



XVI Edición  
Premio FIAPAS  
de Investigación en Deficiencias Auditivas  
Área de Sanidad

# "Cabina de audiometrías en ambientes reales (c-aar)"

**Autores: Melisa Vigliano, Alicia Huarte, Unai Lasarte,  
Diego Borro, Belén Andueza, Raquel Manrique  
y Manuel Manrique.**

Trabajo desarrollado en la Clínica Universidad de Navarra.

# Índice

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>3</b>
<b>2. HIPÓTESIS</b> .....	<b>4</b>
<b>3. OBJETIVOS</b> .....	<b>4</b>
<b>4. METODOLOGÍA</b> .....	<b>5</b>
<b>4.1. DISEÑO</b> .....	<b>5</b>
<b>4.1.1. MATERIAL Y MÉTODOS DEL ESTUDIO DE VALIDACIÓN CLÍNICA</b> .....	<b>5</b>
4.1.1.1. POBLACIÓN: Estudio de Validación de la C-AAR .....	5
4.1.1.2. MÉTODO: Estudio de Validación de la C-AAR .....	5
<b>4.1.2. MATERIAL Y MÉTODOS DEL ESTUDIO DE APLICABILIDAD CLÍNICA</b> .....	<b>6</b>
4.1.2.1. POBLACIÓN: Estudio de Aplicabilidad Clínica de la C-AAR .....	6
4.1.2.2. MÉTODO: Estudio de Aplicabilidad Clínica de la C-AAR .....	6
<b>5. RESULTADOS</b> .....	<b>7</b>
<b>5.1. RESULTADOS: Estudio de Validación de la C-AAR</b> .....	<b>7</b>
5.1.1. Resultados demográficos .....	7
5.1.2. Resultados de la Audiometría Tonal Liminar .....	7
5.1.3. Resultados del Umbral de Discomfort .....	7
5.1.4. Resultados de la Audiometría Verbal en Silencio .....	8
5.1.5. Resultados de la Audiometría Verbal en Ruido y en los diferentes escenarios de la C-AAR .....	8
<b>5.2. RESULTADOS: Estudio de Aplicabilidad Clínica de la C-AAR</b> .....	<b>8</b>
5.2.1. Resultados demográficos .....	8
5.2.2. Resultados de la Audiometría Verbal en Ruido en la C-AAR .....	8
5.2.3. Resultados del Umbral de Discomfort en la C-AAR .....	9
5.2.4. Resultados en Localización de Sonidos en la C-AAR .....	9
<b>6. DISCUSIÓN</b> .....	<b>9</b>
<b>7. CONCLUSIONES</b> .....	<b>10</b>
<b>8. FIGURAS</b> .....	<b>11</b>
<b>9. TABLAS</b> .....	<b>12</b>
<b>10. GRÁFICOS</b> .....	<b>14</b>
<b>11. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>19</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

Los desarrollos tecnológicos destinados al tratamiento de la hipoacusia con diferentes tipos de ayudas auditivas (implantes cocleares, audífonos, implantes activos de oído medio, implantes de conducción de vía ósea, etc.) han contribuido a mejorar la percepción auditiva de los pacientes con deficiencias auditivas, especialmente en situaciones de escucha de gran complejidad. Las ayudas auditivas de última generación pueden ser programadas y adaptadas para realzar la percepción del habla en ambientes de relativo silencio, pero también en ambientes ruidosos, y acceder a una percepción musical en condiciones de máxima calidad. Estos avances son de capital importancia para los usuarios de las diversas ayudas auditivas puesto que los ambientes acústicos cotidianos suponen desafíos auditivos tanto para ellos como para las personas que presentan audición normal. La dificultad para comprender en estos ambientes auditivamente desfavorables radica en los cambios que se producen en los niveles de habla, de ruido e incluso en las situaciones donde se presentan varios interlocutores, en donde el esfuerzo vocal y la capacidad de oír dependen de las condiciones auditivas de cada participante. (Haumann *et al.*, 2010; Boyle *et al.*, 2013). La experiencia subjetiva de la mayoría de los normo-oyentes revela que son capaces de ser conscientes de los ruidos externos y de percibir los cambios que ocurren en estas fuentes de sonido sin la necesidad de prestarles atención (Constantino *et al.*, 2012). Esta facultad, así como la conciencia espacial auditiva, que permite analizar las propiedades espaciales de las fuentes sonoras en situaciones de escucha complejas, son esenciales para poder identificar y responder rápidamente a los cambios sutiles que se produzcan en el entorno auditivo (Brown and Cooke, 1994). Las pruebas audiométricas para valorar la audición, sin y con el empleo de estas ayudas técnicas auditivas, se han venido realizando de forma estandarizada en cabinas audiométricas insonorizadas y anecoicas. Los estímulos, en forma de tonos, palabras y frases, se presentan en situación de silencio o con ruido enmascarante. La información obtenida en estas condiciones es de gran utilidad, pero no refleja de manera exacta que es lo que los pacientes escuchan en la vida real, donde existen múltiples escenarios sonoros. El ruido y la reverberación, presentes en la mayoría de los entornos auditivos cotidianos, también afectan el rendimiento en el reconocimiento de voz (Nábělek, Letowski, & Tucker, 1989; Neuman, Wroblewski, Hajicek, & Rubinstein, 2010). Muchos estudios han intentado descubrir los factores que intervienen en la audición en ambientes reverberantes donde participan múltiples interlocutores, a menudo etiquetado como el “efecto de cóctel” (Cherry, 1953; Bronkhorst, 2000). El efecto cóctel abarca fenómenos acústicos, enmascaramiento auditi-

vo, atención, procesamiento binaural y procesamiento espacial. (Freyman *et al.*, 1999; Brungart *et al.*, 2001; Watson, 2005). Otros autores reconocen el factor edad; el cual influye en el reconocimiento de las palabras en ambientes silenciosos y particularmente en situaciones de ruido (Madell and Flexer, 2014). Reconociendo esto, entendemos que la valoración estandarizada no permite extraer información fina sobre la capacidad auditiva de las personas en los espacios sonoros reales y en consecuencia, no nos permiten aprovechar al máximo los potenciales beneficios aportados por las nuevas ayudas auditivas en estos escenarios acústicos reales y complejos y, de esta manera, es difícil optimizar estos nuevos recursos audiológicos a la hora de programarlos de manera individualizada para cada paciente. Con la finalidad de superar las barreras existentes entre los resultados obtenidos en las pruebas auditivas estandarizadas y lo que realmente el individuo oye en su vida cotidiana; en una acción de colaboración entre especialistas en otorrinolaringología, audiología e ingeniería se desarrolló un prototipo de Cabina de Audiometría en Ambientes Reales (C-AAR). Se ha generado un programa informático que corre en un ordenador de sobremesa (desktop), Pentium i7, 8 Gb de RAM, Windows 7 o superior con una tarjeta de sonido profesional. La cabina tiene una superficie de 8m<sup>2</sup>, ha sido sono-amortiguada, y cuenta con 8 altavoces Genelec 6010 distribuidos en 360° alrededor del paciente según se muestra en la Figura 1 (Anexo 1, Figura 1). Así mismo, dispone de una pantalla de televisión para visión 3D, de forma que el paciente puede tener un apoyo visual relacionado con los diferentes escenarios sonoros que se describen más adelante. Ello contribuye a crear un escenario de valoración más real, donde información sonora y visual se aportan de manera simultánea. La C-AAR está diseñada para llevar a cabo las pruebas audiométricas en condiciones estandarizadas de exploración, pero también en nuevos escenarios de escucha que tratan de representar situaciones de vida real:

### ***El ruido y la reverberación, presentes en la mayoría de los entornos auditivos cotidianos, afectan al rendimiento en el reconocimiento de la voz***

#### **Audiometría en ambientes reales**

Las nuevas condiciones de exploración que aporta la C-AAR quedan representadas por unos escenarios auditivo-visuales 3D, que confieren una sensación de mayor realismo. Los mismos se describen a continuación:

- **Escenario 1:** *Percepción del habla en situación silencio relativo.* Se analiza el porcentaje de aciertos de bisílabas, en un ambiente de ruido con una relación señal/ruido de +15 dB SPL. La señal corresponde a una de las listas de bisílabas a una intensidad de presentación de 65 dB SPL. El programa dispone de 20 listas de bisílabas, con 25 ítems cada una de ellas. El ruido se emite a 50 dB SPL y corresponde al sonido generado en cada uno de los siguientes ambientes sonoros: lluvia (vídeo 1), lavadero (vídeo 2), hoguera (vídeo 3), cocina (vídeo 4) y oficina (vídeo 5). La emisión de estos sonidos cuenta con el apoyo visual de vídeos alusivos en 3D. La señal se pasa por el altavoz 0 y el ruido de manera envolvente por los altavoces 1, 2, 4, 6 y 8 (Anexo 1, Figura 1). Se recoge el % de bisílabas acertadas en estas condiciones de escucha.

- **Escenario 2:** *Percepción del habla en situación de ruido.* Se analiza el porcentaje de aciertos de bisílabas, en un ambiente de ruido con una relación señal/ruido de +10 dB SPL. La señal corresponde a una de las listas de bisílabas a una intensidad de presentación de 65 dB SPL. El ruido se emite a 55 dB SPL y corresponde al sonido generado en cada uno de los siguientes ambientes sonoros: aula 1 (vídeo 6), aula 2 (vídeo 7), ocas (vídeo 8), tráfico-ambulancia (vídeo 9) y cascada de agua (vídeo 10). La emisión de estos sonidos cuenta con el apoyo visual de vídeos en 3D. La señal se pasa por el altavoz 0 y el ruido de manera envolvente por los altavoces 1, 2, 4, 6 y 8 (Anexo 1, Figura 1). Se recoge el % de bisílabas acertadas en estas condiciones de escucha.

- **Escenario 3:** *Percepción del habla en situación de ruido intenso.* Se analiza el porcentaje de aciertos de bisílabas, en un ambiente de ruido con una relación señal/ruido de +5 dB SPL. La señal corresponde a una de las listas de bisílabas a una intensidad de presentación de 65 dB SPL. El ruido se emite a 60 dB SPL y corresponde al sonido generado en cada uno de los siguientes ambientes sonoros: cafetería (vídeo 11), cafetería-varios interlocutores (vídeo 12), tráfico-moto (vídeo 13), centro comercial (vídeo 14) y aspirador (vídeo 15). La emisión de estos sonidos cuenta con el apoyo visual de vídeos en 3D. La señal se pasa mediante el altavoz 0 y el ruido de manera envolvente por los altavoces 1, 2, 4, 6 y 8 (Anexo 1, Figura 1). Se recoge el % de bisílabas acertadas en estas condiciones de escucha.

