

# Estimulación bimodal en los pacientes con implante coclear

## Bimodal stimulation In patients with Cochlear implant

Juan Manuel García Gómez<sup>\*</sup>, Clemencia Barón<sup>\*\*</sup>, Augusto Peñaranda Sanjuan<sup>\*\*\*</sup>, María Leonor Aparicio<sup>\*\*</sup>

### RESUMEN

*La audición normal es binaural lo cual permite escuchar apropiadamente en ambientes de ruido, localizar el sonido y maximizar el procesamiento auditivo central en las diferentes etapas del desarrollo cortical en lo períodos críticos y en la vida cotidiana. Hoy en día la gran evolución tecnológica en el campo de los implantes cocleares nos ha permitido implantar pacientes desde el primer año de vida y aún antes en casos seleccionados. Igualmente la implantación coclear bilateral tiene importantes ventajas con todo el respaldo científico. En este artículo presentamos la experiencia del Programa de implante Coclear de la Fundación Santa Fe de Bogotá en pacientes adultos y niños que utilizan audífono y un implante coclear en el oído con menores restos auditivos(estimulación bimodal ) Presentamos una revisión de la literatura donde se confirman las ventajas de este tipo de estimulación como discriminar mejor en ambientes de ruido, compensar el efecto sombra de la cabeza, mejorar la localización del sonido y mejorar la capacidad de filtra el lenguaje en ruido (efecto squelch , silenciamiento )*

**Palabras clave:** *Implante coclear, Estimulación bimodal, Estimulación binaural.*

---

\* Jefe Sección de Otorrinolaringología. Fundación Santa Fe. Profesor de cátedra, Universidad de los Andes. Director posgrado de Otología, Hospital de San José. Fundación Universitaria de Ciencias de la Salud. Bogotá.

\*\* Audióloga programa Implante Coclear. Fundación Santa Fe de Bogotá.

\*\*\* Epidemiólogo. Otólogo. Programa implante Coclear. Fundación Santa Fe de Bogotá.

Correspondencia:  
Juan Manuel García Gómez  
jm.garcia@ama.com.co

Recibido: 13-III-2009

Aceptado: 12-IV-2009

## ABSTRACT

*Normal hearing is binaural which allows for the adequate hearing ability in noisy environments, the proper perception of sound direction and maximization of the central auditory process in the various cortical development stages, both during critical periods of time and everyday life. The advanced technological evolution in the field of cochlear implants has allowed us to implant patients from their first year of age and even before in some selected cases, nowadays. Also bilateral cochlear implantation offers significant advantages with all the scientific support. In this article we present the experience of the Cochlear Implant Program at Fundación Santa Fe de Bogotá in adult patients and in children that use the hearing aid as well as a cochlear implant in the ear with less residual hearing (bimodal stimulation). We present a literature revision that confirms the advantages of this kind of stimulation such as a better sound discrimination ability in noisy environments, the making up for the shadow effect of the head, the enhancement of the ability to track down sounds and also, the improvement of the in noise language filtering skill (the squelch effect, silencing)*

**Key words:** Cochlear implant, Bimodal stimulation, Binaural stimulation

La audición binaural permite el óptimo funcionamiento del sistema auditivo, con una mejor comprensión del lenguaje en silencio y en ambientes de ruido e igualmente maximiza la habilidad para localizar la fuente sonora (1,2).

Desde al año de 1992 en que iniciamos el primer programa de Implante Coclear en Colombia (3,4), en la selección de los pacientes adultos y niños que hemos implantado, hacemos especial énfasis en el trabajo en equipo con nuestras audiólogas y en la óptima amplificación binaural con audífonos apropiadamente adaptados previa a la decisión quirúrgica. Consideramos que antes de un implante coclear especialmente en los niños además de todos los estudios electrofisiológicos pertinentes, debemos haber confirmado que no se beneficia del uso de audífonos y recomendamos una amplificación binaural entre 3 a 6 meses conocida como terapia diagnóstica. Este período de terapia diagnóstica confirma la meseta en el desarrollo de las habilidades auditivas, integra a la familia al proceso de rehabilitación y el niño se adapta al uso de una prótesis auditiva. La excepción sería un niño con meningitis el cual requiere de una implantación bilateral precoz por el riesgo de obliteración coclear.

