

## ARTÍCULO ORIGINAL

# Reconocimiento auditivo musical y melódico en pacientes con implante coclear, mediante nuevo método de programación de asignación frecuencial



Juan C. Falcón-González<sup>a,\*</sup>, Silvia Borkoski-Barreiro<sup>a</sup>,  
José María Limiñana-Cañal<sup>b</sup> y Ángel Ramos-Macías<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Unidad de Hipoacusia, Programa de Implantes Cocleares, Servicio de ORL y PCF, Complejo Hospitalario Universitario Insular-Materno Infantil, Las Palmas de Gran Canaria, España

<sup>b</sup> Unidad de Investigación, Complejo Hospitalario Universitario Insular-Materno Infantil, Las Palmas de Gran Canaria, España

Recibido el 18 de noviembre de 2013; aceptado el 5 de febrero de 2014  
Disponible en Internet el 2 de junio de 2014

### PALABRAS CLAVE

Percepción musical;  
Música e implante  
coclear;  
Programación de  
implante coclear

### Resumen

**Introducción y objetivo:** La música es un fenómeno universal y transcultural. La percepción y el disfrute de la música son objetivos aún no solucionados completamente con la tecnología actual de los implantes cocleares. El objetivo de este artículo es avanzar hacia el desarrollo y la validación de un método de programación para implantes cocleares donde se implementa una estrategia de asignación frecuencial. Se comparan la programación estándar frente a la programación de asignación frecuencial, en cada sujeto.

**Método:** Se estudian cuarenta pacientes portadores de implante coclear. Se realiza ajuste y optimización del programa estándar, luego programación de asignación frecuencial utilizando protocolo para la valoración de la audición en lengua española. En implantados bilaterales se exploraron ambos oídos a la vez. Para los hábitos musicales se utilizó el Cuestionario de Música de Múnich y el software «MACarena».

**Resultados:** Todos los pacientes presentan mejores resultados en reconocimiento de instrumentos, escalas tonales, reconocimiento de armónicos y tono con la programación frecuencial ( $p < 0,005$ )

**Conclusiones:** La programación frecuencial asignada a la fundamental mejora la percepción y reconocimiento musical comparada con la programación estándar. Implantados bilaterales presentan mejor percepción de patrones musicales, escalas tonales, armónicas e instrumentos. Esta forma de programación permite disminución de niveles de intensidad de corriente e incremento del rango dinámico, y esto lleva a un mapeo de cada banda de audio menos molesta mejorando la calidad de la señal.

© 2013 Elsevier España, S.L.U. y Sociedad Española de Otorrinolaringología y Patología Cérvico-Facial. Todos los derechos reservados.

\* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: [jfalgond@gobiernodecanarias.org](mailto:jfalgond@gobiernodecanarias.org) (J.C. Falcón-González).

**KEYWORDS**

Musical perception;  
Music and cochlear  
implants;  
Implant cochlear  
fitting

## Recognition of music and melody in patients with cochlear implants, using a new programming approach for frequency assignment

**Abstract**

*Introduction and objective:* Music is a universal, cross-cultural phenomenon. Perception and enjoyment of music are still not solved with current technological objectives of cochlear implants. The objective of this article was to advance the development and validation of a method of programming of cochlear implants that implements a frequency allocation strategy. We compared standard programming vs frequency programming in every subject.

*Methods:* We studied a total of 40 patients with cochlear implants. Each patient was programmed with a optimal version of the standard program, using the Custom Sound Suite 3.2 cochlear platform. Speech tests in quiet were performed using syllable word lists from the protocol for the assessment of hearing in the Spanish language. Patients implanted bilaterally were tested in both ears at the same time. For assessing music listening habits we used the Munich Music Questionnaire and «MACarena» (minimum auditory capability) software.

*Results:* All patients achieved better results in recognition, instrument tests and tonal scales with frequency programming ( $P < .005$ ). Likewise, there were better results with frequency programming in recognising harmonics and pitch test ( $P < .005$ ).

