

PREMIO DE INVESTIGACIÓN EN DEFICIENCIAS AUDITIVAS FIAPAS 2014 Área de Sanidad

*Método de asignación de frecuencias
para la mejora de la percepción musical
en pacientes con implante coclear*



Por Dr. Juan Carlos Falcón González, Dra. Silvia A. Borkoski Barreiro y
Dr. Ángel Ramos Macías en representación de la Unidad de Hipoacusia del Complejo
Hospitalario Universitario Insular Materno - Infantil (Las Palmas de Gran Canaria)

1. INTRODUCCIÓN

Es comprensible que el implante coclear (IC) ha sido diseñado para permitir la percepción del habla cuando esta se presenta en silencio. Mientras que el éxito se ha logrado en la entrega del habla en silencio, su desempeño en la entrega de la música y el habla con ruido de fondo es menos ideal. Es generalmente aceptado que la percepción musical es una tarea difícil para los usuarios de implantes cocleares, por lo que los esfuerzos para mejorarla son de suma importancia.

Como era de esperar, existe una disminución en los hábitos de escucha musical postimplantación con relación a situaciones anteriores a la sordera, que no están relacionadas con las variables demográficas, ni exactitud de percepción de patrones tonales y rítmicos.⁽¹⁾

Si bien entendemos que la percepción de la música se trata de una experiencia subjetiva, hay propiedades físicas de la misma que pueden ser evaluadas y controladas de manera objetiva, como puede ser la discriminación de altura, el reconocimiento de melodía a través de un instrumento y el reconocimiento del instrumento por la percepción del timbre.^(2, 3)

Los usuarios de implantes cocleares sitúan la música como el segundo estímulo acústico más importante al lado de la comprensión del habla, por lo que mejorar la percepción de la música podría tener un impacto muy positivo en las vidas de los pacientes implantados, no solo por proporcionar el disfrute de la música, sino también por la mejora de la audición general y comprensión del habla en ambientes tranquilos y ruidosos.⁽⁴⁾

El ajuste adecuado del procesador de habla del implante coclear, es de vital importancia para proporcionar una buena calidad de la percepción del sonido y de la inteligibilidad de la voz. Es una tarea difícil basada en respuestas subjetivas a estímulos presentados en los diferentes canales del haz de electrodo, información subjetiva de escucha, aportada por el paciente que es importante tenerla en cuenta.⁽⁵⁻⁹⁾

Partiendo de esta base, este trabajo pretende avanzar hacia el desarrollo y la validación de un método de programación de los implantes cocleares en el que se implementa una estrategia de asignación frecuencial en aquellos canales del haz de electrodo del implante coclear en los que se encuentra las frecuencias de la nota fundamental así como la variación en los canales cuyas frecuencias representan los diferentes armónicos de cada fundamental, por lo que se han planteado las siguientes hipótesis y objetivos:

2. HIPÓTESIS

Hipótesis 1: Los pacientes con programación frecuencial del implante coclear asignada a la fundamental tienen mejor percepción y reconocimiento musical.

Hipótesis 2: Los pacientes con una modalidad de estimulación bilateral, tendrán mejor percepción en las tareas de los reconocimientos de instrumentos musicales.

3. OBJETIVOS

1. Evaluar y comparar el desempeño para el reconocimiento instrumental en pacientes con implantes cocleares en sus diversas modalidades de estimulación.
2. Identificar las variables que puedan estar determinando un mejor desempeño, a fin de promover la optimización de la percepción musical.
3. Conocer las dificultades en cuanto al reconocimiento de instrumentos y de patrones musicales, pitch, y armonía.
4. Crear programas de asignación y modificación frecuencial en la fundamental, asignada al implante coclear y comparar con los programas elaborados de forma estándar.

4. MATERIAL Y MÉTODO

4.1. Población y muestra

En este estudio se ha llevado a cabo una evaluación y comparación para el reconocimiento instrumental así como para conocer las dificultades en los diferentes patrones musicales, pitch y armonía, en 60 pacientes con hipoacusia neurosensorial severa profunda, con edades comprendidas entre 18 y 69 años, portadores de implante coclear en sus diferentes modalidades.

22 pacientes portadores de implante coclear unilateral, 18 pacientes con implante coclear bilateral y 20 pacientes con implante coclear unilateral más audífono contralateral (bimodal), todos atendidos en la Unidad de Hipoacusia del Servicio de Otorrinolaringología del Complejo Hospitalario Universitario Insular Materno Infantil de Las Palmas de Gran Canaria, entre marzo de 2010 y marzo de 2011.

La percepción musical, es una tarea difícil para los usuarios de implantes cocleares

4.2. Recogida de datos y variables analizadas

Los instrumentos utilizados en el presente estudio son los siguientes:

- 4.2.1 Formulario hoja de seguimiento:** permite ubicarnos y hacer un seguimiento de cada momento en el que nos encontramos en el estudio.
- 4.2.2 Formulario del perfil otológico y audiológico:** donde se registran datos de la hipoacusia: etiología, edad de inicio, modo de inicio, duración, tipo y grado de hipoacusia (ambos oídos), presencia o no de acúfenos. Datos de

prótesis auditiva: tipo, tiempo de adaptación, modalidad de estimulación (acústica, eléctrica, bimodal). Implante coclear: tiempo de activado, tipo de implante, procesador, estrategia de codificación, electrodos activos, programa en uso, parámetros (volumen, sensibilidad).

- 4.2.3 Test de pruebas audiológicas:** se registra audiometría tonal previa al equipamiento entre 250 Hz y 8000 Hz en ambos oídos. Audiometría tonal a campo libre con prótesis auditiva entre 250 Hz y 8000 Hz en ambos oídos. Logaudiometría a campo libre con prótesis auditiva a 65 dB HL en silencio sin lectura labial. Porcentaje de discriminación de frases cotidianas a campo libre, en silencio, sin lectura labial a 65 dB HL. Ajuste y optimización del programa (MAPA) estándar, previo a la modificación.

4.2.4 Cuestionario de Música de Múnich

Se trata de un test específico para registrar hábitos musicales en personas con sordera postlingual, después de la implantación coclear. Consta de un total de veinticinco preguntas, haciéndose especial énfasis en la frecuencia con la que el paciente escucha la música y sobre el papel que juega o ha jugado la música en su vida en las tres situaciones, previa a la aparición de la hipoacusia, instaurada la hipoacusia pero sin implante coclear y una vez implantado.

