

# Beneficios económicos del implante coclear para la hipoacusia sensorineural profunda

Augusto Peñaranda,<sup>1</sup> Juan Carlos Mendieta,<sup>2</sup>  
Jorge Andrés Perdomo,<sup>2</sup> María Leonor Aparicio,<sup>1</sup>  
Lina Marcela Marín,<sup>2</sup> Juan Manuel García<sup>1</sup>  
y Clemencia Barón<sup>1</sup>

**Forma de citar** Peñaranda A, Mendieta JC, Perdomo JA, Aparicio ML, Marín LM, García JM, et al. Beneficios económicos del implante coclear para la hipoacusia sensorineural profunda. Rev Panam Salud Publica. 2012;31(4):325–31.

## RESUMEN

**Objetivo.** Evaluar el costo-beneficio (CB), costo-utilidad (CU) y costo-efectividad (CE) de la implantación coclear, comparándola con el uso de audífonos en niños con hipoacusia sensorineural profunda bilateral.

**Métodos.** Se empleó la técnica no paramétrica Propensity Score Matching (PSM) para realizar la evaluación de impacto económico del implante y así llevar a cabo los análisis CB, CU y CE. Se utilizó información primaria, tomada aleatoriamente a 100 pacientes: 62 intervenidos quirúrgicamente con el implante coclear (grupo de tratamiento) y 38 pertenecientes al grupo de control o usuarios de audífono para tratar la hipoacusia sensorineural profunda.

**Resultados.** Se halló un diferencial de costos económicos —en beneficio del implante coclear— cercano a US\$ 204 000 entre el implante y el uso de audífonos durante la esperanza de vida de los pacientes analizados. Dicha cifra indica los mayores gastos que deben cubrir los pacientes con audífono. Con este valor descontado, el indicador costo-beneficio señala que por cada dólar invertido en el implante coclear, para tratar al paciente, el retorno de la inversión es US\$ 2,07.

**Conclusiones.** El implante coclear genera beneficios económicos para el paciente. También produce utilidades en salud dado que se encontró una relación positiva de CU (ganancia en decibeles) y CE (ganancia en discriminación del lenguaje).

## Palabras clave

Análisis costo-beneficio; pérdida auditiva; implantes cocleares; audífonos; sordera; Colombia.

La hipoacusia sensorineural —o sordera profunda— es una enfermedad que afecta al funcionamiento del oído interno y cuya causa se desconoce en cerca de 30% de los casos registrados (1). En Co-

lombia, uno de cada 1 000 recién nacidos sufre de sordera profunda (2). Su aparición en la etapa prelingual implica más años de rehabilitación y escolaridad, y por ende, una menor productividad a lo largo de su vida económicamente activa.

Tradicionalmente, las opciones terapéuticas para la población con limitaciones auditivas han consistido en el uso de audífonos, el ingreso a educación especial (lenguaje de señas) y la terapia ocupacional durante gran parte de

su vida. Sin embargo, en la mayoría de casos la hipoacusia sensorineural es tan profunda que los audífonos no brindan ningún beneficio en la amplificación de la audición, limitando el desarrollo de un lenguaje auditivo-oral (3).

Las personas con sordera profunda bilateral que han sido habilitadas con audífonos y educación especial (lenguaje de señas) requieren un intérprete cuya intensidad de apoyo está determinada por los niveles de sordera. Por consiguiente,

<sup>1</sup> Grupo Implante Coclear, Fundación Santa Fe de Bogotá, Bogotá, Colombia. La correspondencia se debe dirigir a Augusto Peñaranda. Correo electrónico: implantefunsantafe@hotmail.com

<sup>2</sup> Universidad de los Andes, Facultad de Economía, Centro de Estudios Sobre Desarrollo Económico (CEDE), Bogotá, Colombia.

este tipo de rehabilitación genera mayores costos económicos y sociales debido a la disminución de la productividad laboral, la cual redundará en baja efectividad no solo en términos clínicos sino también por el aislamiento social y, en algunos casos, la discriminación que experimentan quienes sufren la enfermedad (4).

En búsqueda de una solución al problema descrito, algunos investigadores diseñaron el implante coclear, producto de innumerables estudios electrofisiológicos de la audición y de grandes avances tecnológicos. Se trata de un dispositivo con ventajas reconocidas que permite interpretar los estímulos sonoros a través de la estimulación eléctrica del nervio auditivo, generando mayores beneficios económicos, auditivos y comunicativos no solo a los pacientes y sus familias sino además a la sociedad en general.

Con el implante coclear se logra un desarrollo de lenguaje oral en el paciente, facilitando la asistencia a una institución educativa regular. En consecuencia, los costos en educación son menores comparados con los que requieren los individuos con otro tipo de ayudas auditivas. Además de generar un ahorro económico, este dispositivo mejora el estado de salud del paciente, compensando así con creces el valor de la intervención quirúrgica para implantarlo (3).