*Conclusions:* Frequency programming achieves better perception and recognition results in patients in comparison with standard programming. Bilateral stimulation patients have better perception of musical patterns and better performance in recognition of tonal scales, harmonics and musical instruments compared with patients with unilateral stimulation. Modification and frequency allocation during programming allows decreased levels of current intensity and increase the dynamic range, which allows mapping of each audio band less obtrusively and improves the quality of representation of the signal.

© 2013 Elsevier España, S.L.U. y Sociedad Española de Otorrinolaringología y Patología Cérvico-Facial. All rights reserved.

**Introducción**

La música es un fenómeno universal y transcultural, comparable al lenguaje y superior a otros modos de exteriorización de las emociones. Es un sistema de comunicación, que se sirve de sonidos organizados y gobernados por reglas de armonía y contrapunto; aún no se conoce con certeza la organización funcional de las estructuras cerebrales encargadas de las funciones musicales, aunque se cree que localizaciones topográficas de las áreas corticales podrían estar próximas a las del lenguaje<sup>1,2</sup>.

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. Melodías musicales, incluso con un único instrumento, se componen de una serie de sonidos complejos. 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 2.000 Hz en el sistema de audición normal<sup>3</sup>.

La percepción y el disfrute de la música son objetivos aún no solucionados completamente con la tecnología actual de los implantes cocleares.

Hasta el momento en los estudios que se han realizados se evalúa la capacidad de percepción musical, la discriminación de alturas del tono, el reconocimiento de melodías, y el 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. Las investigaciones han demostrado que melodías en las que se usan patrones rítmicos característicos son generalmente más fáciles de identificar y reconocer, también el rendimiento en las pruebas de reconocimiento de las melodías mejora con la inclusión de letras actuales<sup>4-7</sup>.

Los usuarios de implante coclear tienen grandes dificultades en las tareas de reconocimiento del tono 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. Mientras que la discriminación de acordes, como tarea de percepción del tono, es menos difícil<sup>8</sup>.

Por otro lado, según Gfeller et al., 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<sup>9</sup>.

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<sup>10,11</sup>.

El objetivo de este artículo es avanzar hacia el desarrollo y la validación de un método de programación de los implantes cocleares en el que se implementa el programa de asignación frecuencial. Se realizará la comparación de los diferentes programas, programación estándar frente a programación de asignación frecuencial, sobre cada uno de los sujetos.

## Material y método

Se estudian un total de 40 pacientes portadores de implante coclear, 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. Veintidós pacientes son portadores de implante coclear unilateral y 18 pacientes tienen implante coclear bilateral.

Todos son portadores de implante coclear Nucleus 24 Contour Advanced, con mapa de programación estable y con un mínimo de 18 canales operativos, estrategias de procesamiento de la señal ACE, velocidad de estimulación  $\geq 900$  Hz y  $\leq 1.200$  Hz. Usuarios de procesadores retroauriculares Freedom o CP 810, con más de un año de uso del procesador de sonido y un 50% de comprensión del habla para bisílabas con IC en silencio, sin lectura labial a 65 dB HL.

La plataforma de programación utilizada para la adaptación y programación de los procesadores de sonido de los pacientes es el Custom Sound Suite de Cochlear, en su versión 3.2.

A cada paciente se le hizo ajuste y optimización del programa (MAPA) estándar, previo a la modificación y programación de asignación frecuencial.

Se realizó a todos los pacientes pruebas de habla en silencio sin lectura labial, utilizando lista de palabras bisílabas del protocolo para la valoración de la audición en lengua española, en cabina con un campo sonoro calibrado a 65 dB sin lectura labial, con los pacientes sentados a una distancia de 1 m y con un ángulo de acimut de 0° respecto al altavoz que emite la señal de habla. En los pacientes implantados bilaterales las evaluaciones se realizaron explorando ambos oídos a la vez.