4.2.5 Software "MACarena" (Minimum Auditori Capability)

Este programa es la herramienta de trabajo con la que se hace la valoración y evaluación sobre el reconocimiento de instrumentos y patrones musicales. El software dispone de diferentes apartados donde se evalúan y valoran los patrones musicales que en este estudio se han llevado a cabo. Todas las pruebas han sido presentadas a los pacientes de los diferentes grupos, a una intensidad de 65 dB SPL y con una relación señal ruido de 0 dB SNR.

Se relaciona a continuación los diferentes test seleccionados para el estudio, dentro de la variabilidad de los que dispone el programa:

a) Reconocimiento de instrumentos: en la prueba de reconocimiento de instrumentos, se utilizan grabaciones de músicos profesionales de la Orquesta de la Ópera de Zúrich. Toca la melodía de la canción de Suecia "¿Quién puede navegar sin el viento?" ("Vem kan Segla vind förutan?") durante cinco segundos, con un mismo ritmo y articulación. Se muestra una pantalla con ocho instrumentos; trompeta, trombón, flauta, clarinete, violín, violonchelo, guitarra y piano. Cada vez que suena un instrumento el paciente hace la selección del que cree que está reproduciendo la melodía. Una vez seleccionado se vuelve a reproducir la misma melodía pero generada por otro instrumento de forma aleatoria. El total de pase de muestra en el test es de 32 muestras, repitiéndose cuatro veces cada uno de los instrumentos.

b) Reconocimiento discriminación de tono (pitch 12 semitonos): consiste en pasar ocho veces, dos tonos diferentes a 65 dB SPL con una relación de señal ruido de 0 dB SNR en un rango de doce semitonos. Los pares de tonos para esta prueba se organizan en tonos de tres bandas de frecuencia en la 3ª, 4ª y 5ª octava y los rangos e intervalos de frecuencia se mezclan al azar y se muestran de forma aleatoria. El paciente debe seleccionar en cada uno de los pases ¿qué tono es más agudo?

c) Reconocimiento de escalas de tono: incluye contornos de dos octavas y tres distancias de tono, mostrándose al paciente la posibilidad de seleccionar entre cinco curvas: ascendente, plano, descendente y la combinación ascendente-descendente, descendente-ascendente.

d) Reconocimiento de armónicos: se presentan dos acordes que son ejecutados de forma independiente en cada pase, repitiéndose un total de treinta veces, ante esto el paciente debe responder si el primer acorde o el segundo se han desempeñado correctamente, es decir si "suena armónico".

4.2.6 Implante coclear utilizado: todos los pacientes incluidos en el estudio están implantados con dispositivo Nucleus 24 de Cochlear.

4.2.7 Estrategias de codificación: las estrategias de codificación o de procesamiento de la señal que usan los pacientes de los diferentes grupos del estudio es ACE (Advanced Combination Encoding).

4.2.8 Software de programación: se ha utilizado la plataforma de programación Custom Sound Suite de Cochlear, en su versión 3.2; se ha optimizado y revisado el programa que lleva el paciente previamente antes de proceder a la creación del programa frecuencial.

5. PROGRAMACIÓN FRECUENCIAL

En el ajuste del MAPA de programación frecuencial del procesador de los pacientes incluidos en el estudio, se trabaja en:

1. La elección de los electrodos que deben estar activados. Electrodos extracocleares y electrodos situados en zona de escasa población neuronal, deben ser desactivados. Disponemos aquí de las herramientas propias del software de programación, la telemetría de respuesta neural y la medición de impedancias.
2. Estimación de los niveles T y balanceo de los niveles C: se trabajará localizando, de manera precisa, el mínimo nivel de estimulación que el paciente puede percibir en cada canal o umbral perceptual de los impulsos eléctricos (T-level). La información necesaria se obtiene de respuestas

subjetivas de los pacientes a una serie de estímulos presentados en los diferentes electrodos y con diferentes niveles. Se realiza el balanceo de los canales y se reduce en un 25% ambos niveles. Posteriormente se irán incrementando los niveles C de forma conjunta hasta llegar a un rango dinámico inicial de 47 *current level* y se tenderá a estabilizar entre 49 y 51 *current level*, conforme el paciente vaya adquiriendo experiencia en la utilización de su ayuda auditiva. Esto permite aumentar la resolución en intensidad.

3. Modificación de bandas y ganancias frecuenciales:

- Para tratar la fundamental, al canal 22 se le asigna en la tabla de frecuencias entre 205 y 210 Hz. Realzamos la presencia de graves. Se inicia a partir de 205 Hz ya que por debajo de 200 Hz el sonido es pobre.
- Se trabaja la fundamental o primer armónico entre los canales 12 y 22 donde asignamos entre los 205 Hz y los 2 kHz en la tabla de frecuencias. Las modificaciones frecuenciales dentro de este rango de frecuencias se realizan en pasos de 50 Hz en la asignación frecuencial aguda de cada canal.
- En el grupo de canales 21-20-19 y 18, trabajamos las frecuencias comprendidas entre 250 Hz y 500 Hz rango. Posteriormente se incorporan los electrodos 17 y 16 tomando como referencia las frecuencias comprendidas entre 400 Hz y 1000 Hz donde se encuentra la mayoría de los elementos en la música como son voces, guitarras y teclados.
- El siguiente grupo de electrodos incluye con el anterior los electrodos 15-14-13 y 12 tomando como referencia las frecuencias comprendidas entre 800 Hz y 2000 Hz siendo esta el área más difícil de controlar.
- Para tratar el resto de armónicos se debe modificar con especial cuidado el énfasis entre los canales 1 y 11. Las frecuencias susceptibles de modificación están comprendidas entre los 2 kHz y 7,9 kHz. Las modificaciones frecuenciales se harán también en pasos de 50 Hz en la asignación frecuencial aguda de cada canal.

- El siguiente grupo de electrodos es 11-10-9-8-7 y 6 tomando como referencia las frecuencias comprendidas entre 2000 Hz y 4000 Hz. Demasiado realce en esta área nasaliza la voz.
- El último grupo es grupo de electrodos 5-4-3-2 y 1 tomando como referencia las frecuencias comprendidas entre 4000 Hz y 8000 Hz encontrándose aquí la claridad de las voces por lo que demasiado realce produce "seseo".

Los usuarios de implantes cocleares sitúan la música como el segundo estímulo acústico más importante al lado de la comprensión del habla

6. PROCEDIMIENTO

- Se hizo la selección de pacientes atendiendo a los criterios generales y específicos de inclusión para el estudio, de cada grupo en sus diferentes modalidades, implante coclear unilateral, implante coclear bilateral e implante coclear más audífono.
- Se realizó una primera visita donde se le hizo entrega al paciente del formulario del consentimiento informado. Se revisa y optimiza el programa (MAPA) que habitualmente viene utilizando el paciente.
- En un plazo no inferior a 10 días los pacientes fueron citados para entregarles el "Cuestionario de música de Múnich" a través del cual se recogen los datos relativos a la experiencia musical del participante.
- En esta segunda cita se les pasó el Test MACarena con su MAPA (estándar) en uso optimizado; y se les reprograma el procesador utilizando asignaciones frecuenciales (programación frecuencial) que deberá usar durante un periodo mínimo de un mes para su adaptación.