- **Escenario 4:** *Nivel de intolerancia al ruido (Umbral de discomfort).* El objetivo es estudiar el grado de tolerancia a ruidos intensos. En cada sesión, se pasan uno de los 5 siguientes vídeos cuyos sonidos corresponden a los siguientes ambientes sonoros: camión circulando por la derecha (vídeo 16), camión circulando por la izquierda (vídeo 17), sirena de camión de bomberos (vídeo 18), corta-césped (vídeo 19) y "gol" (vídeo 20). La emisión de estos sonidos cuenta con el apoyo visual de vídeos en 3D. La señal sonora del ruido se pasa comen-

zando en 60 dB SPL y subiendo la intensidad de 5 en 5 dB hasta determinar el umbral de discomfort para cada sujeto. El ruido se presenta de manera envolvente por los altavoces 1, 2, 4, 6 y 8 (Anexo 1, Figura 1).

- **Escenario 5:** Espacio sin implementar ni especificar, disponible para futuras funciones.

- **Escenario 6:** *Localización.* Se pasa una señal (ruido rosa), a + 15 dB SPL sobre el umbral auditivo medio del sujeto, aleatoriamente por cada uno de los 8 altavoces durante 2 rondas (16 señales). Se procede a recoger el % de aciertos (Anexo 1, Figura 2)

## 2. HIPÓTESIS

Se estima que el desarrollo de un sistema de medición de la audición en ambientes reales contribuirá a mejorar el conocimiento sobre la percepción auditiva de la persona con hipoacusia en condiciones de vida real, facilitando así la elección y la instauración del tratamiento más adecuado, de forma que, en pacientes usuarios de dispositivos auditivos, estos puedan ser programados de la manera más eficiente a fin de obtener los mejores resultados en ambientes de escucha complejos como son las situaciones de ruido y la percepción auditiva en condiciones de movimiento del interlocutor, que requieren una adecuada capacidad de localización de la fuente sonora.

***El desarrollo de un sistema de medición de la audición en ambientes reales contribuirá a mejorar el conocimiento sobre la percepción auditiva de la persona con hipoacusia en condiciones de vida real, facilitando la elección y el tratamiento más adecuado***

## 3. OBJETIVOS

- Desarrollar y validar un método de exploración audiométrica que permita valorar la capacidad auditiva en las personas normo-oyentes y principalmente en las personas con diversas deficiencias auditivas en condiciones de escucha existentes en la vida real.

- A partir de la información obtenida, analizar la aplicabilidad de esta nueva herramienta de diagnóstico, con el fin de optimizar, de forma personalizada, la indicación del tratamiento más adecuado y en aquellas personas, cuya forma de tratamiento seleccionado sea una ayuda auditiva (audífono y/o implante auditivo), mejorar su programación y así su rendimiento clínico.

## 4. METODOLOGÍA

### 4.1 DISEÑO

Se trata de un estudio prospectivo en un solo centro que consta de dos partes:

- **Validación clínica de la C-AAR:** en sujetos sanos (normo-oyentes) como grupo de referencia y en pacientes hipoacúsicos.

- **Aplicabilidad clínica de la C-AAR:** en pacientes usuarios de ayudas auditivas (audífonos, implantes cocleares, etc.).

#### 4.1.1 MATERIAL Y MÉTODOS DEL ESTUDIO DE VALIDACIÓN CLÍNICA

##### 4.1.1.1 Población: Estudio de Validación de la C-AAR

Se estudiaron dos poblaciones homogéneas en edad y sexo:

- Grupo Control: población de sujetos adultos normo-oyentes (ATL: 0-20dB) que constituyen el grupo de referencia y de normalización del procedimiento exploratorio. En este grupo, denominado A, se incluyeron 50 sujetos.

- Grupo de hipoacusia: población de pacientes adultos afectados de una hipoacusia neurosensorial bilateral simétrica de naturaleza coclear. Dentro de estos se establecieron los siguientes grupos en función al grado de su hipoacusia: Grupo B: pacientes afectados de una hipoacusia leve bilateral (ATL: 21- 40 dB) (N: 25 sujetos); Grupo C: pacientes afectados de una hipoacusia moderada bilateral (ATL: 41-70 dB) (N: 25 sujetos); Grupo D: pacientes afectados de una hipoacusia severa bilateral (ATL: 71-90 dB) (N: 25 sujetos); Grupo E: pacientes afectados de una hipoacusia profunda bilateral (ATL: >90 dB) (N: 25 sujetos). En todos los grupos se incluyeron adultos voluntarios de 18 o más años de edad, que autorizaron su participación de acuerdo al protocolo aprobado por el Comité Ético. Se les realizó una Audiometría Tonal Liminal (ATL) en una Cabina Convencional (CC) para seleccionar y clasificar a los individuos de cada grupo. Se midieron los umbrales audiométricos de cada individuo con auriculares. En la ATL, se determinaron los umbrales auditivos en las siguientes frecuencias: 0,5, 1, 2 y 4 kHz, y estos resultados se promediaron para calcular el umbral medio de audición (PTA). La calibración de las cabinas y las medidas de conducción audiométrica se realizaron de acuerdo a los estándares de normalidad ISO y ANSI (ISO prop 1972, ANSI S.26-1981; ISO R 389-1964 ad 1-1970; ANSI S.36-1969). Se excluyeron aquellos pacientes menores de edad, quienes no desearon participar en el estudio, aquellos que no firmaron el consentimiento informado y pacientes con enfermedad neurológica asociada que dé lugar a un patrón de hipoacusia neurosensorial retrococlear.

##### 4.1.1.2 Método: Estudio de Validación de la C-AAR

El estudio de validación se planteó en una población normo-oyente y en otra población de hipoacúsicos.

- **Población normo-oyente.** Se estableció una población normo-oyente (**Grupo A**), con la finalidad de establecer un patrón de normalidad. El mismo sujeto fue explorado, siguiendo un orden aleatorio, en la C-AAR y en la cabina convencional, de manera que se analizó la concordancia entre los resultados obtenidos en cada una de estas condiciones. Al no existir la posibilidad de explorar los escenarios 1, 2 y 3 en la cabina convencional, los resultados obtenidos en la C-AAR serán correlacionados con los aportados por el cuestionario APHAB (*Abbreviated Profile of Hearing Aid Benefit*), el cual brinda información sobre la calidad de escucha en ambientes de ruido. Lo mismo sucede con el escenario 6 de localización sonora. Los resultados obtenidos en la C-AAR se correlacionarán con los recogidos en la 2ª parte del cuestionario SSQ (*Speech, Spatial and Qualities of Hearing Scale*), el cual aporta información sobre la capacidad de localizar sonidos (Anexo 2, Tabla 1). De manera aleatoria, cada sujeto fue estudiado en los escenarios con una de las listas de palabras bisílabas utilizando uno de los 5 videos pertenecientes a cada uno de los escenarios 1, 2 y 3. Por otro lado se estudió el umbral de disconfort a través del escenario 4 en donde se pasaron los 5 videos y a partir de 65 dB se comenzó a elevar en 5 dB hasta encontrar el umbral de disconfort del sujeto. Las exploraciones en la CC y en la C-AAR se realizaron en campo libre a una distancia del sujeto de 1 metro respecto a los altavoces utilizados.

**Uno de los objetivos de este proyecto es desarrollar y validar un método de exploración audiométrica que permita valorar la capacidad auditiva en las personas normo-oyentes y en las personas con discapacidad auditiva en condiciones de escucha existentes en la vida real**

- **Población hipoacúsica (Grupos B, C, D, E).** El mismo sujeto fue explorado en condiciones basales en la C-AAR y en la CC, de manera que se analizó la potencial concordancia existente entre los resultados obtenidos en cada una de estas condiciones. Así mismo, se estableció una comparación entre cada uno de los grupos de hipoacusia (Grupos B, C, D y E) y los resultados alcanzados por el grupo de población normo-oyente (Grupo A). El orden en el que se pasen estas pruebas se realizó de manera aleatoria. Las pruebas que se llevaron a cabo se exponen en la Tabla 1 (Anexo 2, Tabla 1).

## Metodología estadística

Se planteó un estudio comparativo para muestras no pareadas (resultados auditivos y cuestionarios) entre los cinco grupos del estudio y dentro de los grupos B, C, D y E entre las condiciones de valoración basal. En el análisis de la concordancia se empleó la metodología y el cálculo de los *Limits of Agreement* (LoA) de Bland-Altman para evaluar y mostrar el grado de acuerdo entre los resultados obtenidos en la cabina convencional y en la C-AAR (M. Bland y D. Altman, 1999) acompañado del test de Bradley-Blackwood para la comparación de medias y varianzas (Bradley y Blackwood, 1989). Las diferencias en los resultados entre ambas cabinas se tomaron en relación a los valores medios y el 95 % de las diferencias, que se esperaba dentro de los límites del acuerdo (LoA). Así como también el Coeficiente de Correlación de Concordancia de Lin (Lin, L. I. 1989). Para analizar los resultados medios obtenidos por el grupo de sujetos hipoacúsicos (B, C, D y E) respecto del grupo control (A) en el porcentaje (%) de discriminación de la palabra en condiciones de ruido simulando escenarios presentes en la vida cotidiana y los resultados obtenidos en la prueba de localización sonora; se realizó el análisis Ancova correspondiente, teniendo en cuenta el ajuste por edad. Para la recogida y análisis de datos se empleó el programa IBM SPSS Statistics 20.0 para windows (IBM Corp., Armonk, USA). Se consideró estadísticamente significativa una  $p < 0.05$ .

***Se planteó la realización de una primera valoración en la cabina en ambientes reales, con y sin el uso de las distintas ayudas auditivas. Se reajustaron los dispositivos auditivos y se verificó una mejoría en su rendimiento tras un control real***

### 4.1.2 MATERIAL Y MÉTODOS DEL ESTUDIO DE APLICABILIDAD CLÍNICA

Una vez alcanzada la validación de la cabina de audiometría en ambientes reales, se plantea su empleo en sujetos hipoacúsicos que sean portadores de alguna ayuda auditiva (audífono y/o implante auditivo). Este estudio pretende registrar los datos obtenidos con la utilización de estos dispositivos en la C-AAR para optimizar su programación y funcionamiento. Por lo tanto, se planteó la realización de una primera valoración en la cabina de audiometría en ambientes reales, con y sin el uso de las distintas ayudas auditivas, luego se reajustaron los dispositivos auditivos y finalmente se verificó, a través de una nueva valoración

en la C-AAR, que se había producido una mejoría en su rendimiento tras un control real, adaptado a las condiciones de escucha correspondientes a los diferentes escenarios de ruido reales, confort y localización sonora.

#### 4.1.2.1 Población: Estudio de Aplicabilidad Clínica de la C-AAR

Se estudió una población de sujetos adultos afectados de una hipoacusia neurosensorial bilateral simétrica de naturaleza coclear y usuarios de una ayuda auditiva (audífono y/o implante auditivo). Dentro de estos las hipoacusias se categorizarán en función al grado de su hipoacusia. Los sujetos serán clasificados en los siguientes grupos: Grupo B2: pacientes afectados de una hipoacusia leve bilateral (ATL: 21-40 dB); Grupo C2: pacientes afectados de una hipoacusia moderada bilateral (ATL: 41-70 dB); Grupo D2: pacientes afectados de una hipoacusia severa bilateral (ATL: 71-90 dB); Grupo E2: pacientes afectados de una hipoacusia profunda bilateral (ATL: >90 dB).

