

Texto para la ponencia presentada en:

76 Congreso de la Sociedad Española de ORL y Cirugía de Cabeza y Cuello
(SEORL-CCC, Oct-2025)

Respuestas evocadas auditivas con estimulación multinivel para la determinación ultra-precisa de los umbrales de audición.

Nicolás Müller¹, Ángel de la Torre², Francisco Chiequero¹, Isaac M. Alvarez²,
Juan Martín-Lagos², José L. Vargas²

¹*Servicio ORL, Hospital Universitario Clínico San Cecilio, Servicio Andaluz de Salud, Granada.*

²*Departamento de Teoría de la Señal, Telemática y Comunicaciones, Universidad de Granada. Centro de Investigación en Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (CITIC-UGR), Universidad de Granada.*

E-mail: atv@ugr.es (A. de la Torre), isamaru@ugr.es (Isaac M. Alvarez)

Diapositiva 1 - Título y autores:

Buenas tardes, muchas gracias. Voy a presentar un estudio sobre la aplicación de potenciales evocados auditivos para la determinación de umbrales auditivos con alta precisión.

Diapositiva 2 - Conflictos de interés:

Los autores no tenemos conflictos de interés. Este trabajo ha sido parcialmente financiado por un proyecto de investigación del Plan Nacional y otro de la Junta de Andalucía.

Diapositiva 3 - Introducción:

- Los potenciales evocados auditivos se usan de forma habitual para la evaluación de la función auditiva.
- Sin embargo, estudiar la respuesta cerca del umbral de audición no es fácil, debido a la baja amplitud de las ondas y al ruido que afecta a los biopotenciales.
- El objetivo de nuestro estudio es la determinación, con precisión, de los umbrales en potenciales evocados auditivos. En particular queremos explorar la posibilidad de obtener precisiones de 1 dB, con protocolos de registro de menos de 30 minutos.

- Para ello, en nuestro equipo de trabajo contamos con 2 herramientas:
 - Un algoritmo de deconvolución multi-respuesta, que permite presentar estímulos de distintos niveles y recuperar la respuesta para cada nivel de estimulación
 - Y la posibilidad de recuperar la respuesta de toda la vía auditiva (incluyendo en el mismo registro componentes de tronco cerebral, latencia media o incluso corticales).

Diapositiva 4 - Material y métodos 1:

- Hacemos uso de nuestro sistema modular de registro de biopotenciales, desarrollado en colaboración con la Universidad de Granada y nuestro servicio de ORL.
- Puesto que queremos medir a intensidades próximas al umbral, hemos registrado los potenciales en una cabina de audiometría (insonorizada).
- Los estímulos son: clicks de rarefacción, con intervalo entre estímulo aleatorio entre 15 y 30 ms (tasa promedio de 44 estímulos por segundo).
- El estímulo es diótico (en este estudio queremos estudiar la viabilidad del protocolo).
- Intensidad de cada click aleatoria, en un rango de 40 dB (para análisis inicial de baja resolución) y luego en un rango de 20 dB (para alta resolución).
- Análisis de respuesta ABR/MLR (latencias entre 1 ms y 200 ms), con categorización a posteriori (resolución ajustable) y deconvolución multi-respuesta (para cada categoría de intensidad).

Diapositiva 5 - Material y métodos 2:

- El protocolo comienza con el registro de baja resolución entre 0 y 40 dB durante 4 minutos: Se realiza un análisis con categorías de 10 dB, como se ve en la gráfica.
- Observando estas respuestas decidimos el rango de 20 dB adecuado para el registro alta resolución: Entre 0 y 20 dB o bien entre 4 y 24 dB o bien entre 8 y 28 dB, etc. En este ejemplo se eligió el intervalo entre 8 y 28 dB.
- El registro de alta resolución se obtiene durante 16 minutos. Sobre la señal EEG adquirida se hacen tres análisis:
 - Respuestas con 10 categorías de 2 dB (como se observa en la segunda gráfica)
 - Con 40 categorías de 0.5 dB, para mejorar la resolución
 - Con 40 categorías de 0.5 dB suavizando (para reducir ruido)
- Finalmente, determinamos umbrales usando las componentes disponibles (ABR, MLR)

Diapositiva 6 - Material y métodos 3 - Resultados:

En este estudio han participado 11 sujetos (5 mujeres) de entre 22 y 55 años

Los resultados los presentamos para cada sujeto:

- Baja resolución (del registro de 4 minutos, cada 10 dB) alta resolución (del registro 16 minutos, cada 2 dB)
- Análisis alta resolución (0.5 dB) sin suavizado y con suavizado (del registro de 16 minutos)

Diapositivas 7, 8 y 9 - Resultados sujeto 1:

- (7 - izquierda): En esta gráfica vemos las respuestas evocadas de baja resolución en el lado izquierdo: amplitud de respuestas en función de la latencia. Se ha marcado la onda V y la onda Pa. Se observa respuesta por encima 10 dB.
- (7 - derecha): Para el registro de alta resolución se ha usado el intervalo entre 0 y 20 dB. La gráfica de la derecha muestra respuestas con 10 categorías de 2 dB. Se observan las ondas V, Pa y Pb, hasta intensidades próximas a 3 dB.
- (8 - derecha): Al repetir el análisis con categorías de 0.5 dB, mejora la resolución en intensidad, pero hay menos respuestas en cada categoría y éstas resultan más ruidosas. Se identifican las ondas, pero el ruido dificulta la determinación del umbral.
- (8 - izquierda): Hemos representado estas respuestas mediante una gráfica de color, la latencia en el eje horizontal, la intensidad de estimulación en el vertical, y la amplitud de las ondas mediante color. Podemos ver la onda V en torno a 8 ms, la onda Pa en 25 ms, la Pb en 55 ms.
- Aunque estas respuestas son ruidosas, se aprecia la onda V hasta intensidades próximas a 1 dB.
- (9 - ambas): Al suavizar las gráficas (aplicando una ventana de Hamming en el eje vertical), se reduce el efecto del ruido y la identificación del umbral es más fácil, tanto en las formas de onda, como en la gráfica de color. Hay una evidencia muy fuerte de respuesta a 5 dB (con componentes V y Pa) y respuesta muy probable por encima de 1 dB (con una onda V clara).

Diapositivas 10, 11 y 12 - Resultados sujeto 2:

- Hemos realizado un análisis similar con los 11 sujetos incluidos en el estudio.
- (10): Con el sujeto 2, tenemos el análisis de baja resolución (izquierda) y de alta resolución (derecha) en intervalos de 2 dB.
- (11): Y en estas gráficas el análisis de alta resolución con intervalos de 0.5 dB sin suavizar, y suavizando.
- (12): En este sujeto hay evidencia de respuesta en 8 dB, y la respuesta de latencia media (ondas Pa, Pb) es más clara que la de tronco (la onda V se extingue antes).

Diapositivas 13, 14 y 15 - Resultados sujeto 3:

- Con el sujeto 3 el análisis de alta resolución se centró en el intervalo 8-28 dB.
- Se observa respuesta clara en torno a 16 dB.

Diapositivas 16, 17 y 18 - Resultados sujeto 4:

- El participante 4 es interesante porque el registro era muy ruidoso (mucha actividad miogénica, y las respuestas evocadas son difíciles de valorar).
- El análisis de alta resolución se hizo sobre el intervalo entre 8 y 28 dB.
- El diagrama de color de alta resolución es confuso debido al ruido, pero una vez suavizado, se puede establecer el umbral en torno a 16 dB.

Diapositivas 19 a 39 - Resto de diapositivas y sujetos:

- Con el sujeto 5, el umbral está en torno a 5 dB, y se observa sobre la onda Pa
- Con el sujeto 6, en torno a 8 dB, también con la onda Pa
- Sujeto 7, en 11 dB, ondas V y Pa
- Sujeto 8, en 1 dB, onda Pa
- Sujeto 9, en 2 dB, onda Pa
- Sujeto 10, en 8 dB, ondas V y Pa (por cierto, esta onda se observa retrasada, casi en 35 ms)
- Sujeto 11, en 5 dB, ondas V y Pa

Diapositiva 40 - Conclusiones:

Resumiendo el trabajo y para concluir:

- En este trabajo hemos mostrado la viabilidad de un protocolo para determinar umbrales de audición con precisiones del orden de 1 dB usando potenciales evocados auditivos.
- La exploración requiere unos 20 minutos de registro (4 en baja resolución y 16 en alta resolución), más, lógicamente, el tiempo de preparación del participante.
- En algunos participantes, la onda V es la más persistente, pero en la mayoría de los participantes, la onda más estable cerca del umbral es la Pa de latencia media.
- Nosotros consideramos que lo ideal es realizar una valoración global, usando todas las ondas disponibles, tanto de potenciales de tronco como de latencia media.
- En algunos sujetos se observa PAM (post-auricular muscle response), si bien en la exploración a intensidades próximas al umbral el PAM no es relevante.
- Las gráficas de color suavizadas facilitan la identificación del umbral.

Diapositiva 41 - Trabajo futuro:

Éste es un trabajo preliminar, prometedor, pero evidentemente queda mucho trabajo por delante:

- Exploración comparativa de ambos oídos
- Comparación con umbrales subjetivos
- Exploración en sujetos con hipoacusias
- Exploraciones longitudinales, para estudiar la estabilidad de los umbrales
- Exploraciones longitudinales para detectar cambios asociados a exposición acústica (antes / después de un concierto o de una actividad ruidosa)

Diapositiva 42 - Agradecimientos:

Muchas gracias por su atención.