Sin embargo, el grado de beneficios obtenidos en el desarrollo del lenguaje con el implante coclear lo determinan factores como la edad de aparición de la pérdida auditiva, tiempo de privación auditiva, fenómenos de plasticidad neural cerebral en los primeros años de vida y edad en que se realiza la colocación del implante. Hay además otros determinantes de la enfermedad desde el punto de vista médico y social,<sup>3</sup> tales como malformaciones del oído interno, alteraciones del desarrollo psicomotor y enfermedades concomitantes, el nivel sociocultural de la familia, y el apoyo logopédico pre y postimplante del entorno familiar.

En este marco, el objetivo del presente estudio fue evaluar el costo-beneficio (CB), costo-utilidad (CU) y costo-efectividad (CE) de la implantación coclear, comparándola con el uso de audífonos en niños

con hipoacusia sensorineural profunda bilateral.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los datos socioeconómicos y médicos del estudio se basaron en información primaria y secundaria. La primera fue tomada aleatoriamente de una población de 1 200 pacientes intervenidos quirúrgicamente con implante coclear en Bogotá, Colombia, para un tamaño total de 100 pacientes encuestados<sup>4</sup> durante 2009 mediante muestreo simple ( $n$ )<sup>5</sup> (5).

La información secundaria se consiguió consultando los cuadros clínicos de los mismos pacientes. De este modo se pudo conformar un grupo de tratamiento (implantación coclear) de 62 individuos<sup>6</sup> y uno de control equivalente a 38 usuarios de audífonos, sin patologías asociadas. Acorde con sus características socioeconómicas similares, fue posible implementar la técnica de emparejamiento Propensity Score Matching (PSM),<sup>7</sup> para estimar el impacto económico<sup>8</sup> del implante coclear sobre los pacientes intervenidos quirúrgicamente (6–11).

Los resultados obtenidos se aplicaron a quienes usaban audífonos (grupo de control) y pudieran ser potencialmente

implantados coclearmente, para lo cual se siguió el desarrollo metodológico integrado de PSM, costo-beneficio, costo-utilidad y costo-efectividad, cuyo diseño incluyó los pasos siguientes:

1. Estimar el modelo del ingreso familiar determinado por las principales variables socioeconómicas para incluirla, corregida, en el modelo de probabilidad Probit.
2. Estimar la función Probit con el fin de encontrar la probabilidad de ser implantado para cada paciente de la muestra.
3. A partir de ese resultado, restringir la muestra al soporte común —dado por la probabilidad que tienen los usuarios de audífonos de ser intervenidos quirúrgicamente con el implante.
4. Realizar el emparejamiento (mediante el método de vecinos cercanos<sup>9</sup> y por probabilidad Kernel) entre los grupos de control y tratamiento.
5. Comparar los costos promedio emparejados empleando el estadístico de prueba *t-Student* convencional para comparar medias aritméticas y evidenciar el impacto del implante sobre los costos de largo plazo, mediante el efecto promedio del programa de participantes (EPPP) o el promedio del tratamiento sobre los tratados (ATT, siglas en inglés de Average Treatment on the Treated).
6. Utilizar los resultados de PSM para el análisis CB, CU y CE (12). Este método permite evidenciar estadísticamente la diferencia en los costos de largo plazo (educación, baja productividad, terapias y otros gastos del hogar relacionados con la enfermedad) por tipo de paciente. A continuación se muestra el modo en que los sujetos del estudio fueron clasificados e indagados.

*Grupo tratamiento* (pacientes con el implante coclear):<sup>10</sup>

- Costos quirúrgicos y de prótesis.

<sup>4</sup> En el formulario se detallaron —discriminados por paciente con y sin implante coclear— los principales rubros de gastos incurridos por el tiempo de uso de audífonos e implantes (quirúrgicos, prótesis, terapias, transporte, alimentación, educación y mantenimiento del dispositivo, entre otros) y por características socioeconómicas (edad, años de educación, composición familiar, ingresos, estado civil, género y nivel de educación, entre otras) y médicas (tamizaje neonatal, edad de aparición y causa de la enfermedad, entre otras).

<sup>5</sup>  $n = \frac{Z^2 pqN}{NE^2 + pqZ^2}$ , donde  $n$  es el tamaño de la muestra (equivalente a 97,74  $\approx$  100),  $Z$  el nivel de confianza asumido (90,5%),  $P$  la variabilidad positiva (0,5),  $q$  la variabilidad negativa (0,5),  $N$  el tamaño de la población (1 200) y  $E$  la precisión o error para realizar la muestra (9,5%).

<sup>6</sup> Individuos pertenecientes a la Fundación CINDA (Centro de Investigación e Información para el Deficiente Auditivo), al Instituto Colombiano de Audición y Lenguaje (ICAL), al Instituto de Niños Sordos y al Grupo Implante de la Fundación Santa Fe de Bogotá, quienes habían sido intervenidos quirúrgicamente entre 1992 y 2006.