En todos los grupos se incluyeron adultos voluntarios de 18 o más años de edad, que autorizaron su participación de acuerdo al protocolo aprobado por el Comité Ético. A cada uno de los participantes se le realizó una Audiometría Tonal Liminal (ATL) en una cabina convencional para seleccionar y clasificar los individuos de cada grupo, siguiendo el mismo procedimiento que en el estudio anterior. Se excluirán aquellos pacientes menores de edad, aquellos que no deseen participar en el estudio y no hayan firmado el consentimiento informado, pacientes con enfermedad neurológica asociada que dé lugar a un patrón de hipoacusia neurosensorial retrococlear. Todos los sujetos de estos grupos deben ser portadores, unilateral o bilateralmente de ayudas auditivas (audífonos y/o implantes auditivos). Se pueden incluir sujetos con diferentes configuraciones de adaptación, según el tipo de dispositivo utilizado en cada oído; audífono, implante activo de oído medio, implante coclear, audífono y audífono, implante activo de oído medio más implante activo de oído medio, implante coclear más implante coclear, audífono más implante activo de oído medio, audífono más implante coclear, implante activo de oído medio más implante coclear, etc.

#### 4.1.2.2 Método: Estudio de Aplicabilidad Clínica de la C-AAR

Se trata de un estudio en el que el mismo sujeto, perteneciente a cualquiera de los grupos definidos y usuario de alguna de las ayudas auditivas descritas, es sometido a la siguiente secuencia de actuaciones: 1) Pruebas en la C-AAR en condiciones basales, sin el empleo de ayudas auditivas; 2) Revisión del adecuado funcionamiento y adaptación del dispositivo auditivo; 3) Exploración en la

cabina de audiometría en ambientes reales; 4) Reajuste de los dispositivos auditivos y 5) Nueva valoración en la cabina de audiometría en ambientes reales. Este diseño permitió establecer si los datos extraídos de la exploración en la C-AAR sirven para optimizar el funcionamiento y rendimiento de los dispositivos auditivos utilizados. El reajuste de las ayudas auditivas será realizado por personal especializado (médico audiólogo y audioprotesista) dentro del propio departamento de Otorrinolaringología. Las exploraciones en la cabina de audiometría en ambientes reales se realizan en campo libre, estando situado el sujeto a una distancia de un metro, respecto a cada uno de los altavoces de la cabina. La secuencia de exploraciones y actuaciones es la siguiente: 1. Audiometría en C-AAR en escenarios 1, 2, 3, 4 y 5 sin ayudas auditivas. 2. Audiometría en C-AAR en escenarios 1, 2, 3, 4 y 5 con ayudas auditivas. 3. Reajuste de las ayudas auditivas. 4. Audiometría en C-AAR en escenarios 1, 2, 3, 4, y 5 con ayudas auditivas.

De manera randomizada, cada sujeto será estudiado con distintas listas de palabras bisílabas utilizando uno de los 5 vídeos pertenecientes a cada uno de los escenarios 1, 2 y 3. Este diseño permite comparar los resultados sin y con el uso de las ayudas auditivas, y así mismo comparar las potenciales mejoras después del ajuste llevado a cabo en los dispositivos auditivos, en cada uno de los grupos B2, C2, D2 y E2. También se realizarán comparaciones entre cada uno de los grupos para cada uno de los escenarios y considerando el tipo de configuración de ayudas auditivas empleadas.

### Metodología estadística

Se plantea un diseño factorial mixto para poder analizar las diferencias (resultados auditivos) entre los grupos B, C, D y E del estudio (factor inter-sujeto) y entre las condiciones de tratamiento de cada sujeto estudiado (factor intra-sujeto). Para la recogida y análisis de datos se emplea el programa IBM SPSS Statistics 20.0. En la base de datos creada en este programa se incluirá información sobre los rasgos demográficos, clínicos y de los resultados de las diferentes exploraciones y pruebas de las que consta el proyecto.

## 5. RESULTADOS

### 5.1 RESULTADOS: Estudio de Validación de la C-AAR

#### 5.1.1 RESULTADOS DEMOGRÁFICOS

Se estudió una población de 150 sujetos adultos, 50 % (N=75) mujeres y 50 % (N=75) varones, que constituyeron dos grupos de estudio:- El grupo control, 50 sujetos con audición dentro de los parámetros de normalidad (ATL 0-20 dB), formado por un 46 % (N=23) de varones y un 54 % (N=27) de mujeres. - El grupo de hipoacusia (N=100), el

cual se dividió en cuatro subgrupos de hipoacusia, cada uno de ellos integrado por 25 sujetos, en función del grado de la pérdida auditiva de acuerdo a la audiometría tonal liminal. El grupo B (hipoacusia leve, ATL 21-40 dB) representado por un 48 % (N=12) de mujeres y un 52 % (N=13) de varones; el grupo C (hipoacusia moderada, ATL 41-70 dB) con un 40 % (N=10) de mujeres y un 60 % (N=15) de varones; el grupo D (hipoacusia severa, ATL 71-90 dB) con un 68 % (N=17) de mujeres y un 32 % (N=8) de varones y por último el grupo E (hipoacusia profunda, ATL >90 dB) con 36 % (N=9) de mujeres y 64 % (N=16) de varones. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas respecto del género en la población estudiada. Del total de los pacientes estudiados, la edad media, con su respectiva desviación estándar, fue de 56 años (SD 20.7 años). Respecto a la edad media obtenida por los distintos subgrupos de estudio se observó que: Grupo A, 33.4 años (SD: 10.8 años); Grupo B, 64.0 años (SD: 12.3 años); Grupo C, 72.6 años (SD: 14.6 años); Grupo D, 69.0 años (SD: 14.7 años) y por último, Grupo E, 63.8 años (SD: 13.9 años). Teniendo en cuenta el promedio etario en los distintos grupos de estudio, se observaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) por lo que se realizó el correspondiente ajuste por edad en los análisis intergrupos.

### *Se trata de un estudio en el que el mismo sujeto, perteneciente a cualquiera de los grupos definidos y usuario de alguna de las ayudas descritas es sometido a una secuencia de actuaciones*

#### 5.1.2 RESULTADOS DE LA AUDIOMETRÍA TONAL LIMINAR

De acuerdo al método de Bland-Altman para el estudio de la concordancia, en los datos obtenidos en la ATL realizada tanto en una como en otra cabina, se observó que estadísticamente no había concordancia  $p < 0,001$  para todas las frecuencias estudiadas, excepto en 1000 Hz ( $p = 0,043$ ). Los Coeficientes de correlación de concordancia de Lin (LinCCC) muestran unos valores superiores a 0.9 (muy alto), lo que indica una alta correlación de los valores a la recta de igualdad ( $y = x$ ). Los valores se ven reflejados en la Tabla 2 (Anexo 2, Tabla 2) y plasmados en los gráficos 1, 2, 3, 4 y 5. (Anexo 3, Gráficos 1, 2, 3, 4 y 5).

#### 5.1.3 RESULTADOS DEL UMBRAL DE DISCONFORT

Respecto a la prueba de detección del umbral de discomfort, estadísticamente no encontramos concordancia  $p < 0,001$ . Los valores se muestran en la tabla 3 (Anexo 2, Tabla 3) y en el gráfico 6 se observan los resultados en la recta de igualdad (Anexo 3, Gráfico 6).

#### 5.1.4 RESULTADOS DE LA AUDIOMETRÍA VERBAL EN SILENCIO

Cuando analizamos los resultados de las audiometrías verbales que se muestran en la Tabla 4 (Anexo 2, Tabla 4) vemos que existe concordancia estadísticamente significativa en las pruebas realizadas en silencio, señal a 65 dB ( $p=0.180$ ;  $\text{LinCCC} = 0.994$ ) y a 50 dB ( $p= 0.857$ ;  $\text{LinCCC} = 0.994$ ). Los resultados mencionados se encuentran plasmados en los gráficos 7 y 8. (Anexo 3, Gráficos 7 y 8).

#### 5.1.5 RESULTADOS DE LA AUDIOMETRÍA VERBAL EN RUIDO Y EN LOS DIFERENTES ESCENARIOS DE LA C-AAR

De igual manera en la prueba con ruido blanco a una diferencia de señal/ruido de 50/40 dB ( $p= 0.307$ ;  $\text{LinCCC} = 0.992$ ). En el caso de la audiometría verbal con ruido enmascarante a una diferencia de 65/55 dB señal/ruido, si bien no se obtiene Concordancia estadísticamente significativa ( $p<0.001$ ), el Coeficiente de correlación es alto ( $\text{LinCCC}= 0.986$ ) lo cual indicaría una muy buena concordancia a la recta de igualdad  $y = x$  como se puede apreciar en los gráficos 9 y 10 (Anexo 3, Gráficos 9 y 10).

Cuando evaluamos la concordancia de los resultados obtenidos en los porcentajes de discriminación de la palabra en ruido en escenarios reales de la C-AAR y buscamos concordancia con los resultados obtenidos en los cuestionarios, APHAB y SSQ parte II (puesto que la CC no cuenta con estas pruebas); no encontramos concordancia estadísticamente significativa ( $p<0,001$ ) en ninguno de los casos y además obtuvimos valores de  $\text{LinCCC}$  bajos, lo que nos advierte una variabilidad de respuestas, que contrastan de manera clara con los resultados audiológicos obtenidos en cada caso. Los valores se pueden ver en la tabla 5 (Anexo 2, Tabla 5) y la representación en la recta de igualdad en los gráficos (Anexo 3, Gráficos 11, 12, 13, 14 y 15). A modo de estimar los parámetros de respuesta esperados en los escenarios reales, tuvimos en cuenta el porcentaje de aciertos en la discriminación de la palabra (bisílabas) (escenario 1, 2 y 3) en ruidos reales en función de la capacidad auditiva y además, la capacidad de localizar sonidos (escenario 6) de cada sujeto por grupo de estudio (con el correspondiente ajuste por edad). Teniendo en cuenta estos parámetros, se calcularon las medias con sus respectivos intervalos de confianza, que se resumen en la Tabla 6 (Anexo 2, Tabla 6) para las audiometrías verbales y en la Tabla 7 (Anexo 2, Tabla 7) para la prueba de localización sonora. En este análisis se observó una continuidad decreciente en los resultados de las audiometrías verbales en la C-AAR en los escenarios 1, 2, 3 y en los resultados en el escenario 6 (capacidad de localizar sonidos) de los pacientes estudiados, respuestas que se relacionan de manera directa con el nivel de audición de cada sujeto por grupo de estudio. Lo mencionado se puede apreciar en los gráficos 16 y 17 (Anexo 3, Gráficos 16 y 17).