El implante coclear estaba indicado inicialmente en 1992 para pacientes adultos y niños con hipoacusias neurosensoriales profundas que no tenían ningún beneficio de los audífonos. La mayoría de estos pacientes suspendió el uso de audífonos una vez implantados, ya que éste no le ofrecía beneficio adicional. A través de los años los resultados en discriminación del lenguaje en pacientes implantados ha mejorado en forma muy significativa. Hoy en día los grandes avances tecnológicos del implante coclear, sus

procesadores y las estrategias de programación han permitido que implantemos pacientes con pérdidas severas a profundas neurosensoriales con audición residual en frecuencias graves. En adultos el implante coclear está indicado cuando las pruebas de discriminación abierta en frases en el oído implantar están por debajo de 50% y en el no implantado en 60%. En este grupo de pacientes sin duda está indicado el uso de un audífono en el oído no implantado (estimulación bimodal) (5,6) (Figura 1) e igualmente en casos seleccionados optamos por estimulación con implante coclear para frecuencias agudas y audífono en el peor oído y audífono en el oído contralateral (estimulación híbrida). La estimulación híbrida que preserva las frecuencias graves, tiene claras indicaciones y mejoran todos los aspectos de la binauralidad incluyendo la percepción musical. El uso de la estimulación bimodal, para suministrar audición binaural, surge como consecuencia de la ampliación de las indicaciones para implantes cocleares.

En países como Estados Unidos, Alemania y otros países desarrollados, es hoy un estándar de práctica el implante bilateral, especialmente en la población pediátrica; pero ésta no es la realidad de la mayoría de países latinoamericanos, donde el factor económico impide acceder masivamente al implante bilateral.

Es entonces importante considerar otras estrategias audiológicas en casos seleccionados, para ofrecer a los pacientes las ventajas que brinda la audición binaural: eliminación del efecto sombra de la cabeza, la sumación binaural y el efecto de no-enmascaramiento binaural (squelch), los cuales se evidencian en la cotidianidad en mejoría en la discriminación del habla en ruido y mejor

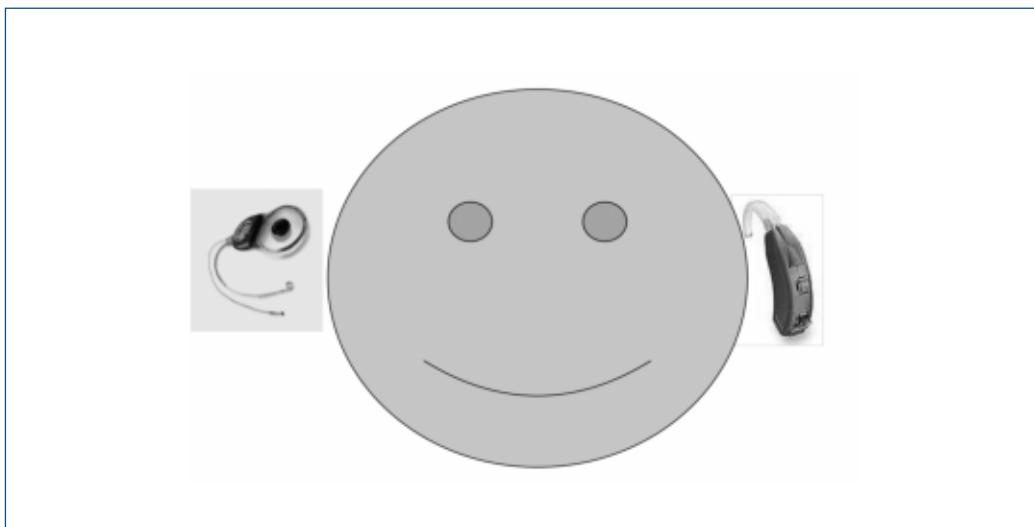
localización de la fuente sonora. Esta ventaja binaural puede ser ofrecida por la combinación de estimulación eléctrica proveniente del implante coclear y la estimulación acústica que brinda un audífono; este tipo de estimulación se conoce como “bimodal”.