<sup>7</sup> Definido como un método no paramétrico de comparación, que permite confrontar los impactos de un proyecto o políticas sobre un individuo afectado por su implementación, con otro de características socioeconómicas o demográficas homogéneas no impactado que tuvo la oportunidad de ser acogido por el programa.

<sup>8</sup> Los beneficios económicos de tener un implante coclear se estimaron mediante el ahorro logrado o diferencia promedio en los costos incurridos por un paciente durante el resto de su vida cuando adopta el implante o usa audífonos.

<sup>9</sup> Consiste en comparar cada paciente con implante coclear con aquellos que tienen la probabilidad más cercana de contar con esta tecnología.

<sup>10</sup> Teniendo en cuenta que después de 5 años (promedio) de ser implantado el paciente se incorpora a la vida social como una persona sin limitaciones auditivas. Por lo tanto los costos relacionados, después de la cirugía, únicamente son asumidos durante este lapso de tiempo.

<sup>3</sup> Historia familiar de pérdida auditiva, infecciones intrauterinas (p. ej. rubéola, toxoplasmosis, citomegalovirus, herpes, sífilis), malformaciones craneofaciales, hiperbilirrubinemia grave, meningitis bacteriana, asfixia severa, ventilación mecánica por más de 10 días, síndromes asociados a pérdida auditiva y desórdenes neurodegenerativos, entre otros.

- Costos de la terapia del lenguaje anuales por 5 años.
- Costos de la terapia ocupacional anuales por 5 años.
- Gastos anuales en salud, asumidos por el familiar, por 5 años.
- Costos de educación a partir de la fecha de encuesta y hasta el 11° grado (bachillerato).
- Otros costos relacionados con el cuidado del niño durante los próximos 5 años, como medicamentos, terapias y pólizas.
- Costos anuales de las pilas durante los próximos años de vida, hasta que muera, asumiendo 78 años de esperanza de vida para la mujer y 72 años para el hombre.
- Costos anuales en cables durante los próximos años de vida, hasta que muera, asumiendo 78 años de esperanza de vida para la mujer y 72 años para el hombre.
- Costos anuales durante 5 años en alimentación, transporte y otros gastos relacionados con una visita a un centro de rehabilitación para niños sordos.
- Costo de oportunidad del familiar por dejar de trabajar para cuidar al niño por 5 años, calculado a partir del salario mensual del familiar, dividido por 4 semanas del mes, dividido por 44 (horas promedio trabajadas semanalmente) —valor que representa el salario por hora de trabajo. Posteriormente, este valor se multiplica por el número de horas que el familiar le dedica diariamente al cuidado del niño y se multiplica por 240 (días hábiles de trabajo al año); este valor representa el ingreso anual que está dejando de percibir el familiar por cuidar al niño.

*Grupo de control* (niños con audífono):

- Costos de terapia del lenguaje.
- Costos de terapia ocupacional.
- Gastos anuales en salud, asumidos por el familiar, desde 2008 hasta los años que le quedan de vida (según la esperanza de vida).
- Costos de educación a partir de la fecha de encuesta y hasta el 11° grado (bachillerato).
- Otros costos relacionados con el cuidado del niño por los años que le quedan de vida, como medicamentos, terapias y pólizas.
- Costos de audífonos cada 5 años (vida útil) por los años que le quedan de vida.
- Costos anuales en pilas durante los próximos años de vida, hasta que

**CUADRO 1. Estadísticas descriptivas de las principales características socioeconómicas de la muestra analizada, Bogotá, Colombia, 2009**

Variable	No. de observaciones	Promedio	Desviación estándar	Valor mínimo	Valor máximo
Nivel de educación familiar	98	3,36	0,90	2	5
Edad del acudiente	95	35,62	8,93	16	58
Número de personas en el hogar	100	4,26	1,18	1	9
Costos de largo plazo (US\$)	100	136 000	77 812,7	55 000	338 000
Edad del paciente	100	11,38	4,93	2	25
Ingreso del hogar (US\$)	99	879,5	967,2	103,2	6 611,5

*Fuente:* elaboración de los autores.

muera, asumiendo 78 años de esperanza de vida para la mujer y 72 años para el hombre.

- Costos anuales en moldes durante los próximos años de vida, hasta que muera, asumiendo 78 años de esperanza de vida para la mujer y 72 años para el hombre.
- Costos anuales en alimentación, transporte y otros gastos relacionados con una visita a un centro de rehabilitación para niños sordos.
- Costo de oportunidad del familiar por dejar de trabajar para cuidar al niño, calculado a partir del salario mensual del familiar, dividido por 4 semanas del mes, dividido por 44 (horas promedio trabajadas semanalmente), valor que representa el salario por hora de trabajo. Posteriormente, este valor se multiplica por el número de horas que el familiar le dedica al niño al día y se multiplica por 240 (días hábiles de trabajo al año); este valor representa el ingreso anual que está dejando de percibir el familiar por cuidar al niño.
- Costo por pérdida en productividad, calculado como la diferencia salarial entre una persona con implante coclear (dos salarios mínimos) y una persona con audífono (un salario mínimo), durante 37 años (edad económicamente activa, 55 años, edad de pensión menos 18 años) para el caso de las mujeres y 42 años (60 años, edad de pensión, menos 18 años) para el caso de los hombres.