- La tercera cita del paciente se hace a los dos meses de reprogramado, se recoge el "Cuestionario de música de Múnich" y se pasa el Test MACarena con el MAPA de asignación frecuencial.
- Para realizar el Test MACarena en ambas citas utilizamos: cámara sonoamortiguada con precabina, altavoces AMBIT 106 Loud Speaker EU, Ecler S.A., amplificador Rotel RA02 60w x 2. Todas y cada una de las pruebas y test se han realizado por el mismo profesional, que desconoce el tipo de programación que el paciente está utilizando en el momento de realizar los test, no existiendo variaciones interobservador.

7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS

Para el análisis estadístico de los datos y dentro de los grupos considerados, las variables categóricas se resumieron en frecuencias absolutas y porcentajes y las numéricas en medias y desviaciones típicas así como en medianas y rangos intercuartílicos (IQR=P75-P25) según se diesen o no los supuestos de normalidad. Los porcentajes se compararon utilizando el test de la ji-cuadrado, las medias a través del test de la t-Student y las medianas mediante el test de Wilcoxon o el test de Mann-Whitney (muestras relacionadas o independientes según sea el caso). Para comparar las medias o las medianas para más de dos grupos se utilizaron el ANOVA o el test no paramétrico de Kruskal-Wallis para muestras independientes.

8. RESULTADOS

8.1 Análisis descriptivo

La muestra está constituida por 60 pacientes, de los cuales 30 (50%) eran hombres y 30 (50%) mujeres.

En cuanto al modo de aparición de la hipoacusia nos encontramos que de la totalidad de la muestra, presenta mayor incidencia la hipoacusia progresiva con un total de 42 pacientes (70,10%), otros 12 pacientes (20,02%) presentaron una hipoacusia súbita y 6 pacientes (9,88%) una hipoacusia fluctuante/progresiva.

La muestra queda distribuida en tres grupos: 22 pacientes con Implante Coclear Unilateral (ICU), 11 (50%) hombres y 11 (50%) mujeres. La edad media fue de 35,82 (rango de 19 a 48 años).

18 pacientes con Implante Coclear Bilateral (ICB), 10 (55,56%) hombres y 8 (44,44%) mujeres. La edad media fue de 45,61 (rango de 33 años a 69 años).

20 pacientes con Implante Coclear más Audífono contralateral (IC+A), 9 (45%) hombres y 11 (55%) mujeres. La edad media fue de 51,35 años (rango de 32 años a 68 años).

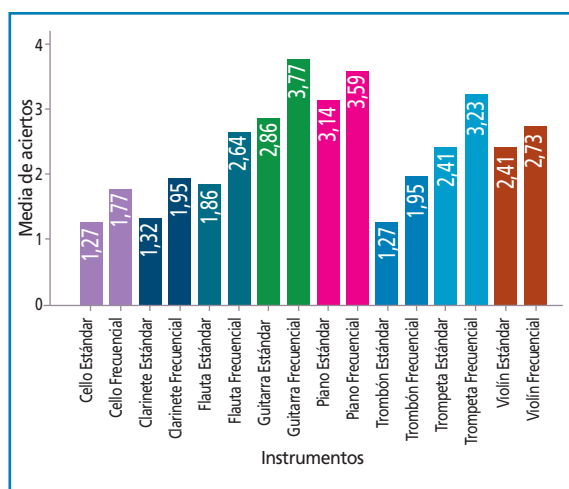


8.2 Análisis de los resultados

8.2.1 Asociación entre las variables que componen el test de reconocimiento instrumental, pitch y armónicos. Datos comparativos entre la programación de forma estándar vs. programación frecuencial, obtenidos mediante el test no paramétrico de Wilcoxon para datos apareados.

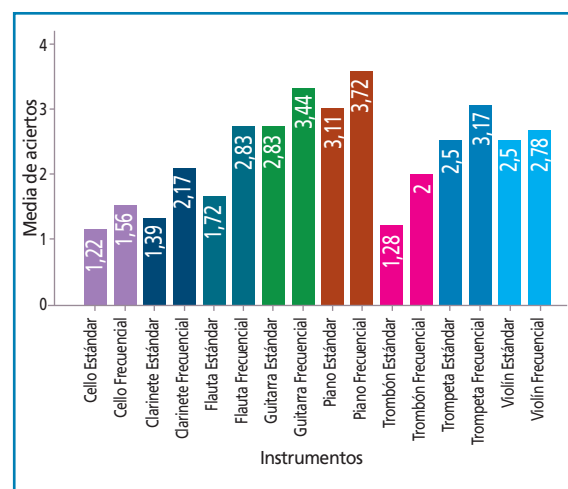
Observamos que el reconocimiento de instrumentos en los pacientes con ICU presenta mejores resultados cuando se les aplica la programación frecuencial frente a la programación estándar ($p < 0,05$). **Gráfico 1.**

Gráfico 1. Programación estándar vs. programación frecuencial en el reconocimiento de instrumentos en pacientes con ICU ($P < 0,01^*$)



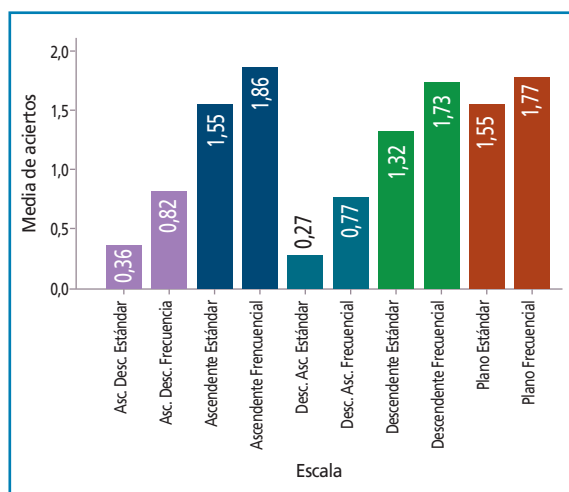
En los pacientes con ICB se observan también mejores resultados cuando se les aplica la programación frecuencial frente a la programación estándar para el reconocimiento de instrumentos ($p < 0,05$). **Gráfico 3.**