El uso de estimulación bimodal ha sido probado desde hace varios años atrás, a partir de la expansión de criterios de implantación a pérdidas neurosensoriales severas a profundas, cuando accedieron a ser implantados individuos con mayores restos auditivos, restos susceptibles de ser amplificados con un audífono potente convencional. Estos intentos generaron inmediatamente cuestionamientos en la comunidad audiológica referente al efecto que tendría en el individuo la combinación de dos tipos de energía, eléctrica y acústica; ¿podría el individuo ser capaz de combinar esta información tan diferente en su cerebro, o por el contrario habría una especie de “interferencia binaural”? Este interrogante fue estudiado por diferentes autores (7), siendo los estudios más reconocidos los realizados por Therese Ching (8-10) en donde demostró que tanto adultos como niños se beneficiaban de la estimulación bimodal, especialmente mejorando puntajes de discriminación en ruido y habilidades de localización, y en ningún caso se vio detrimento al combinar el uso de los dos sistemas.

En nuestra experiencia y la de muchos autores, la implantación coclear bilateral (11) mejora la comprensión del lenguaje especialmente en ruido y tiene hoy en día todo el respaldo científico para estar claramente indicada en

los pacientes adultos y niños que han sido estrictamente seleccionados, siempre que hallamos confirmado que la magnitud del beneficio es mayor que la estimulación bimodal. No olvidemos que la tecnología de audífonos ha alcanzado igualmente gran sofisticación (digitales, 20 canales, trasposición frecuencial) y es ahí donde el trabajo interdisciplinario con nuestras audiólogas juega un papel fundamental en la decisión. Otro aspecto a destacar es que muchos usuarios de audífonos son candidatos para estimulación bimodal o híbrida. Estos límites los define el equipo interdisciplinario basado en los protocolos audiológicos prequirúrgicos de la selección de candidatos, en pruebas de discriminación a campo libre con y sin ruido. No olvidemos que el paciente no debe evaluarse únicamente en la cámara acústica, sino en su desempeño diario de un mundo con permanente interacción y ruido ambiental.

La estimulación binaural bien sea con implante coclear bilateral o estimulación bimodal permite la percepción de un amplio campo dinámico facilitando la adquisición del lenguaje en periodos críticos de plasticidad neural en los niños, garantizando la mielinización cortical. La amplificación apropiada binaural con audífonos en este período es crítica y su uso previo es un criterio fundamental en la selección de candidatos con pérdidas prelinguales de larga evolución. Hemos tenido varios pacientes pediátricos con estimulación bimodal precoz que hoy en día son candidatos para implante bilateral secuencial, pues el oído estimulado con audífonos ha presentado una progresión de la pérdida auditiva.



**Figura 1.** Estimulación bimodal. Estimulación acústica a través de un audífono en oído izquierdo, estimulación eléctrica a través de un implante coclear en oído derecho. Diapositiva cortesía del Dr. Manuel Manrique. Universidad de Navarra, España.

