



Granada, 14 y 15 de junio de 2024



Joaquín T. Valderrama^{1,2,3}

¹ *Departamento de Teoría de la Señal, Telemática y Comunicaciones, Universidad de Granada, España*

² *Centro de Investigación en Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, Universidad de Granada, España*

³ *Department of Linguistics, Macquarie University, Australia*

Contacto: jvalderrama@ugr.es

URL: <https://wpd.ugr.es/~jvalderrama>

La importancia de conocer el entorno



UNIVERSIDAD
DE GRANADA

Investigadores



Personas con dificultades auditivas



Personal clínico



Políticos



Industria



Entorno familiar
y educativo



Asociaciones



II Jornadas Audiología Clínica, Asociación Española de Audiología (AEDA), 14-15 de junio de 2024, Granada, España

- El entorno de las personas con dificultades auditivas es amplio y complejo. Por mencionar algunos agentes:
- Está el **personal clínico**, que evalúa y realiza seguimiento de las dificultades auditivas.
- Los **investigadores**, que utilizan metodologías avanzadas para avanzar conocimiento.
- La **industria**, que aspira a desarrollar nuevas tecnologías que mejoren la experiencia auditiva de estas personas.
- El entorno **familiar y educativo**, en donde el contacto rutinario hace que se planteen retos de comunicación.
- **Asociaciones** que pueden ayudar a aglutinar reivindicaciones, defender derechos, y respaldar vulnerabilidades de un colectivo.
- Y **personal de servicio público**, con capacidad de poner en marcha

iniciativas de impacto orientadas a mejorar la inclusión, incrementar la conciencia social, o prevenir el desarrollo de patologías.

- Generalmente cada uno de estos agentes conoce bien su entorno, pero están relativamente poco conectados con el resto de agentes. Esto proporciona una **visión sesgada e incompleta** de todo el conjunto de factores que afectan al entorno de las personas con dificultades auditivas.
- Por ejemplo, con respecto a la actividad investigadora, que es a la que yo me dedico, los investigadores consultamos de manera regular la literatura científica, atendemos a conferencias y discutimos con colaboradores sobre nuevos avances, e incluso, tomamos medidas experimentales en personas con problemas auditivos.
- Pero, ¿cuánto sabemos sobre lo que necesitan realmente (y todavía no tienen) estas personas? ¿cómo sabemos si las nuevas medidas que propongamos van a poder utilizarse en un entorno clínico? ¿qué sabemos sobre el proceso de toma de decisiones políticas con respecto a realizar inversiones con presupuesto público? ¿cómo es posible saber si las soluciones tecnológicas disponibles van a ser finalmente utilizadas por los usuarios finales?
- Saber más sobre las necesidades y motivaciones del conjunto de agentes es crítico para proporcionar **soluciones integrales que verdaderamente mejoren la calidad de vida** de las personas con dificultades auditivas.

La importancia de conocer el entorno



UNIVERSIDAD
DE GRANADA

AJA

Research Article

Discovering the Unmet Needs of People With Difficulties Understanding Speech in Noise and a Normal or Near-Normal Audiogram

Kiri Mealings,^a Ingrid Yeend,^a Joaquín T. Valderrama,^{a,b} Megan Gilliver,^a Jeremy Pang,^a Jason Heeris,^a and Pamela Jackson^a

Necesidad 1: Una solución que permita comunicarse mejor en ambientes ruidosos

Necesidad 2: Mejorar y estandarizar los protocolos de diagnóstico

Questionarios online

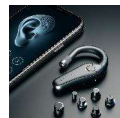
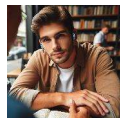
- 1164 personas con dificultades auditivas
- 47 personal clínico

Entrevistas personales

- 21 personas con dificultades auditivas
- 7 personal clínico

Necesidad 3: Evaluar la efectividad de un abanico amplio de posibles soluciones

Necesidad 4: Conocer si los usuarios finales aceptarán y utilizarán las soluciones tecnológicas



II Jornadas Audiología Clínica, Asociación Española de Audiología (AEDA), 14-15 de junio de 2024, Granada, España