#### 5.2 RESULTADOS: Estudio de Aplicabilidad clínica de la C-AAR

##### 5.2.1 RESULTADOS DEMOGRÁFICOS

Se estudió una población de 74 pacientes hipoacúsicos de naturaleza coclear, bilateral simétrica, usuarios de diversas ayudas auditivas (audífonos y/o implantes cocleares) en función del nivel de pérdida de audición. La edad media de la población fue de 66 (15,2 SD). Del total de los pacientes estudiados 32 fueron mujeres (43 %) y 42 varones (57 %). No se hallaron diferencias estadísticamente significativas respecto de la edad o el sexo por grupo de estudio. Del total de los pacientes estudiados, 18,9 % (N=14) presentaban hipoacusia leve, 35,1 % (N=26) hipoacusia moderada, 17,6 % (N=13) hipoacusia severa y el 28,4 % restante (N=21) hipoacusia profunda bilateral. Respecto de los dispositivos auditivos, el 62,2 % (N=46) utilizaban audífonos en ambos oídos, el 20,3 % (N=15) eran usuarios de implante coclear y audífono, el 8,1 % (N=6) utilizaban un audífono, el 8,1 % (N=6) tenían solo un implante coclear y el 1,4 % (N=1) restante utilizaba implantes cocleares bilateralmente.

*La audición es un sentido complejo que comprende fenómenos anatómicos y fisiológicos que, además, depende de otros factores como el estado general de salud o el cansancio físico, mental y emocional*

##### 5.2.2 RESULTADOS DE LA AUDIOMETRÍA VERBAL EN RUIDO EN LA C-AAR

Se analizaron los datos obtenidos en el porcentaje de discriminación de la palabra en ruidos reales en los diversos escenarios y se calcularon las medias obtenidas con los respectivos IC (95 %) en las tres condiciones de estudio (sin ayudas auditivas, con ayudas auditivas y con ayudas auditivas luego del correspondiente reajuste). Para el escenario 1: audiometrías verbales en silencio relativo ( $S/R=65/50$ ) en el grupo B (hipoacusia leve) la media fue del 83,6 % (69,7 - 97,5) en las pruebas sin ayudas auditivas, del 91,2 % (82,8 - 99,6) en las pruebas con ayudas y del 93,2 % (87,9 - 98,4) en las pruebas llevadas a cabo luego del reajuste de los correspondientes dispositivos auditivos. En el grupo C (hipoacusia moderada) la media fue del 59,4 % (49,6-69,2) en las pruebas sin ayudas auditivas, del 83,6 % (77,7-89,5) en las pruebas con ayudas y del 90,2 % (86,5-94) en las pruebas llevadas a cabo luego del reajuste de los correspondientes dispositivos auditivos. En el grupo D (hipoacusia severa) la media fue del 13,8 % (0-28,4) en las pruebas sin ayudas auditivas, del 70,7 % (61,8-79,5) en las pruebas con ayudas y del 74,7 (69,1-80,2) en las pruebas llevadas a cabo luego del reajuste de los correspondientes

dispositivos auditivos. En el grupo E (hipoacusia profunda) la media fue del 1,5 % (0-14,7) en las pruebas sin ayudas auditivas, del 71,6 % (63,6-79,6) en las pruebas con ayudas y del 75 % (69,9-79,9) en las pruebas llevadas a cabo luego del reajuste de los correspondientes dispositivos auditivos. Los resultados fueron estadísticamente significativos ( $p < 0,001$ ) en cada caso. Como se resume en el gráfico 18 (Anexo 3, Gráfico 18). Para el escenario 2: audiometrías verbales en situación de ruido (S/R=65/55) en el grupo B la media fue del 74,4 % (64,1-84,7) en las pruebas sin ayudas auditivas, del 83,6 % (75,3- 92) en las pruebas con ayudas y del 85,2 % (78,3-92) en las pruebas llevadas a cabo luego del reajuste de los correspondientes dispositivos auditivos. En el grupo C la media fue del 50,7 % (43,4-57,9) en las pruebas sin ayudas auditivas, del 73,4 % (67,7-79,3) en las pruebas con ayudas y del 81 % (76,1-85,8) en las pruebas llevadas a cabo luego del reajuste de los correspondientes dispositivos auditivos. En el grupo D la media fue del 5,8 % (0-16,6) en las pruebas sin ayudas auditivas, del 60 % (51,3-68,7) en las pruebas con ayudas y del 68 % (60,8-75) en las pruebas llevadas a cabo luego del reajuste de los correspondientes dispositivos auditivos. En el grupo E la media fue del 0 % (0-9,7) en las pruebas sin ayudas auditivas, del 53 % (45,2-61) en las pruebas con ayudas y del 65,5 % (59-72) en las pruebas llevadas a cabo luego del reajuste de los correspondientes dispositivos auditivos. Los resultados fueron estadísticamente significativos ( $p < 0,001$ ) en cada caso. Se muestra en la gráfica 19 (Anexo 3, Gráfico 19). Para el escenario 3: audiometrías verbales en situación de ruido intenso (S/R=65/60) en el grupo B la media fue del 60,8 % (50,7-70,9) en las pruebas sin ayudas auditivas, del 68,8 % (57,7-79,9) en las pruebas con ayudas y del 71,2 % (61,5-80,9) en las pruebas llevadas a cabo luego del reajuste de los correspondientes dispositivos auditivos. En el grupo C la media fue del 34,4 % (27,3-41,6) en las pruebas sin ayudas auditivas, del 57,8 % (49,9- 65,6) en las pruebas con ayudas y del 64,8 % (57,9-71,6) en las pruebas llevadas a cabo luego del reajuste de los correspondientes dispositivos auditivos. En el grupo D la media fue del 3,1% (0-13,8) en las pruebas sin ayudas auditivas, del 42,2 % (30,5-53,9) en las pruebas con ayudas y del 48,9 % (38,7-59) en las pruebas llevadas a cabo luego del reajuste de los correspondientes dispositivos auditivos. En el grupo E la media fue del 0% (0-9,6) en las pruebas sin ayudas auditivas, del 22% (11,6-32,7) en las pruebas con ayudas y del 38 % (28,9-47,4) en las pruebas llevadas a cabo luego del reajuste de los correspondientes dispositivos auditivos. Los resultados fueron estadísticamente significativos ( $p < 0,001$ ) en cada caso. Se esquematizan los resultados en el gráfico 20 (Anexo 3, Gráfico 20).

### 5.2.3 RESULTADOS DEL UMBRAL DE DISCONFORT EN LA C-AAR

Respecto de los resultados obtenidos en el estudio del umbral de discomfort auditivo, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en los resultados obtenidos sin el

empleo de ayudas auditivas y con el empleo de las mismas ( $p=0,728$ ), tampoco con el uso de las mismas y con los resultados obtenidos luego del correspondiente reajuste ( $p=0,004$ ) y por último, no se hallaron diferencias estadísticamente significativas en ninguna de las situaciones comparadas ( $p=0,025$ ). Se demuestra en la gráfica (Anexo 3, Gráfico 21).

### 5.2.4 RESULTADOS EN LOCALIZACIÓN DE SONIDOS EN LA C-AAR

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la prueba de localización sonora, los resultados no fueron estadísticamente significativos en ninguna de las situaciones. Podríamos considerar significativo, un valor de  $p < 0,05$ , en los resultados obtenidos antes del reajuste y posterior al mismo, donde los porcentajes de localización mejoran en estos últimos. (Anexo 3, Gráfico 22).

## 6. DISCUSIÓN


En nuestro estudio de validación, la concordancia encontrada, a partir de los resultados obtenidos en las pruebas realizadas en igualdad de condiciones en ambas cabinas, fueron estadísticamente significativos, tanto para la audiometría tonal como para las audiometrías verbales (sin y con el empleo de ruido enmascarante). Este importante hecho denota la seguridad y fiabilidad de los resultados obtenidos en la C-AAR ante la realización de pruebas estandarizadas, sirviéndonos de puntapié inicial para la introducción y validación de nuevas pruebas audiométricas adaptadas a la realidad acústica de cada paciente. La audición es un sentido complejo que comprende fenómenos anatómicos y fisiológicos que, además, depende de otros factores tales como: el estado general de salud, el cansancio físico, mental y emocional. En consecuencia, no siempre se consigue oír exactamente a la misma intensidad o con la misma claridad (De Sebastián, Gonzalo. 1999). Este hecho, explica las diferencias que encontramos en algunos de los resultados obtenidos en la CC y en C-AAR ante las mismas pruebas. Por otro lado, la obtención de valores de normalización, tanto en el grupo control, como en los distintos grupos de hipoacusia, nos sirven de base para utilizar en la interpretación de los resultados que se obtengan en la práctica clínica en cualquier grupo poblacional. La C-AAR brinda la posibilidad de estudiar la audición con el apoyo visual, creando un ambiente real, dinámico y ameno para el paciente; aquí se estudia de manera objetiva el comportamiento auditivo del individuo. Este nuevo espacio, crea un entorno comunicativo real, en donde los estímulos auditivos-visuales se ponen de manifiesto tal y como sucede en los ámbitos de escucha cotidianos. En nuestro trabajo evaluamos el nivel de acuerdo entre las respuestas obtenidas en las pruebas audiológicas que se llevaron a cabo en la C-AAR y las respuestas volcadas por los pacientes en los cuestionarios, puesto que no existe una exploración similar a la C-AAR con