Con los objetivos de conocer la calidad de la información y evitar sesgos en los resultados por errores de muestreo, se realizó el cálculo de las estadísticas descriptivas para estos y las variables socioeconómicas de los grupos de tratamiento y control, encontrándose que los costos de largo plazo derivados de la hipoacusia sensorineural ascienden a US\$ 136 000 (promedio) —rango

US\$ 388 000–US\$ 55 000 (13). La media aritmética del nivel de educación del familiar (en años de escolaridad), la edad del acudiente, el número de personas en el hogar, la edad del paciente y el ingreso del hogar, así como sus valores máximos y mínimos, se describen en el cuadro 1. Los resultados preliminares de las variables de interés no mostraron comportamientos atípicos, lo cual garantiza que la información recolectada en la encuesta es confiable y adecuada para realizar el ejercicio estadístico, econométrico y económico.

## RESULTADOS

Previo a la ejecución del método PSM, se estimó el ingreso en función de variables socioeconómicas como años de escolaridad, edad, género, estado civil y número de personas que conforman y aportan al ingreso del hogar, dada su representatividad estadística e importancia para determinar su comportamiento —aunque otras variables no resultaron significativas, mantienen el signo esperado del coeficiente (relación directa si es positivo, e inversa para los negativos) (cuadro 2). Lo anterior se hizo con el fin de evitar sesgos en los resultados de PSM por endogeneidad<sup>11</sup> y así garantizar la correcta aplicación del procedimiento PSM (13). Por consiguiente, como segundo paso en el proceso PSM se estimó el modelo Probit (con la variable corregida del ingreso, tomada del resultado en el cuadro 2), del cual se obtuvo una probabilidad de 74% de estar implantado (cuadro 3).

<sup>11</sup> Porque las variables socioeconómicas (incluido el ingreso familiar) son determinantes para calcular la probabilidad de que un individuo con hipoacusia sensorineural pueda ser implantado coclearmente y simultáneamente explican el comportamiento del ingreso familiar.

**CUADRO 2. Estimación del ingreso para el hogar de pacientes con hipoacusia sensorineural, Bogotá, Colombia, 2009**

Variable independiente	Variable dependiente: ingreso		
	Coefficiente	Valor de P	IC95%
Años de escolaridad para el familiar acudiente del paciente	105,4 <sup>a</sup>	< 0,001	36,9 – 173,9
Género para el familiar acudiente del paciente (hombre = 1 y mujer = 0)	-279,9	> 0,1	-681,3 – 121,5
Edad en años cumplidos del familiar acudiente del paciente	24,6 <sup>a</sup>	< 0,01	3 541,3 – 45,6
Número de personas que conforman el hogar del paciente	-60,2	> 0,1	-182,3 – 6,2
Número de personas que aportan al ingreso del hogar del paciente	173,8	> 0,1	52,6 – 400,7
Estado civil del familiar acudiente del paciente (casado o unión libre = 1 y restantes = 0)	479,5 <sup>a</sup>	< 0,01	143,4 – 815,6
Estado civil del familiar acudiente del paciente (soltero = 1 y restantes = 0)	347,8	> 0,1	-142,5 – 838,2
Estado civil del familiar acudiente del paciente (viudo = 1 y restantes = 0)	996,9 <sup>a</sup>	< 0,01	612,5 – 1381,2
Constante (intercepto)	1 595,5 <sup>a</sup>	< 0,01	422,6 – 2 768,4
Número de observaciones	94	—	—
Coefficiente de determinación R-cuadrado	0,1791	—	—

**Fuente:** cálculos de los autores.

**Nota:** El valor de P se refiere como el valor de probabilidad que demuestra significancia estadística para una correspondiente variable de acuerdo al resultado del estadístico *t-student*. Abreviaturas. IC95%: intervalo de confianza de 95%; —: no corresponde a ningún valor.

<sup>a</sup> Variable significativa.

**CUADRO 3. Estimación de la probabilidad de contar con implante coclear para pacientes con hipoacusia sensorineural mediante un modelo Probit, Bogotá, Colombia, 2009**