- En este sentido, en Australia pusimos en marcha un estudio breve (de unos 3 meses) en el que un grupo de investigadores pasamos una serie de encuestas y realizamos entrevistas personales con la idea de aprender sobre (1) las necesidades reales de personas que comenzaban a experimentar los primeros síntomas de la pérdida de audición (generalmente problemas de comunicación en ambientes ruidosos, antes incluso de que se observase un aumento en sus umbrales audiométricos, también conocido como hidden hearing loss); y también, (2) sobre las necesidades del personal clínico que atendía a estos pacientes.
- Antes de esta investigación, en el equipo teníamos hipótesis/indicios sobre qué necesidades podrían tener basándonos en la literatura, pero tras la investigación, pudimos verificar estas hipótesis. Fue tremendamente enriquecedor contar con testimonios de primera mano de las personas a las que pretendíamos ayudar.
- Conocer las necesidades reales de estos colectivos nos ha permitido diseñar proyectos de investigación más efectivos (porque sabíamos exactamente cuál era la pregunta que queríamos responder), y nos aseguraba que el esfuerzo

que dedicábamos tenía un impacto real.

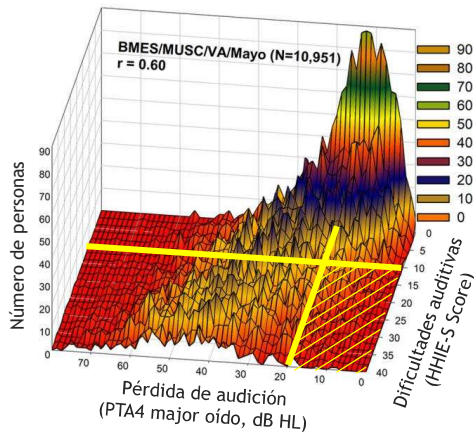
- Además de aprender sobre cómo se sentían estos colectivos, de este estudio pudimos identificar 4 necesidades no satisfechas.
- De estas necesidades han surgido varios proyectos de investigación.
- Por ejemplo, hemos realizado dos proyectos para investigar la efectividad de utilizar audífonos de baja ganancia o los AirPods Pro de Apple para mejorar la experiencia auditiva en entornos ruidosos, con la idea de proporcionar información de valor a los audiólogos de cara a proporcionar recomendaciones informadas a sus pacientes. Actualmente, mi actual contrato Ramón y Cajal en la UGR está orientado a la búsqueda de nuevos biomarcadores sensibles con estos primeros síntomas de la pérdida de audición, que generalmente son invisibles al audiograma.
- En este proyecto involucramos “sólo” a personas con dificultades auditivas y a personal clínico, y resultó ser de gran valor. En el futuro, tengo intención de seguir validando mis hipótesis involucrando a más agentes, como sectores de la industria, el entorno más cercano de estas personas, sus asociaciones y también personal de servicio público.

Primeros síntomas de la pérdida de audición



UNIVERSIDAD DE GRANADA

Humes (2021)



Tengo que esforzarme más para escuchar. No siempre puedo oír lo que me están hablando o las preguntas que me hacen. Requiere mucha concentración



No hay realmente un test que muestre la patología asociada a los primeros síntomas de la pérdida de audición



Mealings et al. (2020)

Este problema simplemente me desincentiva a salir, y si salgo, tiendo a evitar restaurantes, cafeterías y cualquier lugar donde haya muchas personas



II Jornadas Audiología Clínica, Asociación Española de Audiología (AEDA), 14-15 de junio de 2024, Granada, España