Para el registro de los hábitos musicales se han utilizado el Cuestionario de Música de Munich<sup>12</sup> y el Software Minimum Auditori Capability («MACarena»). El primero es un test específico para evaluar los hábitos musicales en personas con sordera poslingual, después de la implantación coclear. Consta de un total de 25 preguntas donde el paciente evalúa el papel que desempeña o ha desempeñado la música en 3 situaciones, antes de la aparición de la hipoacusia, instaurada la misma pero sin implante coclear y una vez hecho el implante. El software «MACarena» permite la valoración y evaluación sobre el reconocimiento de instrumentos y patrones musicales. Los diferentes test seleccionados, dentro de la variabilidad de los que dispone el programa, son la prueba de reconocimiento de instrumentos, reconocimiento discriminación de tono (pitch 12 semitonos), reconocimiento de escala de tonos y reconocimiento de armónicos. Las pruebas son presentadas a una intensidad de 65 dB SPL y con una relación señal ruido de 0 dB SNR<sup>13,14</sup>.

Con el objetivo de conocer qué frecuencias se manejan en la programación frecuencial del procesador se ha trabajado previamente con el analizador de espectro, SpectraLAB FFT Special Analysys System versión 4.32.11 de Sound Technologic Inc. El programa trabaja en conjunto con la tarjeta de sonido del ordenador donde se encuentra instalado, el software deliza la tarjeta para realice una conversión de la señal «analógica a digital», utilizando la transformada rápida de Fourier. Los ficheros implementados están en formato WAV y ejecutados a piano entre una 3.<sup>a</sup> y 5.<sup>a</sup> octava de sonidos armónicos y no armónicos, escala de notas alteradas

y no alteradas y escala de tono ascendente y descendente. Asimismo se incorporaron ficheros con una misma melodía, producida por diferentes instrumentos e interpretada a la misma intensidad y tiempo.

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 canales que deben estar activados. Canales extracocleares y canales 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 distintos 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. Realizamos 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 realiza 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 y 500 Hz. Posteriormente se incorporan los electrodos 17 y 16 tomando como referencia las frecuencias comprendidas entre 400 y 1.000 Hz donde se encuentra la mayoría de los elementos en la música como son voces, guitarras y teclados.
  - El siguiente grupo de canales incluye con el anterior los canales 15-14-13 y 12 tomando como referencia las frecuencias comprendidas entre 800 y 2.000 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 los 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 canales es 11-10-9-8-7 y 6 tomando como referencia las frecuencias comprendidas entre 2.000 y 4.000 Hz. Demasiado realce en esta área nasaliza la voz.

**Tabla 1** Programación estándar frente a programación frecuencial en el reconocimiento de instrumentos en pacientes con implante coclear unilateral

	Media	Mediana	P <sub>25</sub>	P <sub>75</sub>	DT	Valor de p*
Chelo estándar	1,27	1,00	0,00	2,00	0,98	< 0,001
Chelo frecuencial	1,77	2,00	1,00	3,00	1,19	
Clarinete estándar	1,32	1,00	1,00	2,00	0,84	< 0,001
Clarinete frecuencial	1,95	2,00	2,00	3,00	1,00	
Flauta estándar	1,86	2,00	1,00	2,00	0,77	< 0,001
Flauta frecuencial	2,64	3,00	2,00	3,00	0,95	
Guitarra estándar	2,86	3,00	3,00	3,00	0,83	< 0,001
Guitarra frecuencial	3,77	4,00	4,00	4,00	0,53	
Piano estándar	3,14	3,00	3,00	4,00	0,99	0,002
Piano frecuencial	3,59	4,00	3,00	4,00	0,67	
Trombón estándar	1,27	1,00	0,00	2,00	1,24	0,001
Trombón frecuencial	1,95	2,00	1,00	3,00	1,13	
Trompeta estándar	2,41	3,00	2,00	3,00	0,85	< 0,001
Trompeta frecuencial	3,23	3,50	3,00	4,00	0,97	
Violín estándar	2,41	3,00	2,00	3,00	0,96	0,005
Violín frecuencial	2,73	3,00	2,00	3,00	0,94	

\* Valor de p obtenido mediante el test no paramétrico de Wilcoxon para datos apareados.

- El último grupo son los canales 5-4-3-2 y 1 tomando como referencia las frecuencias comprendidas entre 4.000 y 8.000 Hz encontrándose aquí la claridad de las voces por lo que demasiado realce produce «seseo».