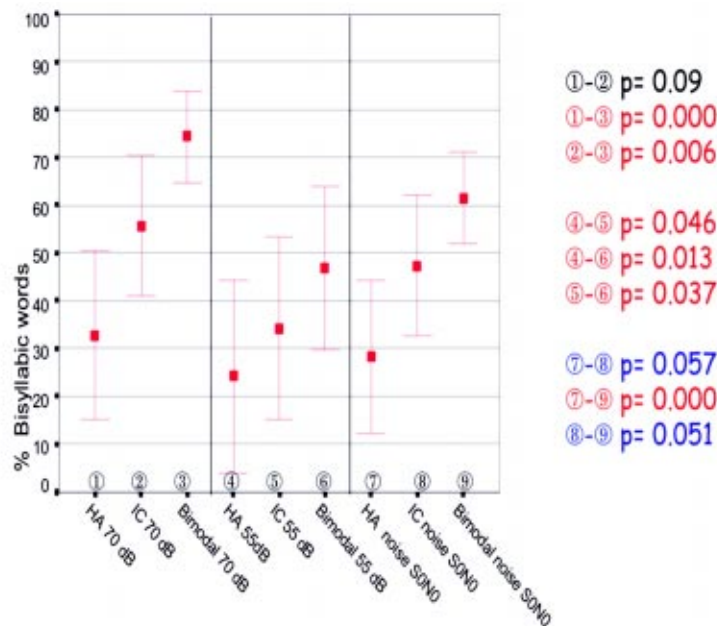
La estimulación bimodal compensa el efecto sombra de la cabeza (12) adicionando un segundo oído contralateral al lado del ambiente de ruido, lo cual brinda una ventaja muy importante en estos pacientes. La cabeza actúa como una barrera acústica a la fuente sonora, y el sonido y ruido procedentes de diferentes lugares espaciales llegan a cada oído con pequeñas diferencias de tiempo e intensidad. El efecto sombra de la cabeza es más eficaz para los sonidos en el rango de alta frecuencia. Igualmente la localización del sonido está dada por las diferencias de intensidad y tiempo entre los dos oídos y esto se observa claramente en los pacientes con estimulación bimodal. Otro aspecto es la capacidad que tiene el cerebro para separar en ambiente de ruido el lenguaje y entender mejor (efecto de silenciamiento - squelch), es un componente neurológico del sistema auditivo central para procesar y mejorar la percepción auditiva en ruido. Esta característica se observa en la estimulación bimodal. El cerebro tiene la capacidad de procesar estas señales, mejorando el rango dinámico y la calidad del sonido, de tal forma que la representación central de la señal es más favorable.

Otro aspecto ampliamente conocido en la amplificación binaural con audífonos, implante coclear bilateral y estimulación bimodal es la sumación binaural lo que ofrece una ventaja entre 3 a 10 dB. Esto lo hemos confirmado en nuestros pacientes implantados bilaterales y usuarios de audífonos en el oído no implantado (estimulación bimodal). En las pruebas a campo libre el umbral audiométrico mejora 6 decibeles. Esta sumación binaural demuestra la capacidad de integrar y amplificar centralmente el sonido recibido, lo cual ofrece una ventaja para procesar la información auditiva que llega a los dos oídos simultáneamente con igual tiempo e intensidad.

Los resultados de la investigación en estimulación bimodal han sido ampliamente publicados demostrándose las ventajas descritas anteriormente, mejorando la discriminación del lenguaje en niños y adultos a nivel conversacional y en ruido lo cual se traduce en una mejoría de todos estos aspectos auditivos, e igualmente en la escolaridad en los niños, calidad de empleo en los adultos, socialización y en mejoría de la calidad de vida de los pacientes.

## Test de bisílabos: 6 meses postIC

Estudio multicéntrico: Pamplona, Valencia, Las Palmas, Barcelona



**Figura 2.** Discriminación de bisílabos en 12 pacientes postlingüales a 70dB, 55dB y en ruido SONO. IC: implante coclear HA: audífono, bimodal. Diapositiva cortesía del Dr. Manuel Manrique, Universidad de Navarra, España.

En un estudio multicéntrico del grupo Español (12) se demuestran las ventajas de la estimulación bimodal. (Figura 2); en 12 pacientes poslinguales, la discriminación abierta de bisílabos a campo libre a 70 dB es mejor con la estimulación bimodal (3), comparado con audífonos solo (1) e implante coclear (2). A 55 dB las diferencias son igualmente significativas e igualmente en ruido S0N0 (7-9). Las diferencias fueron estadísticamente significativas cuando el implante estaba cerca de la fuente de ruido ( $p=0.002$ ) o el audífono cerca de la fuente de ruido ( $p=0.0005$ ).

Morera C, Manrique M, Ramos A, Advantages of binaural hearing provided through bimodal stimulation via a cochlear implant and a conventional hearing aid: A 6-month comparative study. *Acta Oto-Laryngologica*, 2005; 125: 596-606.