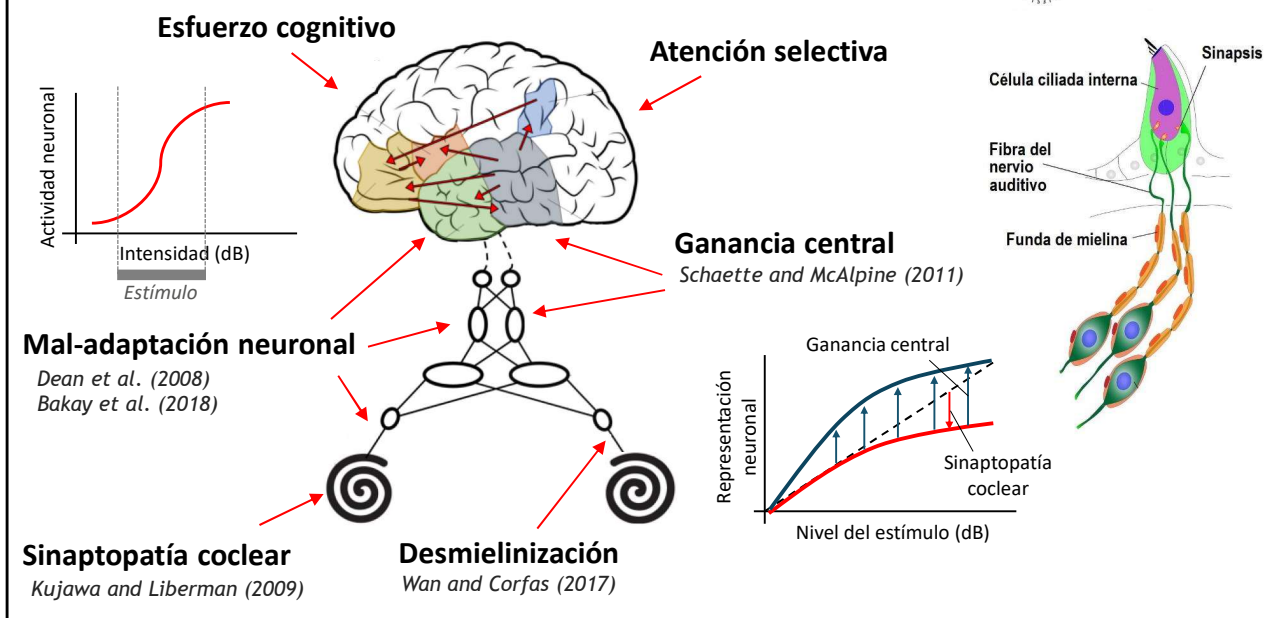
- Existe un sector de la población que experimenta dificultades auditivas, incluso antes de que se observe un incremento en sus umbrales audiométricos.
- La figura de Humes (2021) lo visualiza perfectamente. Esta figura presenta el número de personas en una muestra de 11.000 personas en términos de (1) las dificultades auditivas percibidas según un cuestionario breve, y (2) sus umbrales audiométricos. Naturalmente, a mayor pérdida de audición, mayores dificultades auditivas. El sector de la población al que nos referimos es aquel que dice experimentar problemas auditivos (HHIE-S > 10) pero que cuenta con una audiometría “normal” (sin pérdida de audición).
- Estas dificultades se las conoce como “pérdida de audición oculta” porque existe una pérdida de audición (tienen problemas auditivos) pero está oculta bajo un audiograma normal. Lo que nos dicen estos resultados es que el audiograma es insuficiente para caracterizar estos problemas auditivos.
- Además, estos problemas no son despreciables, y por lo que aprendimos en el estudio prospectivo anteriormente mencionado, estas dificultades

auditivas tienen un impacto real y severo en las personas que experimentan estas dificultades. Por ejemplo, os dejo aquí algunos testimonios que recibimos en nuestro estudio.

Primeros síntomas de la pérdida de audición



UNIVERSIDAD
DE GRANADA



- El diagnóstico de estas dificultades auditivas no es trivial, pues involucra potencialmente varios procesos que ocurren a lo largo de toda la vía auditiva.
- Estudios en animales sugieren cuatro posibles mecanismos que podrían estar involucrados en la pérdida de audición oculta, porque afectan a la codificación neuronal de los sonidos sin alterar los umbrales audiométricos.
- La **sinaptopatía coclear** ocurre cuando se produce una desconexión entre el nervio auditivo y la célula ciliada, un problema que ocurre principalmente en altos niveles. La sinaptopatía coclear deriva en problemas de procesamiento temporal de los sonidos.
- La **desmielinización** ocurre cuando la funda de mielina que recubre el nervio auditivo se ve alterada. Esta funda de mielina acelera la propagación de impulsos a lo largo del axón del nervio auditivo; y su alteración puede afectar a la audición binaural, la cual juega un importante papel a la hora de segregar fuentes sonoras y escuchar en situaciones de ruido.
- Los mecanismos de **ganancia central** se producen en estaciones centrales a

consecuencia de una alteración en etapas periféricas. Tras la sinaptopatía coclear, las neuronas tienen dificultades para codificar sonidos elevados, por lo que estaciones neuronales más centrales aumentan su sensibilidad para cubrir todo el rango dinámico.