Las pruebas se realizaron con la programación estándar al mes de haber optimizado el mismo, posteriormente se llevó a cabo la programación de asignación y modificación frecuencial y después de 3 meses de uso del mismo se evaluó nuevamente con las mismas pruebas.

El paquete estadístico utilizado fue el SPSS (versión 20.0), dentro de los grupos considerados, las variables categóricas se resumieron en frecuencias absolutas y porcentajes y las numéricas en medias y desviaciones típicas (DT) así como en medianas y rangos intercuartílicos (IQR = P<sub>75</sub>-P<sub>25</sub>) 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.

El estudio obtuvo la aprobación del Comité Ético de nuestro Complejo Hospitalario.

## Resultados

Se estudian 40 pacientes de los cuales 23 eran hombres y 17 mujeres. Veintidós pacientes son portadores de implante coclear unilateral y 18 pacientes tienen implante coclear bilateral.

En el test de reconocimiento instrumental, tono y armónico con los distintos grupos, se observan los siguientes datos comparativos entre la programación de forma estándar frente a la programación frecuencial:

### Pacientes con implante coclear unilateral

Presentan mejores resultados en la prueba de reconocimiento de instrumentos cuando se les aplica la programación

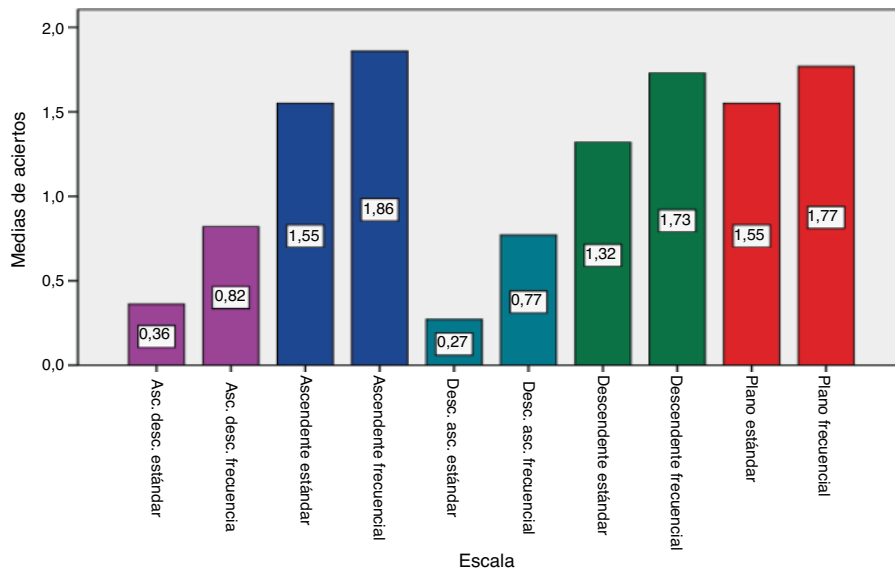
frecuencial frente a la programación estándar ( $p < 0,05$ ), destacando el reconocimiento de la guitarra con una media de 3,77 (DT=0,53), el piano con una media de 3,59 (DT=0,67), la trompeta con una media de 3,23 (DT=0,97), el violín con una media de 2,73 (DT=0,94) y flauta con una media de 2,64 (DT=0,95), obteniéndose resultados más bajos en el reconocimiento del chelo con una media de 1,77 (DT=1,19), el clarinete con una media de 1,95 (DT=1,00) y el trombón con una media de 1,95 (DT=1,13) (tabla 1).

Dentro del reconocimiento de las escalas tonales, se obtienen mejores respuestas cuando se presenta al paciente con la programación frecuencial frente a la programación estándar ( $p < 0,05$ ). Si bien los resultados son análogos, en las diferentes escalas presentadas de forma independientes, se obtienen mejores valores en las escalas *ascendente frecuencial* con una media de 1,86 (DT=0,351); *plano frecuencial* con una media de 1,77 (DT=0,429) y *descendente frecuencial* con una media de 1,73 (DT=0,456). Cuando se le presenta al paciente la combinación conjunta de las escalas, *descendente-ascendente frecuencial* y *ascendente-descendente frecuencial*, los resultados conseguidos son bajos, prevaleciendo no obstante una mejora de respuestas cuando el paciente utiliza la programación frecuencial (fig. 1).