Variable independiente	Variable dependiente: implantado (cualitativa binaria, implantado = 1 y audífono o ninguno = 0)		
	Coefficiente	Valor de P	Efecto marginal elasticidad
Ingreso estimado (obtenido del modelo ingreso estimado)	0,0000015 <sup>a</sup>	< 0,001	0,000000488 – 1,11
Años de escolaridad del familiar acudiente del paciente	0,3057892 <sup>a</sup>	< 0,001	0,099 – 1,508
Algún familiar sufre de sordera congénita (sí = 1 y no = 0)	-1,602051 <sup>a</sup>	< 0,001	-0,57 – -0,0936
Edad en años cumplidos del paciente	0,1596416 <sup>a</sup>	< 0,001	0,052 – 0,8218
Causa de sordera (genética = 1 y otra = 0)	2,087286 <sup>a</sup>	< 0,001	0,3130 – 0,0711
Edad en años cumplidos del familiar acudiente del paciente	-0,1707782 <sup>a</sup>	< 0,001	-0,0557 – -2,693
Método actual de habilitación (oral = 1 y manual o ambos = 0)	(-1,824972) <sup>a</sup>	< 0,001	-0,5958489 – -1,164393
Constante (Intercepto)	8,422178 <sup>a</sup>	< 0,01	—
Probabilidad	0,7367	—	—
Seudo R-cuadrado	0,5381	—	—
Número de observaciones	91	—	—

**Fuente:** elaboración de los autores.

**Nota:** el valor de P se refiere al valor de probabilidad que demuestra significancia estadística para una correspondiente variable de acuerdo al resultado del estadístico de la distribución normal estándar. Abreviaturas. —: no corresponde a ningún valor.

<sup>a</sup> Variable significativa.

Asimismo, las elasticidades estimadas en el modelo Probit indican que un aumento de 1% en el ingreso, años de escolaridad del acudiente y edad del paciente, incrementa la probabilidad de ser implantado en 1,11%, 1,51% y 0,82% respectivamente. Igualmente un incremento del 1% en la edad del familiar conlleva a disminuir la probabilidad en 2,69%. De igual forma, los pacientes con sordera congénita y habilitación oral tienen menor probabilidad de ser implantados en 0,09% y 1,16% respectivamente, cuando se los compara de modo análogo con otras causas de sordera

(p. ej. rubéola, meningitis o hipoxia) y otros métodos de habilitación empleados (manual o ambos) (cuadro 3).

A partir de los resultados recién descritos, y aplicando el método de vecinos cercanos y Kernel, se emparejaron las probabilidades obtenidas para cada paciente en el grupo de control y de tratamiento, y se determinaron sus costos de largo plazo promedio en cada grupo. Se evidenció que un paciente implantado gasta aproximadamente US\$ 99 000 en el tratamiento de la hipoacusia sensorineural durante toda su vida, contra un costo promedio cercano a US\$ 303 000

de un individuo con audífonos. Por consiguiente, el ahorro generado por beneficiario del implante coclear, durante su esperanza de vida, equivale a US\$ 204 000 (cuadro 4).

Asimismo, agregando los beneficios anteriores y los costos totales descontados a una tasa del 5%, 8% y 10%, se calculó el indicador costo-beneficio (ICB) en un escenario ex post,<sup>12</sup> cuyo valor

<sup>12</sup> Cabe resaltar que en el análisis costo-beneficio no fue considerado el valor del copago, porque es una cifra muy baja o poco representativa económicamente en Colombia.



**CUADRO 4. Comparación de los costos promedio de tratamiento de la hipoacusia sensorineural emparejados,<sup>a</sup> Bogotá, Colombia, 2009 (en dólares de Estados Unidos)**

Método	Vecinos cercanos	Variable	Muestra	Participante implantado	Participante audífono	Diferencia
N-vecinos		Costo total	No emparejadas	97 982,79	298 183,00	-200 200,50 <sup>b</sup>
	1	Costo total	EPPP (ATT)	97 982,79	270 259,00	-172 276,48 <sup>c</sup>
	5	Costo total	EPPP (ATT)	97 982,79	285 798,00	-187 815,64 <sup>b</sup>
	10	Costo total	EPPP (ATT)	97 982,79	323 310,00	225 327,41 <sup>b</sup>
EPPP (ATT) mediante n-vecinos			97 982,79	293 122,64	-195 139,85	
Kernel	1%	Costo total	EPPP (ATT)	86 831,00	309 018,21	-222 186,70 <sup>b</sup>
	5%	Costo total	EPPP (ATT)	106 267,00	312 930,46	-206 662,70 <sup>b</sup>
	10%	Costo total	EPPP (ATT)	106 267,00	318 099,11	-211 831,40 <sup>b</sup>
EPPP (ATT) mediante Kernel			99 789,00	313 349,26	-213 560,26	
EPPP (ATT) entre n-vecinos y Kernel			98 885,90	303 235,95	-204 350,06	

**Fuente:** elaboración de los autores.

**Nota:** EPPP: efecto promedio del programa de participantes; ATT: siglas en inglés de "promedio del tratamiento sobre los tratados".

<sup>a</sup> EPPP comparado con el grupo de control (P. audífono) y emparejado mediante el número de vecinos cercanos (v. cercanos -n-vecinos-) y probabilidad Kernel.

<sup>b</sup> Diferencia significativa a 1%.

<sup>c</sup> Diferencia significativa a 5%.