- Finalmente, Dean y colaboradores descubrieron que el **patrón de actividad de las neuronas se ADAPTA** a la estadística del sonido para optimizar la codificación neuronal de esos sonidos. Bakay et al. (2018) descubrieron que animales con sinaptopatía perdían esta capacidad de adaptación neuronal.
- Además de estos procesos de codificación neuronal de la información transmitida, la comprensión de un mensaje requiere una serie de procesos cognitivos a nivel central. En particular, juegan un papel importante la memoria a corto plazo (o memoria de trabajo, en inglés: working memory) y la capacidad de **atención selectiva** del individuo, es decir, la capacidad de centrar la atención en la fuente sonora de interés y de inhibir otras fuentes de sonido distractoras (por ejemplo, conversaciones de otras mesas en un restaurante ruidoso).
- El resultado de todos estos procesos se traduce en problemas de inteligibilidad especialmente en situaciones de estrés neuronal (es decir, cuando hay ruido), lo cual deriva en la necesidad de dedicar un mayor esfuerzo cognitivo en rellenar huecos y formar una idea mental del mensaje que se está transmitiendo.
- Si el esfuerzo cognitivo se mantiene en el tiempo, el individuo puede llegar a “desconectar” de las conversaciones, derivando en problemas de ansiedad por ser malinterpretados, frustración, y desincentivándolo a seguir relacionándose con otra gente, lo cual incrementa el riesgo de desarrollar demencia de manera prematura. El impacto de estas dificultades auditivas no debe ser pasado por alto, especialmente considerando la magnitud del problema, ya que es algo que afecta a toda la población mundial conforme envejecemos.

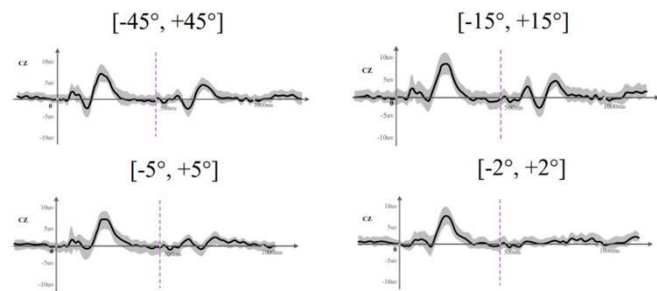
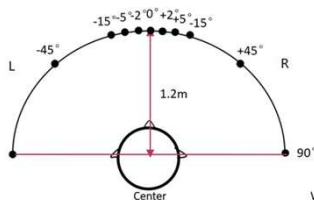
Audición binaural & Localización

frontiers | Frontiers in Neuroscience

ORIGINAL RESEARCH
published: 08 June 2022
doi: 10.3389/fnins.2022.906989

Acoustic Change Complex Evoked by Horizontal Sound Location Change in Young Adults With Normal Hearing

Zhi-Tong Fan^{1*}, Zi-Hui Zhao^{1*}, Mridula Sharma², Joaquín T. Valderrama^{2,3}, Qian-Jie Fu⁴, Jia-Xing Liu⁴, Xin Fu⁴, Huan Li⁴, Xue-Lei Zhao⁴, Xin-Yu Guo⁴, Luo-Yi Fu⁴, Ning-Yu Wang⁴ and Juan Zhang^{5*}



II Jornadas Audiología Clínica, Asociación Española de Audiología (AEDA), 14-15 de junio de 2024, Granada, España