Gráfico 3. Programación estándar vs. programación frecuencial en el reconocimiento de instrumentos en pacientes con ICB ($P < 0,01^*$)



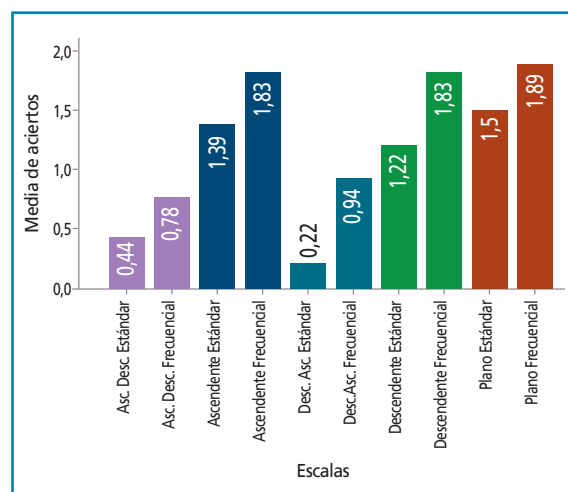
Dentro del reconocimiento de las escalas tonales, se obtienen claramente mejores respuestas cuando se presentan al paciente con la programación frecuencial frente a la programación estándar ($p < 0,05$). **Gráfico 2.**

Gráfico 2. Programación estándar vs. programación frecuencial en el reconocimiento de escala en pacientes con ICU ($P < 0,01^*$)



Dentro del reconocimiento de las escalas tonales, en el grupo de pacientes con ICB, se observan claramente mejores respuestas cuando se presentan las escalas al paciente con la programación frecuencial frente a la programación estándar ($p < 0,05$). **Gráfico 4.**

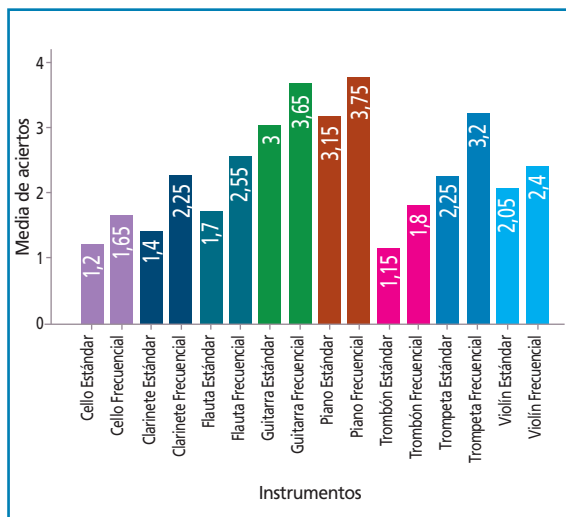
Gráfico 4. Programación estándar vs. programación frecuencial en el reconocimiento de escala en pacientes con ICB ($P < 0,01^*$)



El ajuste adecuado del procesador de habla del implante coclear, es de vital importancia para una buena calidad de la percepción del sonido

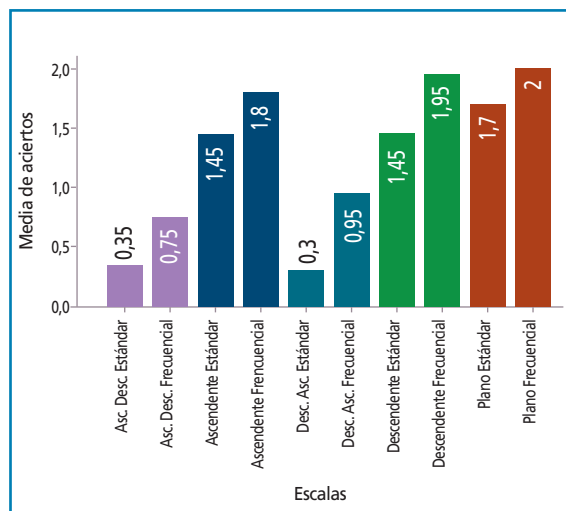
En el grupo de pacientes de implante coclear más audífono contralateral, sistema bimodal, se observa de forma significativa, que en el reconocimiento de los instrumentos, todos los resultados son mejores cuando se hace con la programación frecuencial frente a la programación estándar ($p < 0,05$). Se muestra una mejora e incremento en las medias de los resultados de los instrumentos reconocidos con relación a los grupos de ICU e ICB. No obstante en cuanto al reconocimiento del cello el comportamiento es análogo en todos los grupos siendo el instrumento que peor se reconoce. **Gráfico 5.**

Gráfico 5. Programación estándar vs. programación frecuencial en el reconocimiento de instrumentos en pacientes con IC+A ($P < 0,01^*$)



Dentro del reconocimiento de las escalas tonales, en el grupo de pacientes con implante coclear más audífono contralateral, se observan claramente mejores respuestas cuando se presentan las escalas al paciente con la programación frecuencial frente a la programación estándar ($p < 0,05$). **Gráfico 6.**

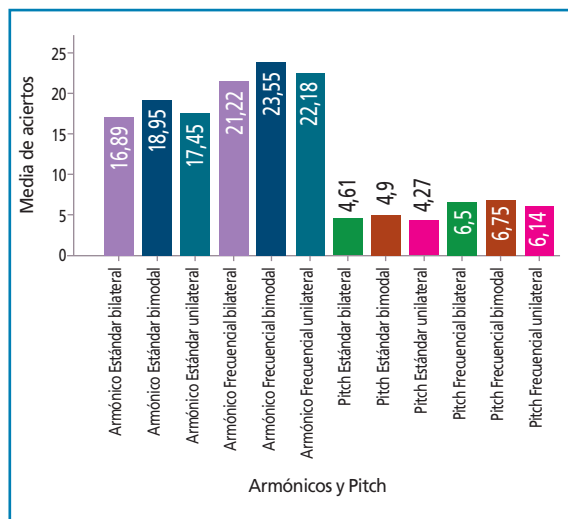
Gráfico 6. Programación estándar vs. programación frecuencial en el reconocimiento de escala en pacientes con IC+A ($P < 0,01^*$)



Tanto en el reconocimiento de armónicos como en el pitch, en los tres grupos de pacientes, ICU, ICB e IC+A, cuando se realiza el test con una programación frecuencial frente a la programación estándar, se obtienen mejores resultados ($p < 0,05$), consiguiéndose diferencias bastante significativas que cuando se realiza con programación estándar.

Gráfico 7.

Gráfico 7. Programación estándar vs. programación frecuencial en el reconocimiento de armónicos y pitch en todos los grupos ($P < 0,01^*$)



8.2.2 Asociación entre las variables que componen el Cuestionario de música de Munich, con los diferentes grupos ICU, ICB, IC+A.