**CUADRO 5. Indicador costo-beneficio del implante coclear durante 1995–2008, Bogotá, Colombia (en dólares de Estados Unidos)**

Tasa de descuento	
Cinco por ciento	
ICB	2,07
VPN(BT)	40 959 696,40
VPN(CT)	19 820 553,50
Ocho por ciento	
ICB	2,07
VPN(BT)	33 514 026,90
VPN(CT)	16 217 565,60
Diez por ciento	
ICB	2,07
VPN(BT)	29 605 487,30
VPN(CT)	14 326 208,40

**Fuente:** elaboración de los autores.

**Nota:** ICB: indicador costo-beneficio; VPN: valor presente neto; BT: Beneficios totales; CT: Costos totales.

equivale a 2,07 (mayor a uno). El retorno de la inversión por cada dólar invertido en el implante coclear para tratar un paciente con hipoacusia sensorineural es de US\$ 2,07 (cuadro 5).

De igual forma, empleando la misma muestra emparejada, se halló que el promedio de ganancia auditiva en cada paciente con implante coclear pasó de 130 decibeles (dB) de pérdida auditiva prequirúrgica a 29,42 dB posquirúrgica, mientras que en los individuos con audífonos el promedio de ganancia auditiva pasó de 130 dB a 53,51 dB, demostrando que el diferencial en decibeles entre estos pacientes es mayor en los primeros 24,09 dB aproximadamente.

En los mismos pacientes emparejados e implantados se encontró un diferencial promedio de 24,53% en la discriminación de palabras (monosílabas y bisílabas) y frases en contextos abiertos (60,88% con implante y 36,35% con audífono), cifra que representa la evolución promedio de los implantados coclearmente en lo que se refiere al desarrollo del lenguaje, la cual resultó superior a la lograda por los usuarios de audífonos (cuadro 6).

Para calcular los indicadores costo-utilidad (US\$ 3,03) y costo-efectividad (US\$ 6,61) se usó el costo unitario de los decibeles recuperados y el porcentaje de lenguaje ganado, los cuales expresan en términos económicos los resultados médicos de la intervención quirúrgica (cuadro 6). Es así como cada peso invertido en el implante coclear genera una utilidad de US\$ 3,03 y una efectividad de US\$ 6,61 —que representan la ganancia económica de la recuperación médica del paciente con hipoacusia sensorineural por someterse a la cirugía coclear.

## DISCUSIÓN

De acuerdo con el objetivo establecido y los resultados obtenidos a través del desarrollo metodológico integrado de PSM, costo-beneficio, costo-utilidad y costo-efectividad, se puede destacar el cumplimiento empírico de los aspectos teóricos sobre la eficiencia del tratamiento de la hipoacusia sensorineural con el implante coclear versus las alternativas auditivas (audífonos) a lo largo de toda la vida proyectada del paciente (14–30).

La información, primaria y secundaria, permitió determinar un grupo de tratamiento (62 pacientes implantados coclearmente) y un grupo control (38 usuarios de audífonos), seleccionados de un muestreo aleatorio simple, cuyo tamaño se estimó en 100 individuos de acuerdo con una población total de 1 200 personas intervenidas quirúrgicamente. Se implementó el método de evaluación de impacto PSM, con el cual fueron emparejadas las probabilidades de obtener el implante coclear por parte de los usuarios de audífonos y fue posible comprobar que los costos de largo plazo promedio para tratar la hipoacusia sensorineural son inferiores para los pacientes implantados coclearmente (US\$ 99 000, aproximadamente) comparado con quienes utilizan audífonos en el tratamiento de la enfermedad (US\$ 303 000, aproximadamente). Tal diferencia representa un ahorro o beneficio aproximado de US\$ 204 000 para quienes reciben el implante, cifra que resultó estadísticamente significativa.

Con estos beneficios, y los costos de la intervención quirúrgica del implante coclear, se llevó a cabo el análisis de costo-beneficio, en un escenario ex post durante 1995 y 2008. De esta forma, se determinó que cada dólar invertido en el implante coclear tiene un retorno de la inversión correspondiente a US\$ 2,07. También, con los resultados anteriores fue posible realizar el análisis de costo-utilidad y costo-efectividad, los cuales demostraron en términos económicos la recuperación médica del paciente con hipoacusia sensorineural sometido a la cirugía coclear. En otras palabras, cada dólar invertido en

**CUADRO 6. Indicador costo-utilidad y costo-efectividad del implante coclear sobre pacientes implantados, Bogotá, Colombia, 2009 (en dólares de Estados Unidos)**

Indicador	Implante	Control	Diferencia promedio
Costo por individuo	\$98 885,90	\$303 235,95	\$204 350,06
Ganancia auditiva (dB)	29,42	53,51	24,09
	130–29,42 = 100,58	130–53,51 = 76,49	
Ganancia en discriminación del lenguaje (%)	60,88	24,53	–36,35
Índice costo-utilidad = 3,03	\$983,20	\$3 964,40	\$2 981,20
Índice costo-efectividad = 6,61	\$1 624,30	\$12 361,80	\$10 737,60

**Fuente:** elaboración de los autores.

**Nota:** Abreviatura. dB: decibeles.

el implante coclear genera una utilidad de US\$ 3,03 y una efectividad de US\$ 6,61 en el tratamiento de la enfermedad.