- Laboratorios de todo el mundo están llevando a cabo una **intensa labor investigadora** encontrando nuevos biomarcadores sensibles a estos primeros síntomas de la pérdida de audición, con la idea de proporcionar al personal clínico de herramientas que permitan diagnosticar estas dificultades, establecer grados de severidad, y proporcionar información relevante sobre las tecnologías óptimas para cada individuo (medicina personalizada).
- El problema es complejo y es multidimensional, lo que requiere evaluar varias funcionalidades para poder caracterizar de manera integral las posibles pérdidas auditivas.
- En una colaboración con un equipo de investigación de Pekín, mi colega Mridula Sharma y yo diseñamos una experimentación orientada a proporcionar indicadores neurofisiológicos relacionados con nuestra capacidad de localización basada en la audición binaural.
- Para ello construimos un array de altavoces distribuidos a diferentes ángulos en el eje azimut, y presentamos un estímulo auditivo en el altavoz situado a

un lado del participante que posteriormente se presentó por el altavoz del lado derecho, manteniendo el ángulo azimut constante.

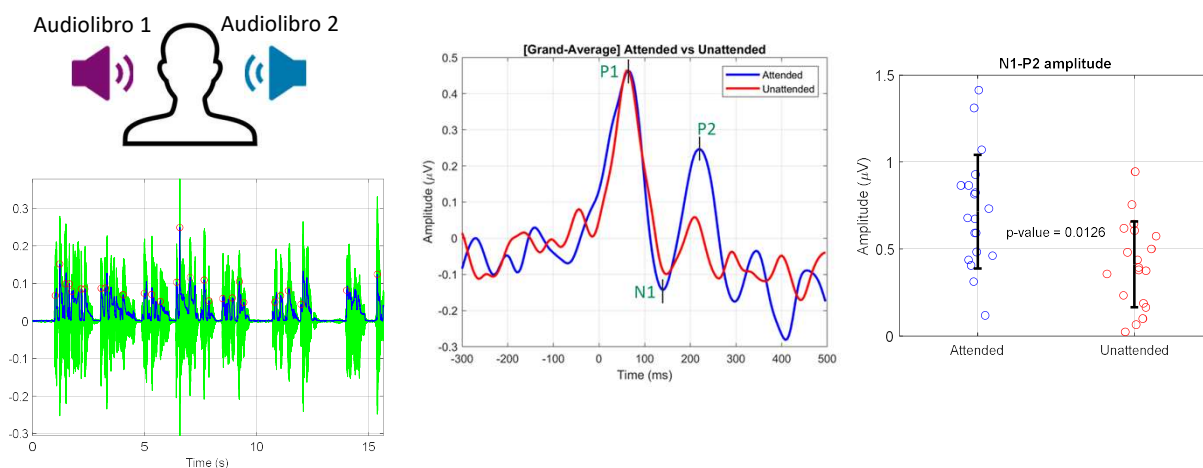
- La respuesta neurofisiológica mostró una respuesta cortical clara en el comienzo del estímulo en todos los casos, y otra respuesta cortical conocida como *Acoustic Change Complex (ACC)* asociada al cambio de lateralidad del estímulo, pudiendo observar cómo la amplitud de esta respuesta disminuía conforme se reducía el ángulo.
- Esta metodología permite caracterizar la audición binaural de un individuo a partir del mínimo ángulo en el que se observa respuesta neuronal, de la misma manera que se estima de manera rutinaria en la clínica umbrales de audición a partir de los potenciales evocados auditivos del tronco cerebral.

Hacia una evaluación integral



UNIVERSIDAD
DE GRANADA

Atención selectiva



II Jornadas Audiología Clínica, Asociación Española de Audiología (AEDA), 14-15 de junio de 2024, Granada, España

- Otra metodología interesante que hemos desarrollado permite evaluar de manera objetiva la capacidad de un individuo en focalizar la atención en una fuente sonora de interés e inhibir otra fuente de sonido distractora.
- Para esto lo que hicimos fue presentar dos audiolibros diferentes en cada oído, y pedirle al participante que prestara atención sólo a uno de ellos.
- A partir de la señal de voz de cada audiolibro, pudimos identificar los instantes de comienzo de sílaba, los cuales cabe esperar que evoquen una respuesta cortical. Esto lo hicimos para el audiolibro atendido y para el desatendido, de manera que pudimos comparar la morfología de las dos respuestas neuronales.
- Los resultados mostraron que ambas respuestas presentaron amplitudes similares entre las componentes P1-N1 de los potenciales corticales, sin embargo, existieron diferencias muy significativas entre la amplitud de las componentes N1-P2 (procesos más centrales) entre la respuesta evocada por el estímulo atendido y el desatendido.

