”, Lic. Sandra E. Olijavetsky y Fga. Nilda Saenz. Terceras Jornadas Internacionales Multidisciplinarias Sobre Violencia Acústica; Rosario, año 2000.
- “*Aplicación de las nuevas tecnologías en audífonos*”. Fga. Silvia V. Espinazo. Curso virtual de postgrado Equipamiento audioprotésico en adultos y niños; Módulo 2.
- <http://www.belton.es/tecnologia.php?tecnologia>. “*Sistemas direccionales*”.
- <http://quieroair.wordpress.com/2012/06/20>. “*Los usuarios de audífonos prefieren la direccionalidad cinco veces más que la omnidireccionalidad*”. Año 2012
- http://www.phonakpro.com/content/dam/phonak/b2b/C_M_tools/Library/background_stories/es. “*Direccionalidad binaural. La comunicación inalámbrica abre las puertas a un enfoque totalmente novedoso en los sistemas multi micrófono direccionales*”. Año 2010.
- <http://www.mejoramostuaudicion.com/blog/?p=1618>. “*El audífono con sonido envolvente*”.
- www.bernafon.com. “*Direccionalidad Adaptativa*”.
- <http://www.gnresound.es/profesionales/technology-and-innovation/surround-sound-by-resound/directional-options>. “*Procesado de Mix Direccional*”.
- http://www.audiopacks.es/audicion/prestaciones_avanzadas_eapro_193_2.html. “*Tecnología de micrófonos direccionales*”.