



INVESTIGANDO LA PERCEPCIÓN BINAURAL

EXPERIMENTOS DE AUDIOLOGÍA AL ALCANCE DE ALUMNOS DE SECUNDARIA

Ángel de la Torre¹ (atv@ugr.es), **Isaac M. Álvarez¹**, **Joaquín T. Valderrama¹**, **José C. Segura¹**, **Francisco Javier Pérez²**, **Antonio Salcedo³**, **Juana M^a Fuentes⁴**, **Sergio Quintana⁵**, Gonzalo Cortes², Celia Martín², Mateo J. Molino², Inés Muñoz², Alba Olmedo², Miguel A. Ramos², Anthony Rodríguez², Haoxiang Wu², Nuriel A. Aguilera³, Martina Gámiz³, Cristian García³, Ana Olmeda³, Marta Ortigosa³, Noelia Ramírez³, David Pérez³, Óscar Bolívar³, Miguel A. Montero³, Andrea Cervantes⁴, Irene Fajardo⁴, Ernesto Guijarro⁴, Miguel Jorge⁴, Bárbara Ortega⁴, Elvira Redondo⁴, Julia Sanz-Daza⁴, David Campaña⁵, Juan Cobos⁵, Claudia Felecan⁵, Santiago M. García⁵, Elisa Guerrero⁵, Marta Luque⁵, Irene Martín⁵, Lidia Molina⁵, Óscar Nogales⁵, Fátima Ramírez⁵, Abel Rubio⁵, Luz M. Vera⁵, Adrián Yepes⁵

¹Departamento de Teoría de la Señal, Telemática y Comunicaciones, Universidad de Granada | ²I.E.S. Luis Bueno Crespo, Armilla | ³I.E.S. Aricel, Albolote | ⁴I.E.S. Cartuja, Granada | ⁵I.E.S. Alfaguara, Loja | Autores en negrita son profesores



- Hola a todos, hoy vamos a hablar sobre nuestra experiencia investigando el beneficio de la audición binaural

Audición binaural

- La audición es algo cotidiano
- Algunos aspectos son aún poco conocidos
- En este proyecto hemos estudiado la percepción binaural y cómo afecta a:
 - La inteligibilidad de la voz en condiciones de ruido
 - La localización de las fuentes de sonido



- Todos nosotros utilizamos la audición de manera cotidiana para comprender nuestro entorno.
- Sin embargo, el proceso de audición es complejo, y hay aspectos poco conocidos.
- Por ejemplo, cuando una fuente de sonido se encuentra a un lado de la cabeza, el sonido llega antes a un oído que a otro.
- Nuestro sistema auditivo utiliza estas diferencias interaurales de tiempo para comprender en ruido y para localizar fuentes de sonido.

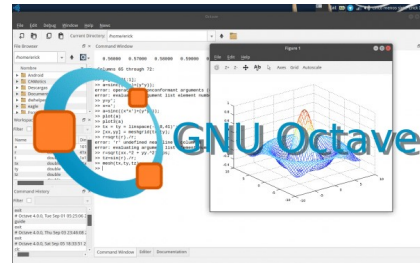
Experimentos

- Participantes (N=164)
 - 37 estudiantes
 - 8 profesores
 - 119 voluntarios (compañeros, familiares y amigos)
- Experimentos
 - Inteligibilidad de la voz en ruido
 - Localización de fuente sonora

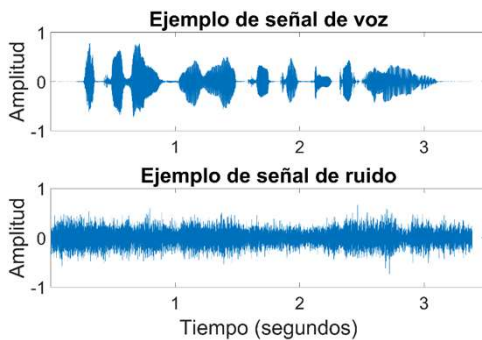
- En este proyecto hemos participado 37 estudiantes de 4 institutos, junto con nuestros 4 profesores y otros 4 profesores de la Universidad de Granada.
- Además hemos adquirido datos adicionales con otros 119 voluntarios, como por ejemplo familiares y otros compañeros de instituto.
- Hemos realizado dos experimentos que pretenden caracterizar cómo de importante es la audición binaural para (1) comprender en ambientes ruidosos, (2) y para localizar una fuente sonora.