Con relación a la media del tono, es de 6,14 (DT=1,390) y la media en los armónico es de 22,18 (DT=6,953) (tabla 2).

### Pacientes implantados cocleares bilaterales

En estos pacientes se observan mejores resultados cuando se les aplica la programación frecuencial frente a la programación estándar para el reconocimiento de instrumentos ( $p < 0,05$ ). Las medias de los resultados obtenidos en el reconocimiento de los instrumentos son análogas a las medias obtenidas de los pacientes con implante coclear unilateral (tabla 3).



**Figura 1** Programación estándar frente a programación frecuencial en el reconocimiento de escala en pacientes con ICU ( $p < 0,001$ )\*. \*Valor de p obtenido mediante el test no paramétrico de Wilcoxon.

**Tabla 2** Programación estándar frente a programación frecuencial en el reconocimiento de armónicos y tono en ambos grupos

	ICU (n = 22)		ICB (n = 18)		Valor de p*
	Media	DT	Media	DT	
Tono estándar	4,27	1,518	4,61	1,539	< 0,001
Tono frecuencial	6,14	1,390	6,50	1,383	< 0,001
Armónico estándar	17,45	6,595	16,89	7,332	< 0,001
Armónico frecuencial	22,18	6,953	21,22	7,000	< 0,001

\* Valor de p obtenido mediante el test no paramétrico de Wilcoxon para datos apareados.

**Tabla 3** Programación estándar frente a programación frecuencial en el reconocimiento de instrumentos en pacientes con implante coclear

	Media	Mediana	P <sub>25</sub>	P <sub>75</sub>	DT	Valor de p*
Chelo estándar	1,22	1,50	.00	2,00	1,00	0,010
Chelo frecuencial	1,56	2,00	1,00	2,00	1,10	
Clarinete estándar	1,39	1,50	1,00	2,00	0,85	< 0,001
Clarinete frecuencial	2,17	2,50	2,00	3,00	1,04	
Flauta estándar	1,72	2,00	1,00	2,00	0,96	< 0,001
Flauta frecuencial	2,83	3,00	2,00	4,00	0,99	
Guitarra estándar	2,83	3,00	2,00	3,00	0,92	0,001
Guitarra frecuencial	3,44	4,00	3,00	4,00	0,78	
Piano estándar	3,11	3,00	3,00	4,00	0,96	0,001
Piano frecuencial	3,72	4,00	4,00	4,00	0,67	
Trombón estándar	1,28	1,00	1,00	2,00	0,83	< 0,001
Trombón frecuencial	2,00	2,00	2,00	3,00	0,97	
Trompeta estándar	2,50	2,50	2,00	3,00	0,86	0,002
Trompeta frecuencial	3,17	3,50	3,00	4,00	1,04	
Violín estándar	2,50	3,00	2,00	3,00	0,99	0,096
Violín frecuencial	2,78	3,00	3,00	3,00	0,94	

\* Valor de p obtenido mediante el test no paramétrico de Wilcoxon para datos apareados.

**Tabla 4** Programación estándar frente a programación frecuencial en el reconocimiento de escala tonal en pacientes con implante coclear bilateral

	Media	Mediana	P <sub>25</sub>	P <sub>75</sub>	DT	Valor de p*
Ascendente-descendente estándar	0,44	0,00	0,00	1,00	0,511	0,029
Ascendente-descendente frecuencial	0,78	1,00	0,00	1,00	0,548	
Ascendente estándar	1,39	1,50	1,00	2,00	0,698	0,002
Ascendente frecuencial	1,83	2,00	2,00	2,00	0,383	
Descendente-ascendente estándar	0,22	0,00	0,00	0,00	0,428	0,002
Descendente-ascendente frecuencial	0,94	1,00	0,00	2,00	0,802	
Descendente estándar	1,22	1,00	1,00	2,00	0,732	< 0,001
Descendente frecuencial	1,83	2,00	2,00	2,00	0,383	
Plano estándar	1,50	1,50	1,00	2,00	0,514	0,004
Plano frecuencial	1,89	2,00	2,00	2,00	0,323	

\* Valor de p obtenido mediante el test no paramétrico de Wilcoxon para datos apareados.