Este estudio (12) confirma las ventajas de la estimulación bimodal en silencio y en ruido para entender palabras bisilábicas comparado con el estímulo monoaural del audífono o el implante coclear. Esto indica que los pacientes integran con éxito la señal de dos tipos diferentes de estímulo.

En el estudio de Tyler R (13), se observa que en las oraciones CUNY en ruido los tres pacientes demuestran mejor discriminación en el modo bimodal y que en las palabras monosilabitas en silencio (CNC) igualmente hay diferencia en el modo bimodal. Los pacientes de este estudio subjetivamente manifestaron que el uso del audífono en el oído no implantado (modo bimodal), les brindaba información adicional, audición más clara y confortable e igualmente poder entender mejor al usar el teléfono entre otros aspectos.

En el estudio de Ching T (15), se confirma lo que hemos analizado y que aún los pacientes poslinguales que no han sido usuarios de audífonos en el oído no implantado se benefician y deben ser amplificados.

Otros estudios como el de Sucher CM (14) demuestran que la estimulación bimodal es preferida por los pacientes en gran variedad de situaciones como música, ruido y ambientes con reverberación.

La evidencia actual demuestra que la rehabilitación binaural es el estado del arte actual en el manejo de los pacientes con hipoacusias neurosensoriales moderadas, severas a profundas (15). Un metanálisis de Schafer EC (16), que analiza los estudios de implante coclear bilateral y estimulación bimodal, confirma todos los beneficios anteriormente descritos.

En el programa de Implante Coclear de la Fundación Santa Fe hemos tenido experiencia con niños y adultos usuarios de audífono en el oído contralateral al implante coclear, obteniendo diferentes grados de beneficio, unos que logran discriminación en formato abierto con ambos sistemas, mientras otros logran con el audífono tan solo detección de presencia de sonidos. Es claro que el mayor beneficio del audífono está asociado a mejores restos auditivos en el oído al que se adaptó el audífono, y al uso previo de éste; en aquellos pacientes con muy pobre audición residual, los beneficios a veces son tan pocos que el individuo ha terminado descartando el uso de su audífono.

En nuestra población pediátrica, cerca del 20% de pacientes usa audífono contralateral en la actualidad; en la población adulta esta cifra está alrededor del 10%; esta cifra ha venido incrementándose de forma significativa en el último año a raíz de la opción ofrecida en el mercado de un audífono digital super potente de Phonak, el Naida, con la novedosa característica de compresión y transposición de frecuencias permitiendo que en pérdidas auditivas severas a profundas con mínima audición residual en las frecuencias agudas, la información acústica de esta zona frecuencial sea primero comprimida y luego desplazada a la zona frecuencial contigua donde hay mayores restos amplificables. Los resultados obtenidos a la fecha son muy positivos, evidenciándose en el grupo de pacientes que están usando esta tecnología, un mejor desempeño en todas las tareas auditivas, muy significativo a nivel de discriminación del habla en ruido, y en la percepción musical; se observan también mejoras en la expresión oral del lenguaje.

En nuestros pacientes usuarios de otros audífonos encontramos en general mejoría en discriminación de habla en ruido, y mejoría en localización, más no hemos tenido reportes específicos de beneficio a nivel de apreciación musical o expresión oral.

En general, todo el grupo de pacientes con estimulación bimodal en nuestro programa de implante coclear expresa una mayor facilidad para realizar las tareas auditivas, encuentra que las señales acústica y eléctrica se complementan y no generan interferencias y a nivel subjetivo, reportan que prefieren el uso combinado de los dos sistemas en vez del uso individual de cada uno de ellos, así sean usuarios de implante coclear con óptimo beneficio.

Con respecto a las estrategias de adaptación del audífono, nuestro grupo ha buscado optimizar los ajustes del audífono en función de tener la mejor audibilidad posible, con comodidad y buena tolerancia; no se ha visto la necesidad de hacer tareas de balanceo de volumen de las dos prótesis

(audífono e implante coclear), tarea difícil de realizar especialmente en niños pequeños. De la misma forma, no se han hecho modificaciones a las fórmulas de prescripción de los audífonos; se han usado las mismas aplicadas cuando se trata de adaptación exclusiva de audífono (por ejemplo DSL para niños) con resultados satisfactorios.