- Esta reducción, además, pudo observarse de manera individual en los 10 sujetos que registramos, lo que proporciona un indicador con mucho potencial para caracterizar la capacidad de atención selectiva a nivel individual (no sólo a nivel poblacional).

Inteligencia artificial



ChatGPT 3.5 ▾

¿Qué usos podría tener la inteligencia artificial en el campo de la audiolgía?



La inteligencia artificial (IA) puede desempeñar varios roles importantes en el campo de la audiolgía. Aquí tienes algunos ejemplos:

1. **Diagnóstico temprano de problemas auditivos:**
2. **Personalización de dispositivos auditivos:**
3. **Reconocimiento y traducción de lenguaje de señas:**
4. **Análisis de datos médicos y registros electrónicos de salud:**
5. **Asistencia en la rehabilitación auditiva:**
6. **Detección de fraudes en pruebas auditivas:**

En resumen, la inteligencia artificial ofrece una amplia gama de aplicaciones potenciales en el campo de la audiolgía, desde el diagnóstico y tratamiento hasta la rehabilitación y el seguimiento del paciente, lo que puede mejorar significativamente la calidad de vida de las personas con problemas auditivos.



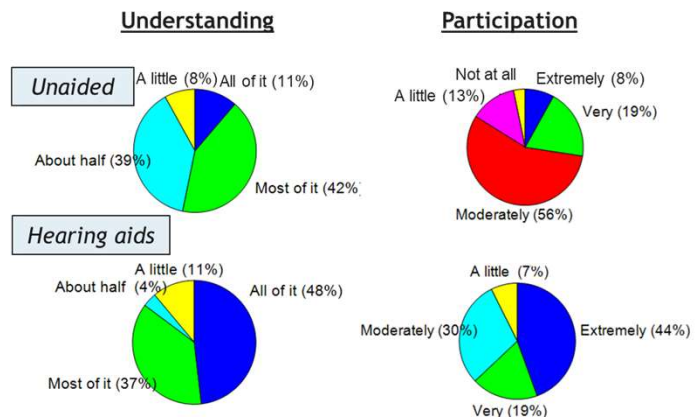
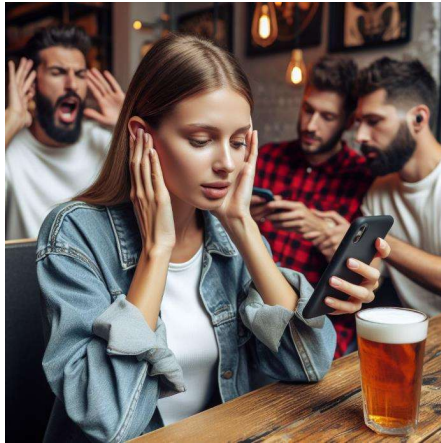
II Jornadas Audiolgía Clínica, Asociación Española de Audiolgía (AEDA), 14-15 de junio de 2024, Granada, España

- Las nuevas técnicas de diagnóstico que comencemos a ver en la clínica durante los próximos años van a poder desarrollarse gracias al desarrollo de nuevas tecnologías que ofrecen nuevas funcionalidades y nuevas oportunidades.
- Una tecnología emergente con un potencial enorme en audiolgía es la **Inteligencia Artificial**.
- Basta con preguntarle a Chat-GPT sobre qué campos podría aplicarse esta tecnología, para que nos sugiera:
 - **Diagnóstico temprano de problema auditivos:** Los algoritmos de IA pueden analizar datos de pruebas auditivas para identificar patrones que podrían indicar problemas auditivos en etapas tempranas, lo que permite una intervención más rápida y efectiva.
 - **Personalización de dispositivos auditivos:** La IA puede utilizarse para desarrollar algoritmos que ajusten automáticamente los dispositivos auditivos a las necesidades individuales de cada paciente. Esto incluye la

adaptación de la amplificación de frecuencias específicas y la supresión de ruido no deseado.