Herramientas (accesibles y cotidianas)

HARDWARE



SOFTWARE

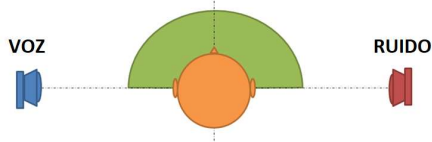


BASE DE DATOS

- Voz (dígitos conectados)
- Ruido (babble)

- Los experimentos los hemos implementado con tecnología accesible a estudiantes de secundaria.
- tales como ordenadores personales, auriculares, tarjetas de sonido, software libre y una base de datos de voz y ruido.

Pruebas de inteligibilidad en ruido



- Recreación de escenarios con voz y ruido
- SNR entre +15 dB y -27 dB
- *Monoaural* – sin beneficio binaural
- *Binaural* – con beneficio binaural
- Base de datos de 164 sujetos

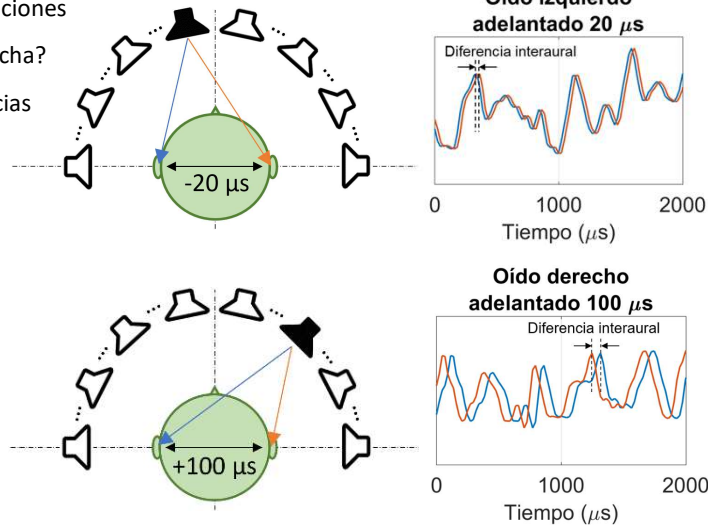
| SNR (dB) | MONOAURO (SIN BENEFICIO BINAURAL) | BINAURAL (CON BENEFICIO BINAURAL) |
|----------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 15 | 2 1 6 1 9 1 0 1 5 1 4 1 3 1 9 | 9 1 4 1 6 1 1 1 3 1 5 1 4 1 3 |
| 10 | 2 1 7 1 3 1 2 1 4 1 8 1 8 1 0 | 2 1 2 1 3 1 4 1 3 1 0 1 4 1 6 |
| 5 | 6 1 4 1 2 1 4 1 5 1 7 1 0 1 2 | 4 1 9 1 0 1 2 1 1 1 6 1 3 1 9 |
| 0 | 1 1 2 1 4 1 3 1 4 1 6 1 0 1 9 | 4 1 3 1 1 1 0 1 7 1 8 1 9 1 1 |
| -3 | 4 1 2 1 1 1 2 1 7 1 6 1 9 1 0 | 2 1 3 1 2 1 0 1 4 1 3 1 1 1 5 |
| -6 | 1 1 0 1 3 1 8 1 6 1 4 1 8 1 2 | 6 1 0 1 5 1 4 1 3 1 9 1 8 1 4 |
| -9 | 0 1 1 1 3 1 4 1 6 1 1 1 1 1 | 2 1 1 1 6 1 5 1 9 1 5 1 3 1 2 |
| -12 | | 0 1 4 1 3 1 2 1 6 1 7 1 9 1 6 |
| -15 | | 3 1 6 1 7 1 9 1 0 1 3 1 1 1 7 |
| -18 | | 1 1 2 1 1 1 6 1 1 1 1 1 1 1 3 |
| -21 | | |
| -24 | | |
| -27 | | |

CORRECTO
INCORRECTO

- La primera prueba está orientada a caracterizar el beneficio de la audición binaural en la comprensión en ruido.
- Para ello, los participantes escribieron en una plantilla los dígitos que eran capaces de comprender en presencia de ruido de fondo.
- Cuando había poco ruido de fondo era fácil comprender la voz, pero conforme el ruido incrementaba cada vez era más difícil identificar los dígitos, hasta el punto en el que no se comprendía nada.
- Este experimento se realizó presentando los sonidos sólo en un oído (es decir, sin beneficio binaural) y en los dos oídos (con beneficio binaural).
- Se ha recopilado una base de datos de 164 sujetos en este experimento.