Dentro del reconocimiento de las escalas tonales, se observan claramente mejores respuestas cuando se presentan las escalas al paciente con la programación frecuencial frente a la programación estándar ( $p < 0,05$ ). Nos encontramos con resultados similares, con discreta mejoría, a los conseguidos con el grupo de pacientes con implante coclear unilateral, obteniéndose los mejores resultados en la escala plano frecuencial con una media de 1,89 (DT = 0,323), e igualándose las escalas ascendente frecuencial y descendente frecuencial con una media de 1,83 (DT = 0,383) (tabla 4).

Cuando se presentan las escalas tonales de forma combinada, no se hallan mejoras en las escalas descendente-ascendente frecuencial con una media de 0,94 (DT = 0,802) y ascendente-descendente frecuencial con una media de 0,78 (DT = 0,548).

En este grupo el tono presenta una media de 6,50 (DT = 13,383) y en los armónicos la media es de 21,22 (DT = 7,000) (tabla 2).

### Cuestionario de Música de Munich

En cuanto a los resultados, con los diferentes grupos, pacientes con implante coclear unilateral y paciente con implante coclear bilateral, se aprecia que cuando se instaura la hipoacusia el paciente deja de percibir y de mostrar interés por escuchar 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 (fig. 2).

Respecto a cómo le suena la música con su IC, se aprecia cómo los intervalos existentes entre las diferentes medias están próximos (fig. 3).

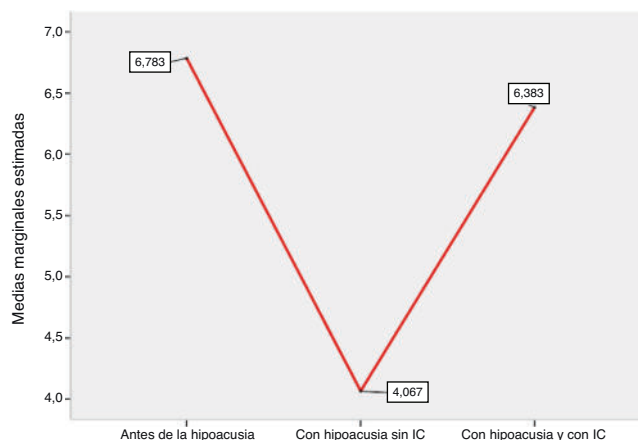
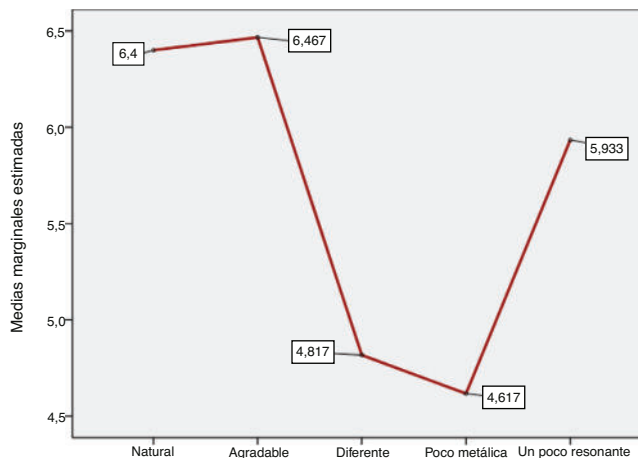
En la tabla 5 se describe el estudio de las variables de reconocimiento de frecuencias graves y agudas así como de la tabla 6 se describen en audición musical.

En la tabla 6 se describen en audición musical las variables sobre «los elementos musicales que puede oír».

Cuando preguntamos «¿por qué escucha música?», el 84,7% de los 40 pacientes contesta «por placer» y continúa en orden decreciente, «para relajarme», «por satisfacción emocional», «para bailar», «para animarme» y «por razón profesional».