ruidos e imágenes que simulan la vida real. Por ende, los cuestionarios utilizados evaluaron distintos aspectos de la audición en condiciones de ruido (APHAB) y por otro lado, el SSQ parte II, preguntaba respecto de la capacidad de localizar sonidos de los pacientes en diversas situaciones. En relación a esto y debido a la subjetividad de las respuestas volcadas por cada paciente estudiado, no se encontró concordancia estadísticamente significativa ante este análisis. A pesar de ello, pudimos observar que en los grupos extremos (A: normo-oyentes y E: sujetos con hipoacusia profunda), las respuestas fueron similares, tanto las expuestas en los cuestionarios como las demostradas en la C-AAR. Respecto de las respuestas obtenidas en el cuestionario APHAB y los resultados en la C-AAR, pudimos observar que a medida que disminuye la diferencia señal/ruido, como corresponde al escenario 3, es donde mayor tendencia a la concordancia se encontró a medida que aumentaba la pérdida de audición y donde peor tendencia a la concordancia se encontraba respecto del grupo control. Esto nos muestra que pacientes normo-oyentes creen escuchar mejor de lo que realmente oyen en estos espacios acústicos reales y complejos. Es interesante destacar los resultados obtenidos en las pruebas realizadas en la C-AAR a los pacientes usuarios de ayudas auditivas (sin la utilización de las mismas, con y luego del reajuste), puesto que ponen en evidencia la relevancia y particularmente, la importancia de la correcta y personalizada adaptación de las mismas. Como se muestra en los datos obtenidos en el escenario 3 (audiometría verbal en situación de ruido intenso, S/R=65/60 dB), en donde se aprecia el aporte que las distintas ayudas auditivas les brindan a los pacientes, en este caso, destacamos a quienes presentan hipoacusia bilateral profunda, donde la media obtenida sin el uso de ayudas auditivas es igual al 0 % (0-9,6), del 22 % (11,6-32,7) en las pruebas con el empleo de ayudas y asciende al 38 % (28,9-47,4) en las pruebas llevadas a cabo luego del reajuste de las correspondientes ayudas auditivas. Siendo estos resultados estadísticamente significativos ( $p < 0,001$ ). Entonces, de manera objetiva demostramos que la C-AAR no solo permite estudiar la audición en los distintos entornos sonoros reales, sino que además, le brinda al paciente la posibilidad de escoger en función de sus necesidades y le otorga al audiólogo los datos necesarios para optimizar al máximo las ayudas auditivas en los distintos sitios de escucha, principalmente en aquellos acústicamente desfavorables. Como hemos comentado a lo largo del escrito, la C-AAR permite estudiar la audición en diversas condiciones de ruido: silencio relativo, ruido y ruido intenso; en donde la relación señal/ruido se va reduciendo y lo cual permite hacer pruebas de complejidad auditiva creciente. Además, la posibilidad de proyectar imágenes junto a la emisión de sonidos de forma envolvente, le otorga al paciente la sensación de estar dentro del espacio real simulado, quitándole la percepción de encontrarse en una sala cerrada donde simplemente será estudiado audiológicamente. Este último, abre las puertas

a la posibilidad de recrear más espacios auditivos-visuales, adaptados a las necesidades particulares de cada paciente; adaptados a las costumbres de otros países o regiones, actividades laborales, de ocio, entre otras.

En la actualidad, se utilizan algunos programas informáticos que permiten estudiar la audición en ruido. La HINT (*Hearing in noise Test*), en su adaptación al idioma español (Huarte, 2008) permite estudiar la audición en ruido blanco adaptativo, con la utilización de 3 altavoces (situados a 0° y 90° del paciente) para la emisión de frases fonéticamente balanceadas. Por otro lado, el Sistema Matrix, adaptado a varios idiomas, en su versión en español (Hochmuth *et al.*, 2012), utiliza frases (fonéticamente equilibradas), a distintas intensidades y con ruidos habituales de fondo a través de auriculares. Estas características mencionadas carecen del apoyo visual y el componente sonoro envolvente que aporta la C-AAR, el cual crea un espacio similar a las condiciones reales de escucha.

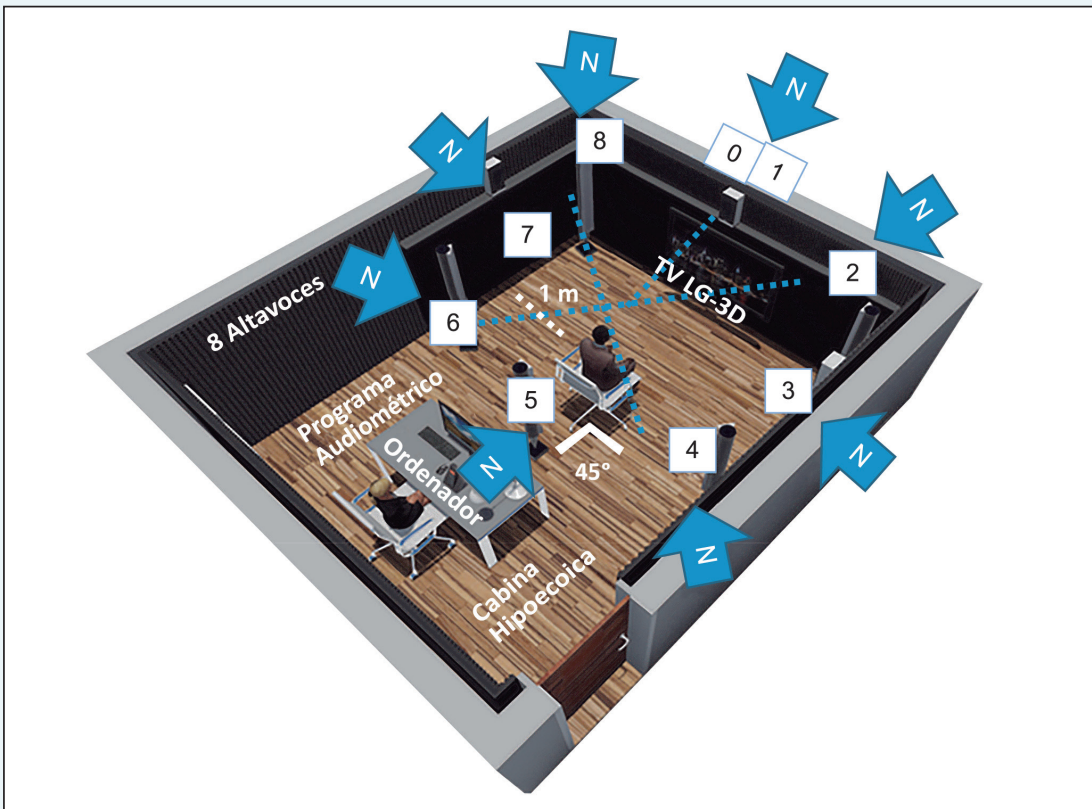
## 7. CONCLUSIONES

Se ha desarrollado y validado un método de exploración audiométrica que permite valorar la capacidad auditiva en las personas sanas y con deficiencias auditivas, en condiciones de escucha existentes en la vida real. Los sonidos emitidos de forma envolvente junto a la emisión de imágenes con tecnología 3D, hacen que esta nueva técnica sea aceptada y valorada positivamente por los pacientes. A partir de los resultados obtenidos podemos decir que la C-AAR es el complemento de las pruebas realizadas en la cabina convencional contribuyendo en el proceso diagnóstico, puesto que aporta esa carencia de realidad acústica que las pruebas convencionales no han conseguido contemplar. La C-AAR permite estudiar la audición en condiciones de ruido existentes en la vida real con el apoyo visual de videos en 3D, a través de distintas pruebas tales como: el porcentaje de discriminación de la palabra hablada en estos contextos complejos, el umbral de discomfort y además, permite analizar la capacidad de localizar los sonidos. Este último, difícil de evaluar objetivamente, es un hecho relevante a la hora de detectar no solo de donde llega la señal sonora, sino de poder dirigir nuestra atención cuando alguien que habla en una reunión e incluso como medio de protección en la vía pública. Todo lo mencionado, le otorga al paciente una sensación de realismo, ya que vincula los sonidos con las imágenes, tal y como asociamos en nuestro día a día; todo lo que oímos inmerso en un contexto visual. Gracias a ello conseguimos resultados reales respecto de la audición, de las carencias auditivas del sujeto, de las posibles ayudas que dicho individuo precisa y de ser usuario de algún tipo de ayuda auditiva, nos brinda la posibilidad de mejorar el rendimiento de las mismas mediante un control objetivo y un ajuste realmente adaptado a la vida diaria. 

## 8. FIGURAS



**FIGURA 1.** Fotografía de la C-AAR donde se puede apreciar la pantalla del programa manejado por el explorador, el paciente, equidistante a los altavoces, y la pantalla de televisión con visión 3D.



**FIGURA 2.** Representación esquemática del Escenario 6 (Prueba de localización sonora).

## 9. TABLAS

**TABLA 1.** Pruebas incorporadas para la validación de la C-AAR.

Campo Libre	ATL 50°	AV 50°	AV S/R +10 dB (0°-0°)	Escenario 1 AV S/R >15	Escenario 2 AV S/R >10	Escenario 3 AV S/R >5	Escenario 4 Umbral de Disconfort	Escenario 6 Localización
CC	X	X	X				X	
C-AAR	X	X	X	X	X	X	X	X
Cuestionarios				APHAB	APHAB	APHAB	APHAB	SSQ-II

**TABLA 2.** Promedio de acuerdos y límites de acuerdo (LoA) en la Audiometría Tonal Liminal en campo libre en la CC y en la C-AAR. (n=150 sujetos).

VARIABLES	Dif. Media (SD)*	LoA**	p-value	Lin CCC
ATL				
500Hz	3,4 (6,5)	-9.45/16.18	p<0,001	0.980
1KHz	1,0 (4,7)	-8.24/10.17	p= 0.043	0.992
2KHz	3,8 (5,9)	-7.86/15.40	p<0,001	0.982
4KHz	4,4 (8,8)	-12.85/21.65	p<0,001	0.971
UAM	3,4 (4,0)	-4.60/11.13	p<0,001	0.990

**TABLA 3.** Concordancia Umbral de disconfort.

VARIABLES	Dif. Media (SD)*	LoA**	p-value	Lin CCC
Umbral disconfort				
	-1.8 (6.1)	-13.86/10.24	p<0,001	0.384

**TABLA 4.** Concordancia audiometrías verbales en silencio (Señal 65 y 50 dB).

VARIABLES	Dif. Media (SD)*	LoA**	p-value	Lin CCC
% Bisílabas				
65dB	0,6 (4,6)	-8.41/9.64	p= 0.180	0.994
50dB	0,2 (5,0)	-9.76/10.10	p= 0.857	0.994
65/55dB	1,9 (6,8)	-11.53/15.23	p= 0.001	0.986
50/40dB	0,3 (5,4)	-10.30/10.89	p= 0.307	0.992

**TABLA 5.** Concordancia entre los cuestionarios (APHAB y SSQ Parte II) y las AV en la C-AAR.

VARIABLES	Dif. Media (SD)*	LoA**	p-value	Lin CCC
Escenarios / APHAB				
Escenario 1	-4.9 (22,3)	-48.65/38.88	p<0,001	0.833
Escenario 2	-0.3 (18,3)	-36.18/35.58	p<0,001	0.885
Escenario 3	7.9 (17,2)	-25.86/41.69	p<0,001	0.869
Escenario 4	-20.7 (21,2)	-62.15/20.76	p<0,001	0.085
Escenario 6 / SSQ (parte 2)				
	-6.6 (28,0)	-61.45/48.18	p= 0.006	0.680

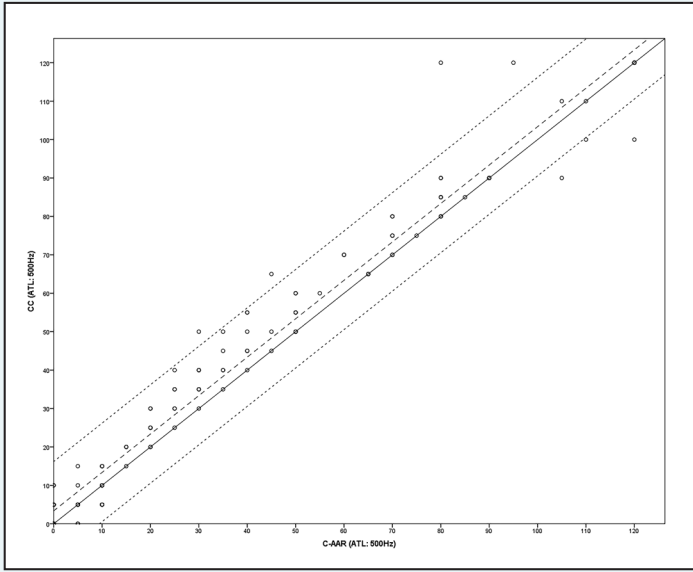
**TABLA 6.** Audiometrías verbales / C-AAR. Medias e Intervalos de Confianza para cada grupo de estudio (n=150 sujetos): Escenarios 1, 2 y 3.