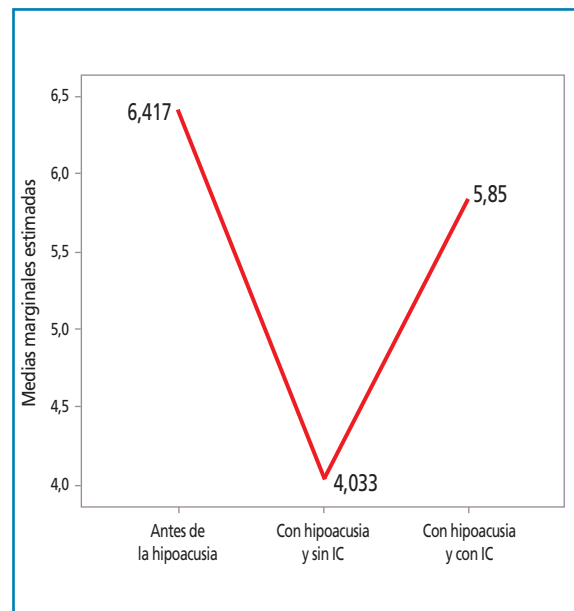
En la descripción del estudio de la variable "frecuencia con la que escucha y/o ha escuchado música", se observa que antes de presentar la hipoacusia, la media es de 6,783 ($dt = 0,254$), al instaurarse la pérdida auditiva pero sin tener implante coclear, la media disminuye significativamente a 4,067 ($p < 0,001$) ($dt = 0,300$), y una vez puesto el implante coclear la media se recupera y pasa a ser como en la situación previa a la hipoacusia siendo esta de 6,383 ($dt = 0,350$).

Se aprecia que cuando se instaura la hipoacusia, el paciente deja de percibir y de mostrar interés por la escucha de la música, recuperándose posteriormente una vez que al paciente se le coloca el implante coclear y hace uso del procesador de sonido. Todo esto se aprecia perfectamente considerando los intervalos de confianza que se muestran.

El comportamiento de los resultados en la variable "papel que jugó y/o juega la música en su vida", es análogo a los resultados mostrados con la variable anterior, antes de presentar la hipoacusia, la media es de 6,417 ($dt = 0,265$), al instaurarse la hipoacusia pero sin tener implante coclear, la media disminuye significativamente a 4,033 ($p < 0,001$) ($dt = 0,295$), y una vez puesto el implante coclear la media se recupera y pasa a ser como en la situación previa a la hipoacusia del paciente, siendo esta de 5,850 ($dt = 0,299$), apreciándose perfectamente y teniendo en cuenta los intervalos de confianza reflejados.

Gráfico 8.

Gráfico 8. ¿Qué papel jugó/juega la música en su vida?



Dentro de la variable “¿Cómo suena la música con su implante coclear?” se definen cinco ítems diferentes pero a su vez complementarios. Se aprecia cómo los intervalos existentes entre las diferentes medias están próximos, observándose cómo los pacientes con el implante coclear son capaces de percibir la música de forma “agradable” con una media de 6,467 (dt = 0,213), siguiéndole “natural” con una media de 6,400 (dt = 0,238), “un poco resonante” con una media de 5,933 (dt = 0,240) y encontrándose por debajo de la media el ítem “diferente” con una media de 4,817 (dt = 0,293) y “poco metálica” cuya media es de 4,617 (dt = 0,324). *Tabla 1.*



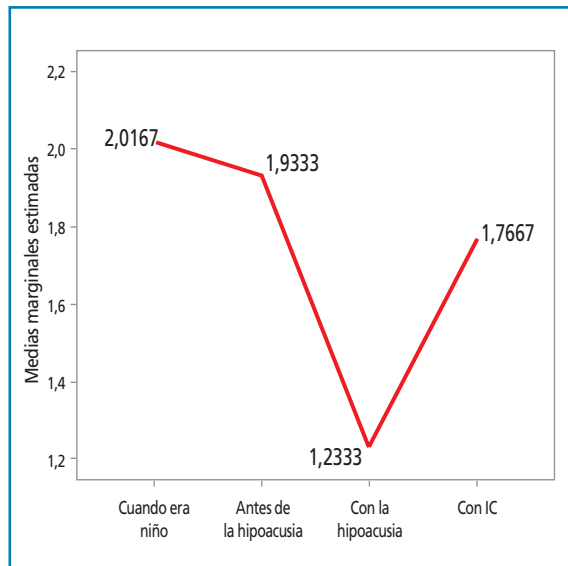
Tabla 1. ¿Cómo suena la música con su implante coclear?

	Media	dt	Intervalo de confianza 95%	
			Límite inferior	Límite superior
Natural	6,400	,238	5,924	6,876
Agradable	6,467	,213	6,040	6,893
Diferente	4,817	,293	4,231	5,402
Poco metálica	4,617	,324	3,968	5,265
Un poco resonante	5,933	,240	5,453	6,413



En cuanto a la experiencia en el uso de instrumentos musicales, en el estudio de la variable “¿toca algún instrumento o ha tocado en algún momento?”, se han observado valores que demuestran la falta de experiencia con los mismos, de forma generalizada en los tres grupos ICU, ICB, IC+A. En la respuesta “cuando era niño” la media es de 2,016 (dt = 0,300), antes de presentar la hipoacusia, la media es de 1,933 (dt = 0,263), al aparecer la hipoacusia pero sin tener implante coclear la media es de 1,233 (dt = 0,087), y una vez puesto el implante coclear la media es de 1,766 (dt = 0,264). *Gráfico 9.*

Gráfico 9. ¿Toca o ha tocado algún instrumento?



En el estudio de las variables de reconocimiento de frecuencias graves y agudas así como de la formación en audición musical, de los 60 pacientes, un total de 53 (88,33%) logran diferenciar entre notas graves y/o agudas frente a 7 (11,67%) que no las diferencia. Así como se ha observado el desconocimiento en el manejo de instrumentos musicales, 51 pacientes (85,00%) no ha recibido educación ni formación musical, siendo 9 (15,00%) los pacientes que sí la han recibido. No obstante en cuanto a si los pacientes han practicado algún tipo de audición musical, después de recibir su implante coclear, un total de 52 pacientes (86,67%) manifiestan que sí, frente a 8 pacientes (13,33%) que no han practicado.