### Discusión

Los efectos de la música sobre el humano tienen gran trascendencia en psicología y en psicoacústica. La música es un conjunto de vibraciones sonoras relacionadas entre sí que, tras ser captadas por nuestro sistema auditivo y procesadas en el sistema nervioso central, despiertan sensaciones, sugerencias y emociones que adquieren significado<sup>1</sup>.

**Figura 2** ¿Con qué frecuencia escucha/escuchaba música?**Figura 3** ¿Cómo suena la música con su implante coclear?

**Tabla 5** Reconocimiento de frecuencias graves y agudas. Formación en audición musical

	Recuento	%
<i>¿Distingue entre notas graves y agudas?</i>		
Sí	33	82,5
No	7	17,5
Total	40	100
<i>¿Recibió educación musical fuera de la escuela?</i>		
Sí	9	22,5
No	31	77,5
Total	40	100
<i>¿Ha practicado audición musical con IC?</i>		
Sí	32	80
No	8	20
Total	40	100

**Tabla 6** Si escucha música ¿Qué elementos musicales puede oír?

	Frecuencia	Porcentaje
Tonos agradables pero no la melodía	4	10
Tonos agradables y ritmo	2	5
Tonos agradables y la melodía	3	7,5
Tonos agradables, ritmo y la melodía	31	77,5
Total	40	100

La pérdida de las funciones verbales o afasia, no se acompaña necesariamente de una amusia o pérdida de las habilidades musicales, lo que indica una independencia entre los procesos cerebrales que organizan ambos sistemas de comunicación; sin embargo se pueden producir al mismo tiempo daños que produzcan alteraciones concomitantes en la comunicación verbal y musical, lo que indica que las localizaciones topográficas de sus áreas corticales son diferentes, pero próximas<sup>1,2</sup>.

Es probable que la música y el gusto musical sean un subproducto del desarrollo del lenguaje; la capacidad del cerebro para hacer un análisis completo de los estímulos auditivos, percibir el timbre, el tono, el ritmo, etc., tendría su función primaria en la percepción del lenguaje hablado.

Los usuarios de implante coclear tienen grandes dificultades en las tareas de reconocimiento del tono<sup>8</sup>. En nuestra muestra con relación a la identificación del tono encontramos que la media con el uso del programa estándar es menor que la media con el uso del programa frecuencial en ambos 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.

La discriminación de acordes, como tarea de percepción del tono, es menos difícil que la percepción del lenguaje hablado, lo que indica que las localizaciones topográficas de sus áreas corticales son diferentes, pero próximas<sup>1,2</sup>. En nuestro estudio todos los sujetos han obtenido mejores resultados con el programa frecuencial que con el estándar en el reconocimiento de acordes armónicos y disonantes.

Este mejor rendimiento es debido a la generación de una señal compleja en el procesador de voz mediante la superposición de varias secuencias armónicas. Esta señal es aplicada a través de varios electrodos y este patrón complejo generado probablemente contiene información suficiente para clasificar los sonidos similares como «igual» o «diferente».

No hemos encontrado bibliografía respecto a la valoración de armónicos en el momento actual para poder comparar los resultados.

Varios estudios indican un pobre desempeño en la identificación de instrumentos en los usuarios de implante coclear<sup>14-16</sup>. Nuestros resultados contrastan en parte ya que las tareas realizadas en el reconocimiento son fundamentalmente diferentes. 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).

Respecto a la percepción de los sonidos de los instrumentos, nuestros resultados contrastan con los encontrados por otros autores<sup>9</sup>, ya que 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 describen en estudios previos Gfeller et al., Lassaletta et al. y Brockmeier et al., hemos encontrado mejor discriminación en patrones musicales como tono, armónicos e instrumentos<sup>11,10,17</sup>.

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<sup>5,18,19</sup>.

Las conclusiones en varios estudios son análogas a las de nuestro estudio en el paciente presenta dificultades para conseguir los mismos hábitos musicales que tenía antes de 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<sup>17</sup>.