C-AAR	Media	Intervalo de confianza 95%	
		Límite inferior	Límite superior
Escenario 1 (S/R=65/50)			
Grupo A	93,3	88,837	97,679
Grupo B	90,4	86,223	95,225
Grupo C	72,1	67,18	77,062
Grupo D	7,6	2,90	12,344
Grupo E	1,4	-3,08	5,911
Escenario 2 (S/R=65/55)			
Grupo A	90,52	86,88	94,16
Grupo B	80,94	77,23	84,7
Grupo C	62,64	58,57	66,71
Grupo D	4,867	0,98	8,76
Grupo E	1,393	-2,311	5,1
Escenario 3 (S/R=65/60)			
Grupo A	82,16	77,55	86,76
Grupo B	67,76	63,07	72,45
Grupo C	44,29	39,14	49,43
Grupo D	3,75	-1,17	8,67
Grupo E	1,49	-3,19	6,18

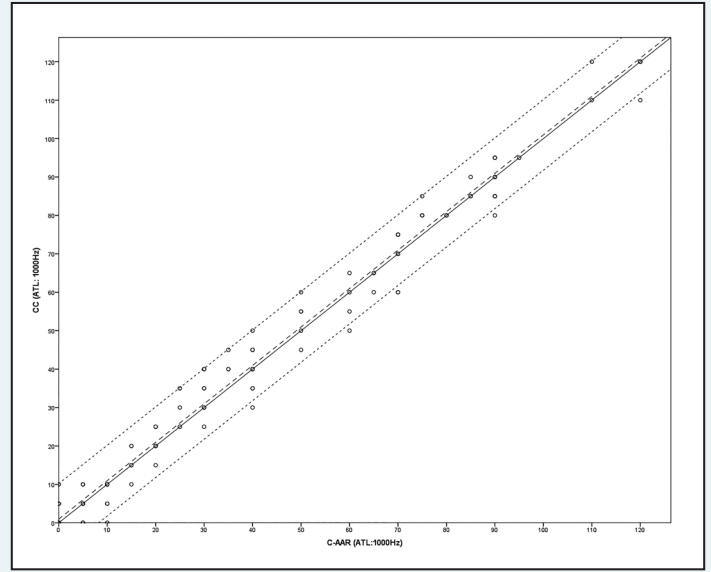
**TABLA 7.** Escenario 6. Localización sonora (C-AAR).

C-AAR	Media	Intervalo de confianza 95%	
		Límite inferior	Límite superior
Escenario 6 (Localización sonora)			
Grupo A	87,434	78,6752	96,196
Grupo B	81,509	72,588	90,43
Grupo C	64,753	54,964	74,542
Grupo D	35,751	26,393	45,108
Grupo E	9,755	0,485	18,666

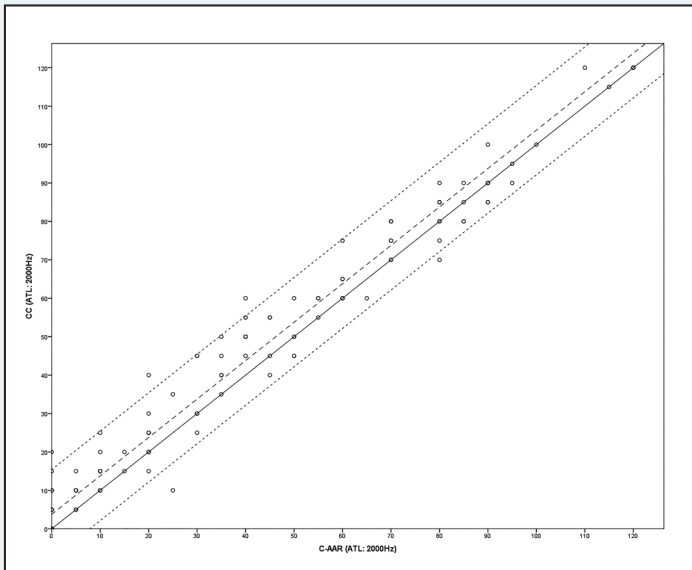
## 10. GRÁFICOS



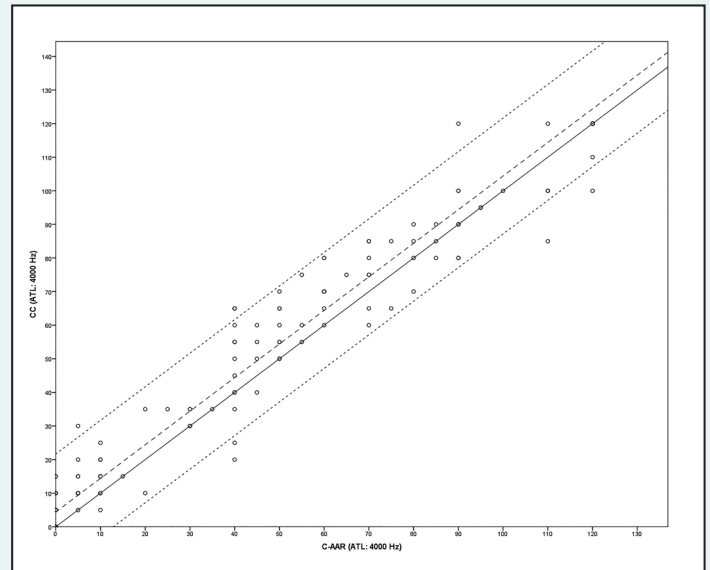
**GRÁFICO 1.** Concordancia, ATL 0,5 KHz.



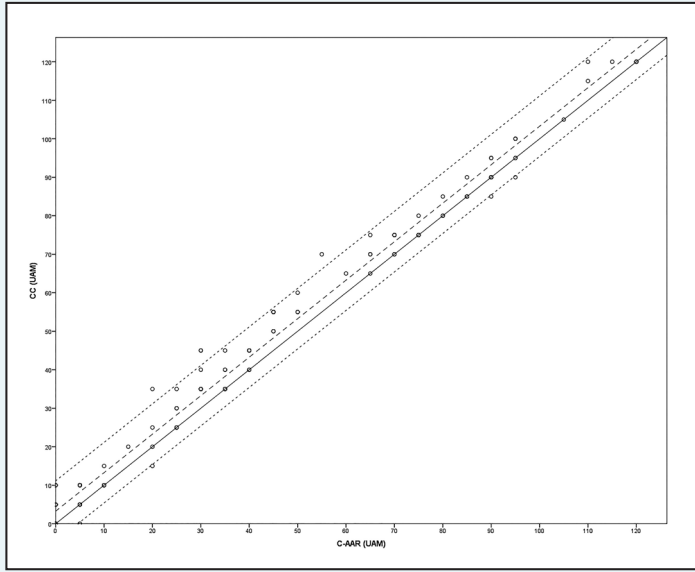
**GRÁFICO 2.** Concordancia, ATL 0,5 KHz.



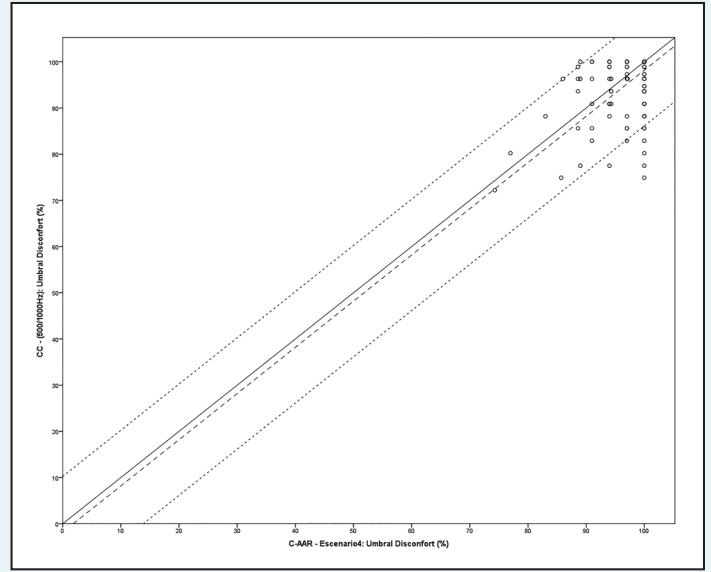
**GRÁFICO 3.** Concordancia, ATL 2 KHz.



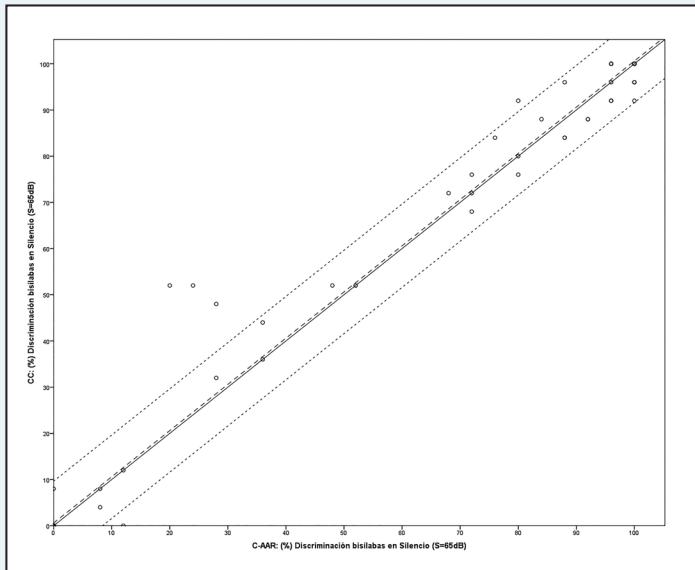
**GRÁFICO 4.** Concordancia, ATL 4 KHz.