Se puede concluir entonces que, a partir de la evaluación del impacto económico y análisis de costo-beneficio, costo-utilidad y costo-efectividad, el implante coclear es una alternativa de solución eficiente y efectiva para corregir la hipoacusia sensorineural en los niños colombianos, dado que genera ganancias auditivas, comunicativas y económicas a los pacientes y sus familias. Tal hallazgo podría proveer argumentos de peso que ayuden a las entidades gubernamentales

encargadas de la salud a mitigar el problema, toda vez que los resultados aquí descritos deberían ser relevantes para la toma de decisiones y el diseño de políticas públicas sobre el tratamiento de la hipoacusia sensorineural. Las limitaciones económicas y el deterioro en la calidad de vida de quienes no pueden ser intervenidos quirúrgicamente interfieren en sus oportunidades de incorporarse con total normalidad al entorno social, circunstancia que sin dudas reduce las posibilidades educacionales y, por consiguiente, las laborales y productivas durante toda su vida.

**Conflicto de intereses.** Los autores declaran no tener conflicto de interés.

**Agradecimientos.** Este trabajo recibió financiamiento del Centro de Estudios e Investigación en Salud, de la Fundación Santa Fe de Bogotá; Unidad Médico-Quirúrgica de Otorrinolaringología (UNIMEQ ORL), institución prestadora de servicios de salud que apoya el Grupo de Investigación de Otolología y Audiología de Colciencias; y la Vicerrectoría de Investigaciones y Doctorados de la Universidad de los Andes, Colombia.

## REFERENCIAS

- Alzina de Aguilar V. Early detection of hypacusia in neonates. *An Pediatr (Barc)*. 2005; 63:193–8.
- Ministerio de educación nacional de Colombia, Vicepresidencia de la república, Consejería Presidencial de política social. Estudio del sistema nacional de información sobre discapacidad. Bogotá, Colombia: Universidad Javeriana; 1995.
- O'Neill C, O'Donoghue GM, Archbold SM, Normand C. A cost-utility analysis of pediatric cochlear implantation. *Laryngoscope*. 2000;110(1):156–60.
- Peñaranda A, Sarmiento OL, Medaglia AL, García JM, Aparicio ML, Barón C, et al. Factores predictivos en la percepción del habla en niños posimplante coclear. En: Peñaranda A, García JM, Pinzón M, eds. *Manual de otorrinolaringología, cabeza y cuello* [cap. 24]. Bogotá, Colombia: Editorial Amolca; 2007. Pp. 215–23.
- Carrasquilla Gutiérrez G, Martínez Cabezas S, Latorre Castro ML, García S, Rincón C, Olaya Pardo C, et al. La discapacidad en el contexto del sistema general de seguridad social en salud en Colombia: Lineamientos, epidemiología e impacto económico. Bogotá, Colombia: Fundación Saldarriaga Concha. Fundación Santa Fe de Bogotá; 2009.
- Heckman JJ, Ichimura H, Todd PE. Matching as an Econometric Evaluation Estimator: Evidence from Evaluating a Job Training Programme. *The Review of Economics Studies*. 1997;64(4):605–54.
- Perdomo J. A Methodological Proposal to Estimate Changes of Residential Property Value: Case Study developed in Bogotá. *Appl Econ Lett*. 2011;18(16):605–10.
- Perdomo Calvo JA. Una propuesta metodológica para estimar los cambios sobre el valor de la propiedad: estudio de caso para Bogotá aplicando Propensity Score Matching y precios hedónicos espaciales. *Lectura de Economía*. 2010;73:49–65.
- Perdomo Calvo JA, Mendoza CA, Mendieta-López JC, Baquero-Ruiz AF. Study of the Effect of the Transmilenio Mass Transit Project on the Value of Properties in Bogotá, Colombia. *Lincoln Institute of Land Policy*; 2007:WP07CA1.
- Bernal R, Peña X. Guía práctica para la evaluación de impacto. Bogotá, Colombia: Ediciones Uniandes; 2011.
- Cameron A, Trivedi P. *Microeconometrics: Methods and applications*. New York: Cambridge University Press; 2011.
- Just RE, Hueth DL, Schmitz A. *The Welfare Economics of Public Policy: a practical approach to project and policy evaluation*. Massachusetts, U.S.A.: Edward Elgar Publishing Inc.; 2004.
- Rosales Álvarez RA, Perdomo Calvo JA, Morales Torrado CA, Urrego Mondragón JA. *Fundamentos de econometría intermedia: teoría y aplicaciones*. Universidad de los Andes-Facultad de Economía-CEDE. Bogotá, Colombia: Ediciones Uniandes; 2010.
- Organización Mundial de la Salud. Informe sobre la salud en el mundo. Ginebra; 2009.
- Francis HW, Koch ME, Wyatt JR, Niparko JK. Trends in educational placement and cost-benefit considerations in children with cochlear implants. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*. 1999;125(5):499–505.
- Schroeder L, Petrou S, Kennedy C, McCann D, Law C, Walkin PM, et al. The economic costs of congenital bilateral permanent childhood hearing impairment. *Pediatrics*. 2006;117(4):1101–12.
- Hall JW, Muller HG. Pure Tone Audiometry. In: Hall JW, Muller HG, eds. *Audiologists Desk Reference*. San Diego, U.S.A.: Singular Publishing Group Inc.; 1997.
- Katz J, Medwetsky L, Burkard R, Hood L, eds. *Handbook of clinical audiology*. Baltimore, U.S.A.: (Point (Lippincott Williams and Wilkins)); 2009.
- Ministerio de Sanidad y Consumo de España, Instituto de Salud Carlos III, Agencia de Evaluación de Tecnologías Sanitarias. *Implantes cocleares: actualización y revisión de estudios coste-utilidad*. Madrid, España: AETS; 2003.
- Palmer CS, Niparko JK, Wyatt JR, Rothman M, de Lissoyoy G. A prospective study of the cost-utility of the multichannel cochlear