En la actualidad, el Programa de Implante Coclear de la Fundación Santa Fe ha integrado a su protocolo de trabajo la sugerencia de adaptación contralateral de audífono a todos nuestros pacientes que tengan restos auditivos amplificables al menos en 3 frecuencias, convencidos del beneficio que ofrece la estimulación bimodal a nivel de la obtención de las ventajas binaurales.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Dillon H. Hearing aids. *Turrumurra*, N.S.W., Australia: Boomerang Press; 2001.
2. Colburn HS, Zurek PM, Durlach NI. Binaural directional hearing/ impairments and aids. In: Yost WA, Gourevitch G, editors. *Directional hearing*. New York: Springer-Verlag; 1987; 261-278.
3. García JM, Barón de Otero C, García J, Peñaranda A, Niño C, Campos S. *Surgical treatment and rehabilitation of prelingually and perilingually deafened children and adults with the nucleus multichannel cochlear implant*. *Ear Nose Throat J*. 1994 Mar; 73 (3):169-175.
4. Peñaranda A, García JM, García J, Baron C. *The experience in Colombia, South America, with Nucleus 22 channel cochlear implants*. *Adv Otorhinolaryngol*. 1997; 52: 312-314.
5. Chmiel RA, Clark J, Jerger J, Jenkins H, Freeman R. *Speech perception and production in children wearing a cochlear implant in one ear and a hearing aid in the opposite ear*. *Ann Otol Rhinol Laryngol Suppl* 1995; 166: 314-316. Bimodal stimulation study 605.
6. Dooley GJ, Blamey PJ, Seligman PM, Alcantara JI, Clark GM, Shalloo JK, et al. *Combined electrical and acoustical stimulation using a bimodal prosthesis*. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 1993; 119: 55-60.
7. Blamey PJ, Armstrong M & James, J. Cochlear implants, hearing aids, or both together? In: Clark, GM (ed.), *Cochlear Implants*. Bologna: Monduzzi Editore. 1997; 273-277.
8. Ching T, Psarros C, Hill M, Dillon H & Incerti P. *Should children who use cochlear implants wear hearing aids in the opposite ear?* *Ear and Hearing*, 2001; 22 (5): 365-380.
9. Ching T, Incerti P, Hill M. *Binaural benefits for adults who use a hearing aid and a cochlear implant in opposite ears*. *Ear and Hearing*, 2004; 25 (1): 9-21.
10. Ching T, van Wanrooy E, Hill M & Dillon H. Binaural redundancy and interaural time difference cues for patients wearing a cochlear implant and a hearing aid in opposite ears. *International Journal of Audiology*, 2005; 44: 513-521.
11. Laszig R, Aschendorff A, Stecker M, Müller-Deile J, Maune S, Dillier N, et al. Benefits of bilateral electrical stimulation with the Nucleus cochlear implant in adults: 6-month postoperative results. *Otol Neurotol* 2004; 25: 958-968.
12. Morera C, Manrique M, Ramos A, Advantages of binaural hearing provided through bimodal stimulation via a cochlear implant and a conventional hearing aid: A 6-month comparative study. *Acta Oto-Laryngologica*, 2005; 125: 596-606.
13. Tyler RS, Parkinson AJ, Wilson BS, Witt S, Preece JP, Noble W. *Patients utilizing a hearing aid and a cochlear implant: speech perception and localization*. *Ear Hear* 2002; 23: 98-105.
14. Sucher CM, McDermott HJ. *Bimodal stimulation: benefits for music perception and sound quality*. *Cochlear Implants Int* 2009; 10 (Suppl 1) 96-99.
15. Ching TY, Messie R, Van Wanrooy E. *Bimodal fitting or bilateral implantation?* *Cochlear Implants Int*. 2009 ; 10 (Suppl 1), 23-27.
16. Schafer EC, Amlani AM, Seibold A, Shattuck PL. *A meta-analytic comparison of binaural benefits between bilateral cochlear implants and bimodal stimulation*. *J Am Acad Audiol*. 2007 Oct; 18 (9): 760-776.