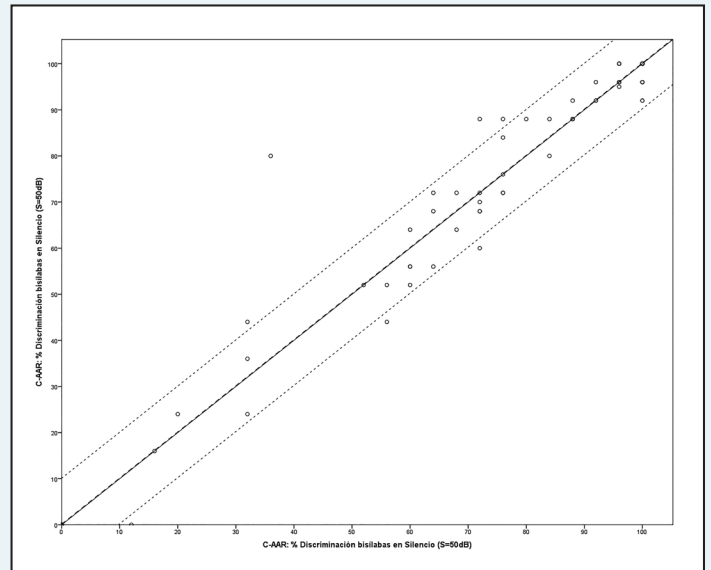
**GRÁFICO 5.** Concordancia, ATL UAM.



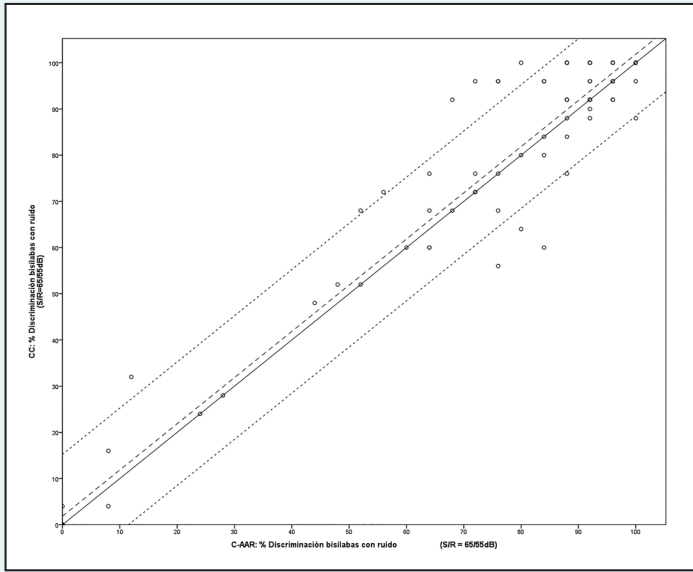
**GRÁFICO 6.** Concordancia Umbral de discomfort.



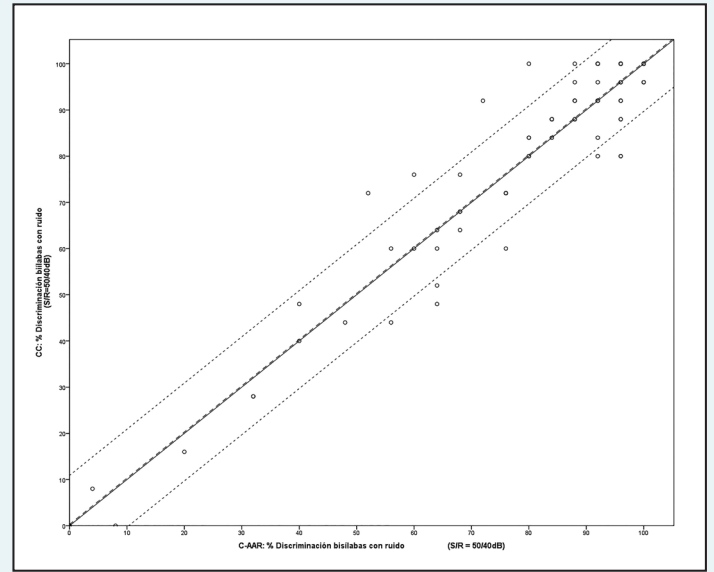
**GRÁFICO 7.** Concordancia AV en silencio (65dB).



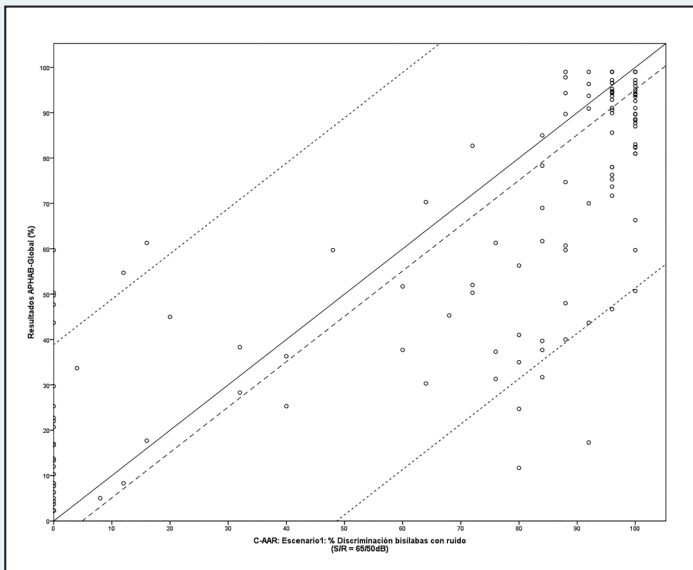
**GRÁFICO 8.** Concordancia AV en silencio (50dB).



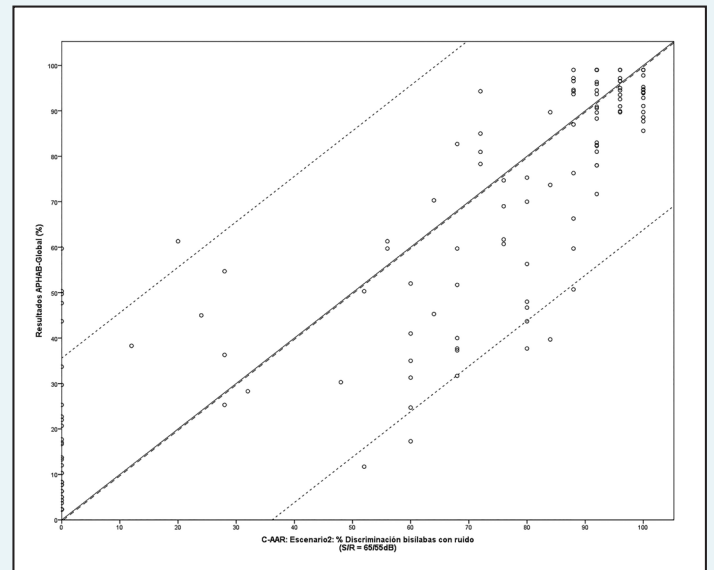
**GRÁFICO 9.** Concordancia AV con ruido enmascarante (65/55dB).



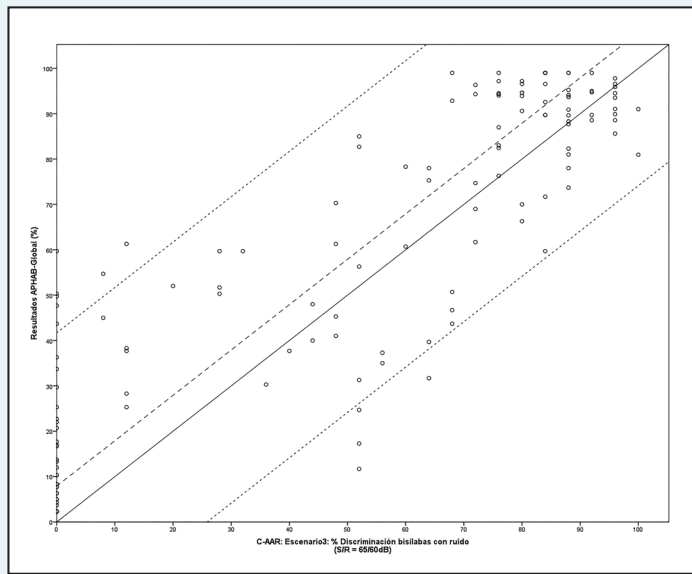
**GRÁFICO 10.** Concordancia AV con ruido enmascarante (50/40dB).



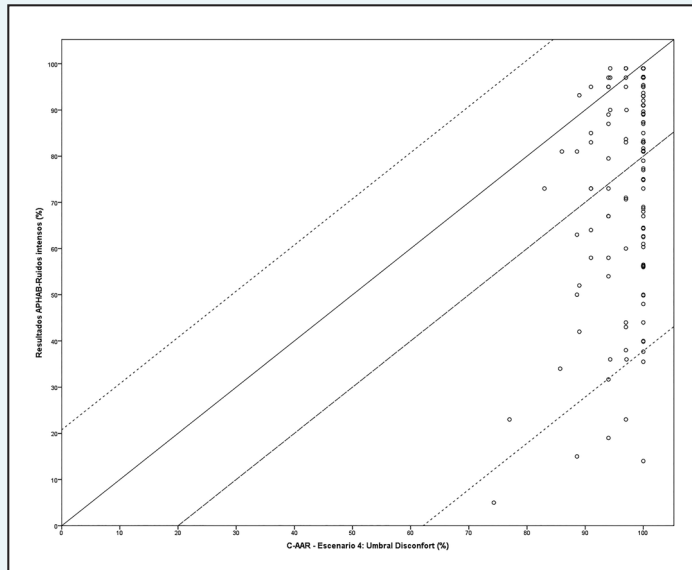
**GRÁFICO 11.** Resultados Escenario 1 (C-AAR) vs APHAP.



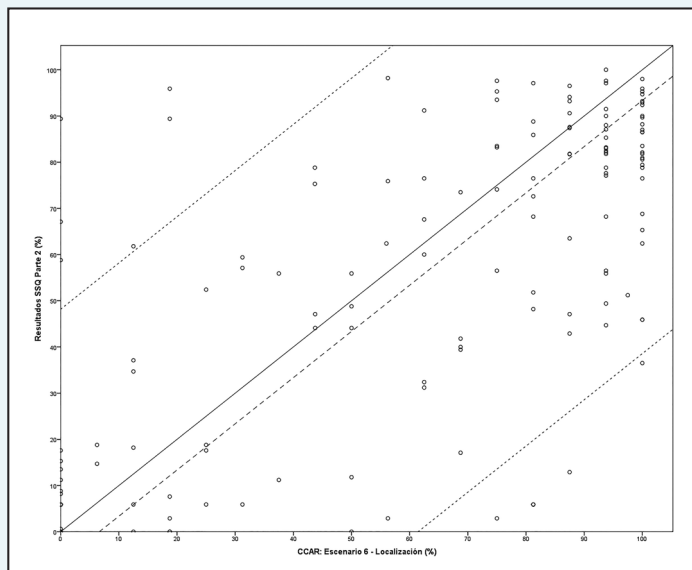
**GRÁFICO 12.** Resultados Escenario 2 (C-AAR) vs APHAP.