En la descripción del estudio de las variables sobre *"los elementos musicales que puede oír"* se observa que 51 pacientes (85,00%) manifiestan oír "tonos agradables, el ritmo y la melodía", un total de 4 (6,7%) escuchan tonos agradables pero no diferencian la melodía, 3 (5,0%) oyen tonos agradables y la melodía y 2 (3,3%) escuchan tonos agradables y el ritmo. Ninguno de los pacientes ha manifestado escuchar, aunque sí logra percibirlos, solo tonos desagradables.

Dentro del estudio de la variable *"¿por qué escucha música?"* se incluyen siete ítems con los que los pacientes manifiestan la motivación que tienen por escuchar la música. Se trata de una pregunta con respuestas múltiples, y se han obtenido un total de 126 respuestas. En el mayor porcentaje de respuesta con un 84,7% de los 60 pacientes, se encuentra "por placer" y continúa en orden decreciente, "para relajarme" obteniéndose un 37,3%, "por satisfacción emocional" el 32,2%, "para bailar" el 23,7%, "para animarme" el 20,3% y "por razón profesional" el 15,3%.

9. DISCUSIÓN

La comprensión del habla en la mayoría de los usuarios de implantes cocleares se mueve entre los márgenes de bueno a excelente. No obstante presenta alguna deficiencia en el desempeño en la entrega de la música y el habla en ruido de fondo. Los usuarios de IC hablan de la música como el segundo estímulo acústico más importante en su vida, al lado de la comprensión del habla, y la mayoría de estos usuarios expresan que no logran percibirla bien con su dispositivo. ⁽¹⁰⁾

La actividad sensorial se desarrolla de forma continua, los órganos sensoriales deben ser concebidos como una interfase en donde el sistema nervioso interactúa activamente con el medio ambiente. En relación con esto, en los sujetos con entrenamiento profesional en música, algunos aspectos de la fisiología del oído operan de forma diferente a como sucede en los individuos sin entrenamiento musical y se ha demostrado que en sujetos con implante coclear, en las tareas de percepción de la música se comportan de la misma forma. ^(11,12)

A diferencia de un tono puro, el tono complejo, como los creados por la voz humana o de instrumentos musicales, cuenta con numerosos armónicos variando en frecuencia en un amplio rango. La base de la buena percepción se encuentra en la tasa de repetición, que depende de la estructura fina de codificación temporal. El tono

complejo tiene una tasa de periodicidad correspondiente a la frecuencia fundamental. La fibra nerviosa se excita en sincronía en las frecuencias bajas y sigue siendo buena hasta alrededor de 2000 Hz en el sistema de audición normal. ⁽¹³⁾

Los efectos de la música sobre el humano, tiene gran trascendencia en psicología y en psicoacústica, despiertan sensaciones, sugerencias y emociones que adquieren significado. ⁽¹⁴⁾

La mayoría de los pacientes implantados han vuelto a disfrutar de la música tras el implante

Música y lenguaje son importantes sistemas de comunicación, el lenguaje se vale de símbolos sonoros que adquieren un significado concreto y objetivo al constituir fonemas, palabras y frases; la música, sin embargo, se sirve de sonidos organizados y gobernados por reglas de armonía y contrapunto, emplea patrones sonoros particulares que logran un significado aleatorio y subjetivo. Una buena prueba de la percepción musical de los usuarios de IC es diferenciar los niveles de capacidad en diferentes tareas musicales. Aunque la música en su sentido amplio se trata de una experiencia subjetiva, existen propiedades físicas que pueden ser controladas y evaluadas de manera objetiva. Hasta el momento en los estudios que se han realizado se evalúa la capacidad de percepción musical, la discriminación de alturas del tono, reconocimiento de melodías, y reconocimiento del timbre en instrumentos, la relación entre estas capacidades psicofísicas y otras medidas de audición y las formas en que se podría mejorar el procesamiento de sonido para hacer frente a deficiencias del implante coclear con respecto a la percepción musical. Todas estas áreas de reconocimiento son evaluadas en nuestro estudio pero introduciendo la variable de la modificación frecuencial en la programación del paciente.

Uno de los puntos fuertes de nuestro estudio es la conformación de tres grupos en sus diferentes modalidades, ICU, ICB, IC+A y la comparación de los diferentes programas, programa estándar vs. programa frecuencial, sobre cada uno de los sujetos. Los resultados obtenidos en las diferentes pruebas son bastante plausibles ya que en todas las condiciones y partiendo de las dificultades que los usuarios de implante coclear tienen a la hora de procesar la música, se obtienen mejores respuestas con el uso de la metodología utilizada para la elaboración del programa frecuencial.

Melodías en las que se usa patrones rítmicos característicos son generalmente más fáciles de identificar y reconocer ⁽¹⁵⁻¹⁷⁾. En este estudio no se han utilizado pruebas con componentes de patrones rítmicos característicos ni se han incluido letras actuales.

Al igual que Dorman et ál. y Hong et ál. en cuyos estudios describen un mejor reconocimiento de la melodía, sin pistas rítmicas ni letras, en sujetos con implante coclear unilateral y audífono contralateral; los participantes en nuestro estudio con IC+A, presentan mejores resultados que los de ICU e ICB, en las tareas de discriminación de la melodía de los instrumentos. ⁽¹⁸⁻²⁰⁾

Los usuarios de implante coclear tienen grandes dificultades en las tareas de reconocimiento del pitch ya que deben extraer la información de campo, ya sea de la envolvente temporal o el tono espectral asociado con la posición de los electrodos. ⁽²¹⁾

Brockmeier SJ et ál. concluye que el 50% de los participantes en su estudio lograron un intervalo de discriminación de 1 ó 2 cuartos de tono, que está dentro del rango de rendimiento de un normoyente. En nuestro estudio hemos observado que los resultados superan a los del autor antes mencionado de tal forma que pasamos de 4,27 aciertos a 6,14 aciertos en los mismos intervalos de tono, esto probablemente está basado en que nuestra casuística supera la de este autor siendo los datos más fiables.

Por otro lado dentro de la identificación del pitch encontramos que la media con el uso del programa estándar es menor que la media con el uso del programa frecuencial en todos los grupos. Si bien las

respuestas obtenidas son bastante aceptables en las escalas ascendente, descendente y plana, cuando se procede a la combinación de ellas el acierto es dificultoso. Considerando que la diferencia marcada por los pacientes con IC+A puede atribuirse a la conservación residual de las frecuencias auditivas, lo que supone una mejor supervivencia neuronal, hay que destacar que el incremento de la media de aciertos se produce con intervalos similares en los otros grupos de pacientes, reflejándose que la asignación frecuencial en el área escogida ejerce el mismo efecto en situaciones con menor supervivencia neuronal.