- **Reconocimiento y traducción de lenguaje de señas:** A través de técnicas de visión por computadora y procesamiento de imágenes, la IA puede ayudar a reconocer gestos y movimientos del lenguaje de señas, así como traducirlos en tiempo real para personas con discapacidad auditiva.
 - **Análisis de datos médicos y registros electrónicos de salud:** La IA puede analizar grandes cantidades de datos médicos, como registros de audiometría y antecedentes clínicos, para identificar tendencias, factores de riesgo y patrones que podrían ser útiles para mejorar los tratamientos y la atención al paciente.
 - **Asistencia en la rehabilitación auditiva:** Mediante el desarrollo de aplicaciones y herramientas interactivas, la IA puede ayudar en la rehabilitación auditiva, proporcionando ejercicios personalizados, retroalimentación en tiempo real y seguimiento del progreso del paciente.
 - **Detección de fraudes en pruebas auditivas:** La IA puede identificar patrones sospechosos en los resultados de las pruebas auditivas que podrían indicar intentos de fraude o manipulación, ayudando a garantizar la integridad de los datos y la precisión de los diagnósticos.
-
- Es fácil imaginar un futuro en el que la IA juegue un papel fundamental. Una aplicación que me consta que se está desarrollando actualmente es un test de comprensión en ruido interactivo basado en inteligencia artificial, similar al que muestra la imagen. En este test, en vez del típico test en el que el paciente repite una frase presentada con ruido, el paciente entra en una cabina y mantiene una conversación interactiva con un avatar sobre el tema que más le interese mantener al sujeto (puede ser sobre la Champions 15 del Madrid, sobre política, o sobre las reglas del mus), dando como resultado una evaluación objetiva de la capacidad de comprender en ruido del individuo.
 - El potencial de la IA en audiolología está todavía por descubrir.

Ecologically Momentary Assessment (EMA)



II Jornadas Audiología Clínica, Asociación Española de Audiología (AEDA), 14-15 de junio de 2024, Granada, España

- Otra tecnología emergente consiste en la **evaluación ecológica momentánea**. Esta tecnología permite recopilar datos sobre la experiencia auditiva, sensaciones, estados de ánimo y otros aspectos relevantes de un estudio en tiempo real y en el entorno en donde ocurren las dificultades auditivas.
- En vez de depender de la memoria retrospectiva, como suele hacerse en los cuestionarios habituales, EMA permite recopilar datos de forma prospectiva, lo que permite capturar mejor las sensaciones y la experiencia del participante.
- Esta tecnología generalmente se implementa utilizando aplicaciones en teléfonos inteligentes, que permite a los participantes registrar sus respuestas de forma rápida y conveniente según cada escenario acústico. Además, el micrófono de estas aplicaciones permite caracterizar el entorno acústico, de manera que se pueda relacionar la experiencia auditiva de un participante con las características del entorno acústico.
- Tecnologías basadas en EMA se utilizan de manera habitual en estudios de

psicología, salud mental, en estudios farmacéuticos para evaluar la respuesta de los individuos a un determinado fármaco, estudios sobre el sueño, estudios de adicción, y cada vez más, existen más estudios en audiología utilizando esta tecnología.

- Un ejemplo en el que nosotros hemos utilizado EMA ha sido para investigar si individuos con problemas significativos de comprensión en ruido pero con audiometrías normales se beneficiarían utilizando un audífono con muy poca ganancia. Para esto, le pedimos a nuestros participantes que atendieran a sitios donde generalmente tienen problemas auditivos, y rellenaran una breve encuesta sobre su experiencia auditiva con y sin audífonos.
- Así aprendimos que los audífonos permitieron a nuestros participantes (1) comprender más (el número de participantes que entendió todo en la conversación pasó del 11% sin audífonos al 48% con audífonos); y (2) participar más en la conversación (pasando la máxima participación del 8% sin audífonos al 44% con audífonos).
- De haber hecho esta encuesta al final del estudio, es muy probable que los participantes no se acordasen bien de su experiencia auditiva con y sin audífonos.