La experiencia y el entrenamiento musical es otro aspecto discutido sobre la percepción musical. Algunos autores describen que los usuarios con más experiencia musical son 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<sup>17,20</sup>.

## Conclusiones

Con los resultados obtenidos con el método de programación en el que se implementa una estrategia de asignación frecuencial se ha observado que:

- 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.
- 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.
- Si bien los hábitos musicales disminuyen con la sordera, el 85% de los pacientes del estudio manifiestan percibir tonos agradables, ritmo y la melodía.
- La modificación y asignación frecuencial durante la programación permiten una disminución de niveles de intensidad de corriente así como un 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.

### Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

### Bibliografía

1. Gil-Carcedo LM. El ruido y la música. Ed. Server-Cuesta. Real Acad Med Cir Valladolid; 2005. p. 20–3.
2. Walin NL. Biomusicology. UK: Cambridge: Pendragon Press; 1991.
3. Johnson DH. The relationship between spike rate and synchrony in responses of auditory-nerve fibers to single tones. *J Acoust Soc Am.* 1980;68:1115–22 [PubMed: 7419827][PMID: 7419827].
4. Schulz E, Kerber M. Music perception with the MED-EL implants. En: Hochmair-Desoyer IJ, Hochmaier ES, editores. *Advances in cochlear implants.* Vienna: Manz; 1994. p. 326–32.
5. Kong YY, Cruz R, Jones JA, Zeng FG. Music perception with temporal cues in acoustic and electric hearing. *Ear Hear.* 2004;25:173–85.
6. Fujita S, Ito J. Ability of nucleus cochlear implantees to recognize music. *Ann Otol Rhinol Laryngol.* 1999;108:634–40.
7. Looi V, McDermott HJ, McKay CM, Hickson L. Pitch discrimination and melody recognition by cochlear implant users. *Int Congr Ser.* 2004;1273:197–200.
8. Zeng FG. Trends in cochlear implantation. *Trends Amplif.* 2004;8:T1–34.
9. 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.
10. Gfeller K, Christ A, Knutson JF, Witt S, Murray KT, Tyler RS. Musical backgrounds, listening habits, and aesthetic enjoyment of nucleus cochlear implant recipients. *J Am Acad Audiol.* 2000;11:390–406 [PubMed: 10976500][PMID: 10976500].
11. Lassaletta L, Castro A, Bastarrica M, Pérez-Mora R, Herrán B, Sanz L, et al. Percepción y disfrute de la música en pacientes poslocutivos con implante coclear. *Acta Otorrinolaringológica Esp.* 2008;59:228–34.
12. Test Munich. [consultado 15 Ene 2010]. Disponible en: [http://s3.medel.com/downloadmanager/downloads/bridge/munich/es-ES/MUMU\\_Questionnaire\\_ES.pdf](http://s3.medel.com/downloadmanager/downloads/bridge/munich/es-ES/MUMU_Questionnaire_ES.pdf)
13. Lai WK, Dillier N. MACarena: A flexible computer-based speech testing environment. 7th International Cochlear Implant Conference, Manchester, England. 2002.
14. Grasmeder SJ, Vermeire K, Grasmeder M, Helbig S, Lorens A, Searle O, et al. 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:Z7–O4.
15. Grasmeder M, Lutman M. The identification of musical instruments through nucleus cochlear implants. *Cochlear Implants Int.* 2006;7:148–58.
16. 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.
17. Brockmeier SJ, Peterreins M, Lorens A, Vermeire K, Helbig S, Anderson DI, et al. Music perception in electric acoustic stimulation users as assessed by the Mu.S.I.C. test. *Adv Otorhinolaryngol.* 2010;70–80.
18. Lassaletta L, Castro A, Bastarrica M, Pérez-Mora R, Madero R, De Sarriá J, et al. Does music perception have an impact on quality of life following cochlear implantation. *Acta Otolaryngol.* 2007;127:682–6.
19. 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.
20. Gfeller K, Lansing CR. Melodic, rhythmic and timbral perception of adult cochlear implant users. *J Speech Hear Res.* 1991;34:916–20.