La discriminación de acordes, como tarea de percepción del tono, es menos difícil para los usuarios de implante coclear que otras tareas de percepción musical (21). En nuestro estudio se ha presentado a los sujetos un total de treinta muestras de acordes armónicos y disonantes, si bien todos los sujetos han obtenido mejores resultados con el programa frecuencial que con el estándar, son los usuarios con sistema bimodal, los que tienen más éxito en esta tarea ya que pueden hacer uso de la información de la frecuencia fundamental que aporta el audífono. No se ha encontrado bibliografía respecto a la valoración de armónicos en el momento actual para poder comparar los resultados.

Otro de los factores que se ha estudiado y que influye en el disfrute de la música, es la capacidad de diferenciar la calidad de tonos a diferente altura interpretados de forma individual por diferentes instrumentos, lo que supone la identificación del timbre. Varios estudios indican un pobre desempeño en la identificación de instrumentos en los usuarios de implante coclear (18, 22, 23). Nuestros resultados contrastan en parte con estos estudios, por un lado las tareas realizadas en el reconocimiento son fundamentalmente diferentes. A los pacientes se les ha mostrado un total de ocho instrumentos de forma independiente, el número de aciertos es menor cuando el paciente usa el programa estándar frente al programa frecuencial, pero existe un mayor número de acierto con aquellos instrumentos que son más populares como la guitarra, el piano, la trompeta y el violín.

Muchos autores en sus estudios describen la percepción del sonido de la música por parte del paciente implantado, como desagradable o mecánico y con dificultades para reconocer melodías y detectar cambios de tono (15, 24, 25). Por otro lado según Gfeller K, Witt S, Woodworth G, Mehr MA, Knutson J (26) los implantados no encuentran el sonido de los instrumentos musicales tan agradables, sobre todo cuando emiten sonidos agudos lo que enfatiza la importancia de trabajar la frecuencia fundamental. Estos resultados contrastan con los de nuestro estudio, donde los pacientes describen en la mayoría de los casos la percepción de la música como agradable y natural, teniendo una menor incidencia la percepción poco metálica. Asimismo el 88.33 % de los sujetos logran diferenciar entre notas graves y agudas.

Tal y como se describe en estudios previos (27-29) hemos encontrado mejor discriminación en patrones musicales como tono, armónicos e instrumentos. Las conclusiones en los estudios de Brockmeier SJ, Peterreins M, Lorens A, et ál. (29) son análogas a las de nuestro estudio donde el paciente presenta dificultades para conseguir los mismos hábitos musicales que tenían previo a la sordera así como la disminución del tiempo semanal que dedican a escuchar música tras el implante. No obstante los resultados no son del todo negativos si tenemos en cuenta que la mayoría de los pacientes implantados han vuelto a disfrutar de la música tras el implante. La frecuencia con la que escuchaban música así como la importancia que le dan al papel que juega la música en sus vidas se ven claramente disminuidas cuando se presenta la hipoacusia, volviéndose a incrementar una vez el paciente está implantado; es evidente que el disfrute de la música no depende solo del rendimiento del implante coclear y no es imprescindible reconocer instrumentos para disfrutar de la música.

En las investigaciones realizadas por Tyler RS, Gfeller K, Mehr MA (30) los resultados de la encuesta enviada a 63 implantados adultos muestran que el 75% dijo disfrutar de la música antes de la sordera, el 83% refirió disminución de la escucha de la música tras el implante y el 51% valoró el sonido tras el implante como desagradable. Nuestro estudio muestra una media superior a 6 sobre 10 donde los pacientes describen el sonido como agradable.

La experiencia y el entrenamiento musical es otro aspecto discutido sobre la percepción musical. (31)

Brockmeier SJ, Peterreins M, Lorens A, et ál. (29) describen que los usuarios con más experiencia musical eran capaces de reconocer las canciones con más facilidad, lo que supone mayor extracción de información de menos elementos musicales, al contrario que en otros estudios donde no se encontraron diferencias en el reconocimiento de melodías entre los usuarios con mayor o menor entrenamiento musical, situación que se repite en nuestro estudio donde el 85% de la muestra no ha recibido formación musical frente al 15% que sí, no obstante una vez el paciente ha sido implantado y se ha activado el procesador, el 86,67% muestra especial interés en practicar audición musical con su implante.

La percepción y el disfrute de la música son objetivos aún no solucionados completamente con la tecnología actual de los implantes cocleares. Los resultados obtenidos animan a continuar desarrollando e implementando herramientas y algoritmos que permitan la optimización y simplificación de los softwares utilizados para la programación de los procesadores de los usuarios de implante coclear, cuyo objetivo final no es otro que mejorar la calidad de la percepción auditiva de los pacientes.

Aunque en este estudio no se incorporan resultados en el reconocimiento verbal hemos realizado un estudio preliminar en pacientes implantados buscando ver el rendimiento en el reconocimiento del habla y frases en silencio y entornos ruidosos utilizando la programación de asignación frecuencial, obteniendo claras mejoras objetivas. Subjetivamente los pacientes también refieren mejoras importantes en la comunicación.

10. CONCLUSIONES

Los pacientes con programación frecuencial del implante coclear asignada a la fundamental tienen mejor percepción y reconocimiento musical que los pacientes a los que se les ha realizado una programación estándar. Este método de programación permite un mejor reconocimiento en entornos con disminución en la relación señal ruido.

El objetivo final no es otro que mejorar la calidad de la percepción auditiva de los pacientes

Los pacientes con una modalidad de estimulación bilateral, presentan mejor percepción de los patrones musicales y mejor rendimiento en las tareas de reconocimientos de escalas tonales, armónicas e instrumentos musicales.

El método puede aplicarse en procesadores diferentes y con distintas estrategias de estimulación. Permite disminución de niveles de intensidad de corriente así como incremento del rango dinámico, lo que permite un mapeo de cada banda de audio menos molesta y mejora la calidad de la representación de la señal.

Si bien los hábitos musicales disminuyen con la sordera, el 85 % de los pacientes del estudio manifiestan percibir tonos agradables, ritmo y la melodía.