Latency-dependent filtering and compact representation of the complete auditory pathway response

Angel de la Torre^{1, a)}, Joaquin T. Valderrama^{2, b)}, Jose C. Segura^{1, c)} and Isaac M. Alvarez^{1, d)}
¹Department of Signal Theory, Telematics, and Communications, University of Granada, Granada, Spain
²National Acoustic Laboratories, Sydney, Australia

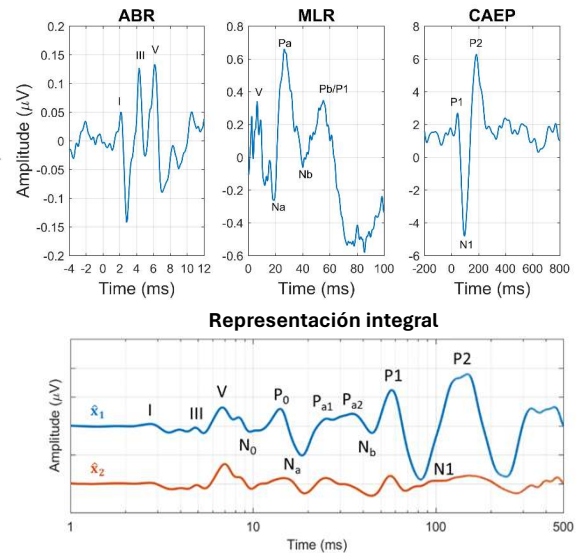
ABSTRACT:

Auditory evoked potentials (AEPs) include the auditory brainstem response (ABR), middle latency response (MLR), and cortical auditory evoked potentials (CAEPs), each one covering a specific latency range and frequency band. For this reason, ABR, MLR, and CAEP are usually recorded separately using different protocols. This article proposes a procedure providing a latency-dependent filtering and down-sampling of the AEP responses. This way, each AEP component is appropriately filtered, according to its latency, and the complete auditory pathway response is conveniently represented (with the minimum number of samples, i.e., without unnecessary redundancies). The compact representation of the complete response facilitates a comprehensive analysis of the evoked potentials (keeping the natural continuity related to the neural activity transmission along the auditory pathway), which provides a new perspective in the design and analysis of AEP experiments. Additionally, the proposed compact representation reduces the storage or transmission requirements when large databases are manipulated for clinical or research purposes. The analysis of the AEP responses shows that a compact representation with 40 samples/decade (around 120 samples) is enough for accurately representing the response of the complete auditory pathway and provides appropriate latency-dependent filtering. MATLAB/Octave code implementing the proposed procedure is included in the supplementary materials. © 2020 Acoustical Society of America. <https://doi.org/10.1121/10.0001673>

(Received 29 December 2019; revised 6 July 2020; accepted 14 July 2020; published online 4 August 2020)

[Editor: Sarah Verhulst]

Pages: 599–613



II Jornadas Audiología Clínica, Asociación Española de Audiología (AEDA), 14-15 de junio de 2024, Granada, España

- Finalmente quisiera mencionar brevemente otra tecnología desarrollada principalmente por mis colegas Ángel de la Torre y José Carlos Segura Luna en el Departamento de Teoría de la Señal, Telemática y Comunicaciones de la UGR, con alto potencial de mejorar la evaluación objetiva de las vías auditivas mediante potenciales evocados auditivos.
- Al contrario de la técnica convencional de registro de potenciales evocados, en el que se registran de manera aislada (1) la componente periférica de las vías auditivas con los potenciales evocados auditivos del tronco cerebral, (2) la componente central a partir de los potenciales evocados corticales, y (3) la componente intermedia a partir de los potenciales de latencia media; en este trabajo se propuso un filtrado avanzado que permite representar todas las componentes de las vías auditivas de manera integral en la misma gráfica, permitiendo de este modo evaluar no sólo una sección de las vías auditivas, sino toda la vía auditiva, desde la cóclea con la onda 1 de los ABR hasta la corteza auditiva con las componentes P1-N1-P2.
- Esta representación ofrece nuevas oportunidades de diagnóstico utilizando potenciales evocados. Entre otras aplicaciones, podría ayudar a diagnosticar

individuos con neuropatía auditiva periférica, caracterizados por potenciales periféricos ausentes o anormales en presencia de potenciales corticales robustos.

Agradecimientos



UNIVERSIDAD
DE GRANADA

- Esta actividad es parte de la ayuda RYC2022-037875-I, financiada por MCIU/AEI/10.13039/501100011033 y por el FSE+.