- implant. Arch. Otolaryngol. Head Neck Surg. 1999;125(11):1221–8.
21. Cheng AK, Niparko JK. Cost-utility of the cochlear implant in adults: a meta-analysis. Arch Otolaryngol Head Neck Surg. 1999;125(11):1214–8.
  22. Cheng AK, Rubin HR, Powe NR, Mellon NK, Francis HW, Niparko JK. Cost-utility analysis of the cochlear implant in children. JAMA. 2000;284(7):850–6.
  23. Lee HY, Park EC, Kim HJ, Choi JY, Kim HN. Cost-utility analysis of cochlear implants in Korea using different measures of utility. Acta Otolaryngol. 2006;126(8):817–23.
  24. Chouard CH. The cochlear implant. Study in the profoundly deaf adult from the standpoint of quality of life and therapeutic cost (QALY Index of Quality). Bull Acad Natl Med. 1998;182(5):911–25.
  25. Wyatt JR, Niparko JK, Rothman M, de Lissovoy G. Cost utility of the multichannel cochlear implants in 258 profoundly deaf individuals. Laryngoscope. 1996;106(7):816–21.
  26. Alfaro G, Hernan J, Obando Y, Valverde EM. Evaluación financiera y económica del implante coclear en adultos poslinguales con sordera bilateral profunda. Universidad de los Andes, Facultad de Economía. Bogotá, Colombia: 1997. [Tesis especialización en evaluación social de proyectos.]
  27. Restrepo N, Castillo M. Metodología para la toma de decisiones en el estudio de costo-efectividad de los tratamientos para la sordera neurosensorial bilateral profunda en niños. Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia; 2008.
  28. Abdala C, Bevilacqua MC. Protocolo latinoamericano de implante coclear. Denver, USA: Cochlear Corporation; 2002.
  29. Geers A. Techniques for assessing auditory speech perception and lipreading enhancement in young deaf children. The Volta Review. 1994;96(5):85–96.
  30. Montes F, Castillo M, Peñaranda A. Análisis de decisiones sobre tratamientos para la hipoacusia neurosensorial profunda en grupos de niños prelinguales de Colombia. Valoración costo-productividad. Universidad de los Andes, Facultad de Ingeniería Industrial. Bogotá, Colombia: 2009. [Tesis especialización en evaluación social de proyectos.]

Manuscrito recibido el 24 de abril de 2011. Aceptado para publicación, tras revisión, el 20 de diciembre de 2011.

## ABSTRACT

### Economic benefits of the cochlear implant for treating profound sensorineural hearing loss

**Objective.** Evaluate the cost-benefit, cost-utility, and cost-effectiveness of cochlear implantation, comparing it to the use of hearing aids in children with profound bilateral sensorineural hearing loss.

**Methods.** The nonparametric propensity score matching method was used to carry out an economic and impact assessment of the cochlear implant and then perform cost-benefit, cost-utility, and cost-effectiveness analyses. Primary information was used, taken randomly from 100 patients: 62 who received cochlear implants (treatment group) and 38 belonging to the control group who used hearing aids to treat profound sensorineural hearing loss.

**Results.** An economic cost differential was found—to the advantage of the cochlear implant—of close to US\$ 204 000 between the implant and the use of hearing aids over the expected life span of the patients analyzed. This amount refers to the greater expenses that hearing-aid patients will have. With this adjusted figure, the cost-benefit indicator shows that for each dollar invested to treat the cochlear-implant patient, there is a return on the investment of US\$ 2.07.

**Conclusions.** The cochlear implant produces economic benefits for the patient. It also produces health utilities since positive cost-utility (gain in decibels) and cost-effectiveness (gain in language discrimination) ratios were found.

## Key words

Cost-benefit analysis; hearing loss; cochlear implants; hearing aids; Colombia.