11. BIBLIOGRAFÍA

- 1- Gfeller K, Witt S, Adamek M, Mehr M, et ál. Effects of training on timbre recognition and appraisal by postlingually deafened cochlear implant recipients. *J Am Acad Audiol* 2002; 13:132-45.
- 2- McDermott HJ, McKay CM. Musical pitch perception with electrical stimulation of the cochlea. *J Acoust Soc Am* 1997;101(3):1622-31. [PubMed: 9069629] [PMID: 9069629]
- 3- Moore BC, Carlyon RP. Perception of pitch by people with cochlear hearing loss and by cochlear implant users. In: Plack, CJ.; Oxenham, AJ.; Fay, RR., editors. *Pitch: Neural coding and perception*. Springer; New York (NY); 2005. p. 234-77.
- 4- Lassaletta L, Castro A, Bastarrica M, et ál. Does music perception have an impact on quality of life following cochlear implantation? *Acta Otolaryngologica* 2007; 127:682-6.
- 5- Brown CJ, López SM, Hughes ML, Abbas PJ. Relationship between EABR thresholds and levels used to program the Clarion speech processor. *Ann. Otol Rhinol Laryngol* 1999; (108): 50-57.
- 6- Abbas PJ, Brown CJ, Hughes ML, Hong SH. First International Symposium and Workshop. Objective measures in cochlear implantation. Nottingham, chapter Temporal response measures of evoked auditory nerve activity using the Nucleus C124M neural response telemetry; 1998.
- 7- Zimmerling MJ, Boyd P, Bouzas JG, Dacosta JR. First International Symposium and Workshop. Objective measures in cochlear implantation, Nottingham, chapter Electrically evoked compound action potential (EAP) recording in Innerais patients: influence of electrode configuration; 1998.
- 8- Stephan K, Welzl-Müller K. Post-operative stapedius reflex tests with simultaneous loudness scaling in patients supplied with cochlear implants. *Audiology* 2000;(39):13-18.
- 9- Hodges AW, Balkany TJ, Ruth RA, Lambert PR, Doland-Ash S, Schloffman JJ. Electrical middle ear muscle reflex: use in cochlear implant programming. *Otolaryngol Head Neck Surg* 1997; (117):255-261.
- 10- Gfeller K, Christ A, Knutson JF, Witt S, Murray KT, Tyler RS. Musical backgrounds, listening habits, and aesthetic enjoyment of adult cochlear implant recipients. *J Am Acad Audiol* 2000; 11(7):390-406. [PubMed: 10976500][PMID: 10976500]
- 11- Tervaniemi M, Just V, Koelsch S, Widmann A, Schroeger E: Pitch discrimination accuracy in musicians vs. nonmusicians: an event-related potential and behavioral study. *Exp Brain Res* 2005; 161:1-10.
- 12- Peretz I, Zatorre RJ: Brain organization for music processing. *Annu Rev Psychol* 2005; 56:89-114.
- 13- Johnson DH. The relationship between spike rate and synchrony in responses of auditory-nerve fibers to single tones. *J Acoust Soc Am* 1980; 68(4):1115-22. [PubMed: 7419827][PMID: 7419827]
- 14- Gil-Carcedo LM. El ruido y la música. Ed. Server-Cuesta. Real Acad Med Cir Valladolid; 2005. p. 20-23.
- 15- Kong YY, Cruz R, Jones JA, Zeng FG: Music perception with temporal cues in acoustic and electric hearing. *Ear Hear* 2004;25:173-185.
- 16- Fujita S, Ito J: Ability of nucleus cochlear implantees to recognize music. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1999; 108:634-640.
- 17- Looi V, McDermott HJ, McKay CM, Hickson L: Pitch discrimination and melody recognition by cochlear implant users. *Int Congr Ser* 2004; 1273:197-200.
- 18- McDermott HJ: Music perception with cochlear implants: a review. *Trends Amplif* 2004; 8:49-82.
- 19- Brockmeier SJ, Nopp P, Vischer M, Baumgartner W, Stark T, Schoen F, Mueller J, Braunschweig T, Busch R, Getto M, Arnold W, Allum DJ: Correlation of speech and music perception in Combi 40/40+ users; in Kubo T, Takahashi Y, Iwaki T (eds): *Cochlear Implants: An Update*. The Hague, Kugler Publications; 2002. p. 459-64.
- 20- Brockmeier SJ, Peterrein M, Lorens A, Vermeire K, Helbig S, Anderson I, Skarzynski H, Van de Heyning P, Gstoettner W, Kiefer J: Music Perception in Electric Acoustic Stimulation Users as Assessed by the Mu.S.I.C. Test. (eds): *Cochlear Implants and Hearing Preservation*. Adv Otorhinolaryngol. Basel, Karger 2010; (67):70-80.
- 21- Zng FG: Trends in cochlear implantation. *Trends Amplif* 2004; 8: T1-T34.
- 22- Brockmeier SJ, Vermiere K, Grasmeder M, Helbig S, Lorens A, Searle O, Peterreins M, Kiefer J, Arnold W: Music perception of different CI users (unilateral, EAS, bimodal) and comparison to normal hearing subjects as assessed in the Music test. Proceedings of the 9th International Conference on Cochlear Implants and Related Sciences, Vienna, Austria. *Wien Med Wochenschr* 2006; 156(119):Z7-O4.
- 23- Grasmeder M, Lutman M: The identification of musical instruments through Nucleus cochlear implants. *Cochlear Implants Int* 2006; 7:148-158.
- 24- Lassaletta L, Castro A, Bastarrica M, et ál. Does music perception have an impact on quality of life following cochlear implantation? *Acta Otolaryngol* 2007; 127:682-6.
- 25- Gantz BJ, Turner C, Gfeller KF, Lowder MW. Preservation of hearing in cochlear implant surgery: advantages of combined electrical and acoustical speech processing. *Laryngoscope* 2005; 115:796-802.
- 26- Gfeller K, Witt S, Woodworth G, Mehr MA, Knutson J. Effects of frequency, instrumental family and cochlear implant type on timbre recognition and appraisal. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 2002; 111:349-56.
- 27- Gfeller K, Lansing CR. Melodic, rhythmic and timbral perception of adult cochlear implant users. *J Speech Hear Res* 1991; 34:916-20.
- 28- Lassaletta L, Castro A, Bastarrica M, et ál. Percepción y disfrute de la música en pacientes poslocutivos con implante coclear. *Acta Otorrinolaringológica Esp* 2008; 59:228-34.
- 29- Brockmeier SJ, Peterreins M, Lorens A, et ál. Music Perception in Electric Acoustic Stimulation Users as Assessed by the Mu.S.I.C. Test. *Adv Otorhinolaryngol* 2010; 70-80.
- 30- Tyler RS, Gfeller K, Mehr MA. A preliminary investigation comparing one and eight channels at slow rates on musical appraisal in adults with cochlear implants. *Cochlear Implants International* 2000; 82-7.
- 31- Abdi S, Kalessi MH, Khorsandi M, Gholami B. Introducing music as a means of rehabilitation for children with cochlear implants. *Int J Pediatric Otorhinolaryngol* 2001; 59:105-13.



FIAPAS

CONFEDERACIÓN
ESPAÑOLA
DE FAMILIAS
DE PERSONAS SORDAS