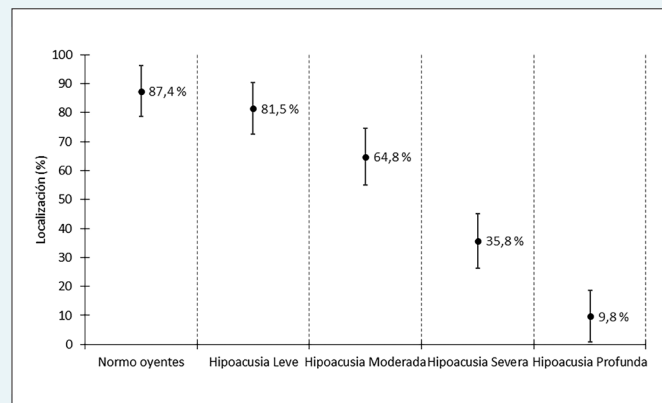
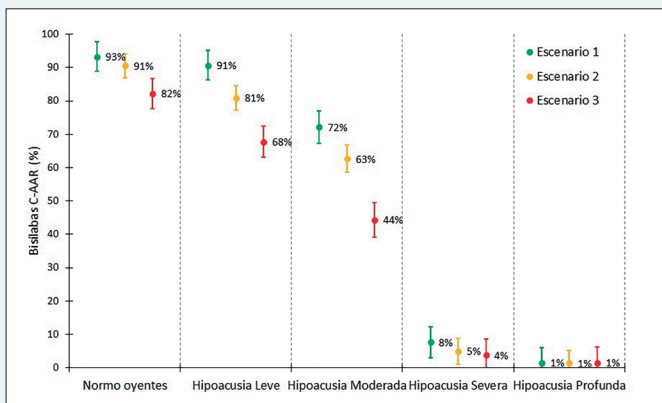
**GRÁFICO 13.** Resultados Escenario 3 (C-AAR) vs APHAP.



**GRÁFICO 14.** Resultados Escenario 4 (C-AAR) vs APHAP.

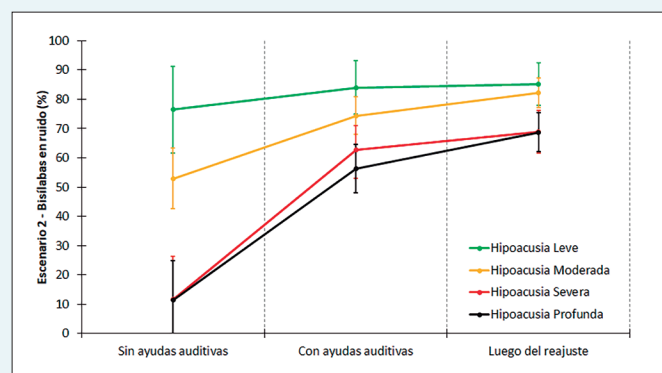
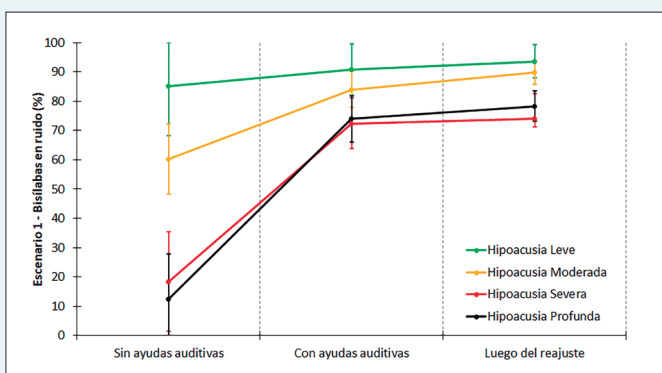


**GRÁFICO 15.** Resultados Escenario 6 (C-AAR) vs SSQ Parte II.



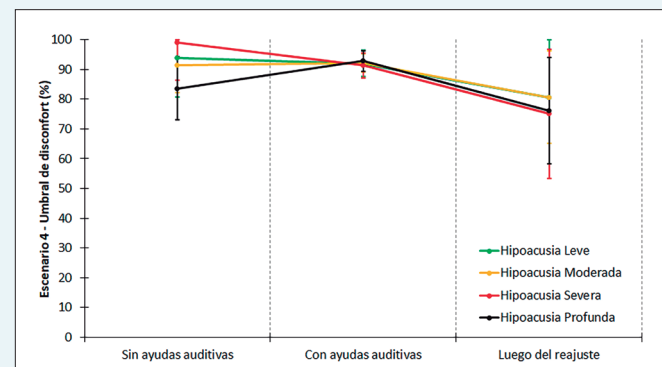
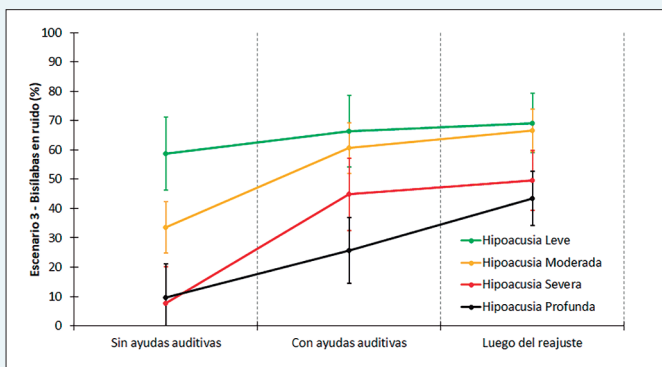
**GRÁFICO 16.** Audiometrías verbales en contexto de ruido similares a la realidad. C-AAR. Medias e Intervalos de Confianza estimado para cada grupo de estudio (n=150 sujetos): Escenarios 1 (S/R=15dB), E. 2 (S/R=10 dB) y E. 3 (S/R=5dB).

**GRÁFICO 17.** Resultados Escenario 6: Localización sonora.



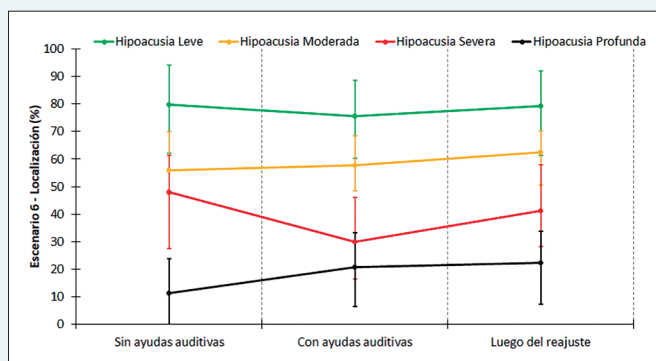
**GRÁFICO 18.** Escenario 1 (65/50). Sin ayudas auditivas, con ayudas y con ayudas luego del reajuste.

**GRÁFICO 19.** Escenario 2 (65/55). Sin ayudas auditivas, con ayudas y con ayudas luego del reajuste.



**GRÁFICO 20.** Escenario 3 (65/60). Sin ayudas auditivas, con ayudas y con ayudas luego del reajuste.

**GRÁFICO 21.** Escenario 4 (Umbral de Discomfort). Sin ayudas auditivas, con ayudas y con ayudas luego del reajuste.



**GRÁFICO 22.** Escenario 6 (Localización sonora). Sin ayudas auditivas, con ayudas y con ayudas luego del reajuste.

## 11. BIBLIOGRAFÍA

- Bland JM, Altman DG. (1999) Measuring agreement in method comparison studies. *Stat Methods Med Res.*8:135–60.
- Boyle P.J., Nunn T.B., O’connor A.F. & Moore B.C.J. 2013. STARR: A speech test for evaluation of the effectiveness of auditory prostheses under realistic conditions. *Ear Hear*, 34, 203–212.
- Bradley, E. L., Blackwood, L. G. (1989) “Comparing paired data: A simultaneous test for means and variances”. *American Statistician* 43: 234-235
- Bronkhorst, A. (2000). “The cocktail party phenomenon: A review of research on speech intelligibility in multiple-talker conditions,” *Acta Acust. Acust.* 86, 117–128.
- Brown, G. J. and Cooke, M. (1994). “Computational auditory scene analysis,” *Comput. Speech Lang.* 8(4), 297–336.
- Brungart, D. S., Simpson, B. D., Ericson, M. A., and Scott, K. R. (2001). “Informational and energetic masking effects in the perception of multiple simultaneous talkers,” *J. Acoust. Soc. Am.* 110, 2527–2538.
- Cherry, E. (1953). “Some experiments on the recognition of speech, with one and with two ears,” *J. Acoust. Soc. Am.* 25, 975–979.
- Constantino, F. C., Pinggera, L., Paranamana, S., Kashino, M., and Chait, M. (2012). “Detection of appearing and disappearing objects in complex acoustic scenes,” *PLoS One* 7(9), e46167.
- Cox, R. M., & Alexander, G. C. (1995). The abbreviated profile of hearing aid benefit. *Ear and hearing*, 16(2), 176-186.
- Cox, RM and Gilmore, C. “Development of the Profile of Hearing Aid Performance (PHAP)”. *J. Speech and Hearing Res.*, 33, 343-357 (1990)
- Freyman, R. L., Helfer, K. S., McCall, D. D., and Clifton, R. K. (1999). “The role of perceived spatial separation in the unmasking of speech,” *J. Acoust. Soc. Am.* 106, 3578–3588.
- Gatehouse S, Noble W. The speech, spatial and qualities of hearing scale (ssq). *Int J Audiol.* 2004; 43:85–99. [PubMed: 15035561].
- Haumann S., Lenarz T. & Buchner A. 2010. Speech perception with cochlear implants as measured using a roving-level adaptive test method. *ORL J Otorhinolaryngol Relat Spec*,72, 312–318.
- Hochmuth S., Brand T., Zokoll M.A., Zenker Castro F., Wardenga N. *et al.*, 2012. A Spanish matrix sentence test for assessing speech reception thresholds in noise. *Int J Audiol*, 51, 536–544.
- Huarte A. 2008. The Castilian Spanish hearing in noise test. *Int J Audiol*, 47, 369 – 370.
- Lin, L. I. (1989). “A concordance correlation coefficient to evaluate reproducibility.” *Biometrics*; 45: 255–268.
- Madell, JR.; Flexer, C. *Pediatric audiology: Diagnosis, technology and management*. 2. NY: Thieme Medical Publishers; 2014. p. 99-100.
- Nábělek, A. K., Letowski, T. R., & Tucker, F. M. (1989). Reverberant overlap- and self-masking in consonant identification. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 86, 1259–1265.
- Neuman, A. C., Wroblewski, M., Hajicek, J., & Rubinstein, A. (2010). Combined effects of noise and reverberation on speech recognition performance of normal-hearing children and adults. *Ear and Hearing*, 31, 336–344.
- Watson, C. S. (2005). “Some comments on informational masking,” *Acta Acust. Acust.* 91, 502–512.



# FIAPAS

CONFEDERACIÓN  
ESPAÑOLA  
DE FAMILIAS  
DE PERSONAS SORDAS