Pruebas de localización del sonido

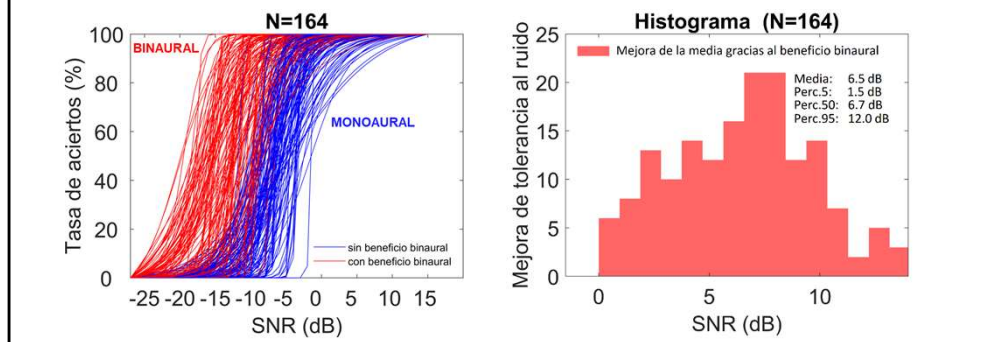
- Recreación de una fuente sonora en diferentes posiciones
- ¿Izquierda, centro o derecha?
- Rango amplio de diferencias interaurales
- 148 medidas de 122 participantes



- El objetivo de la segunda prueba fue el de caracterizar el beneficio binaural en la localización de sonidos.
- Para ello se han recreado diferentes posiciones de una fuente sonora, y los participantes evaluaron si el sonido provenía de la izquierda, del centro o de la derecha.
- La figura de arriba muestra que cuando la fuente de sonido está cerca de la posición central, la diferencia interaural es pequeña, y localizar la fuente es difícil.
- Por el contrario, cuando la separación de la fuente es mayor, la diferencia interaural aumenta, y resulta más fácil localizar el sonido.
- En este experimento hemos medido un rango amplio de diferencias interaurales, tomando 148 medidas en 122 participantes.

Resultados inteligibilidad

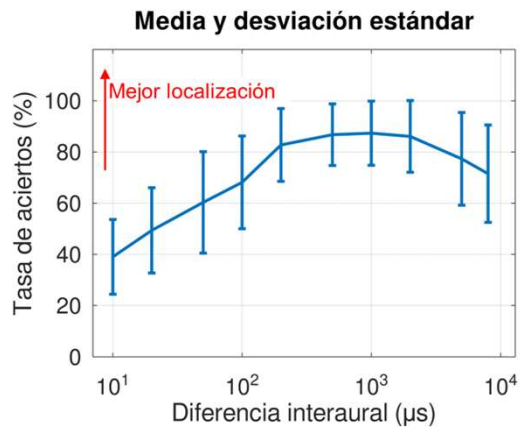
- Cuando la SNR es alta (poco ruido) entendemos perfectamente (100%)
- Cuando la SNR es baja (mucho ruido) no entendemos nada (0% aciertos)
- Con audición binaural toleramos mejor el ruido (entendemos mejor)
- Mejora promedio gracias al beneficio binaural de 6.5 dB



- Los resultados de inteligibilidad muestran que cuando hay poco ruido, la tasa de aciertos es muy alta, ...
- ... y conforme el ruido aumenta (es decir, conforme nos desplazamos a la izquierda en la SNR), cada vez resulta más difícil la comprensión.
- En la figura de la izquierda, el hecho que las curvas rojas estén separadas de las azules indica que gracias a la audición binaural podemos comprender con mayor cantidad de ruido.
- De hecho, la figura de la derecha muestra que en promedio, la audición binaural proporciona unos 6.5 dB de ganancia, y algunos llegan incluso a obtener un beneficio de hasta 14 dB.
- Este beneficio nos permite que podamos mantener una conversación en lugares altamente ruidosos, como por ejemplo un comedor escolar o un patio de colegio.

Resultados localización

- Podemos detectar diferencias interaurales de pocos cientos de μs
- Localizamos mejor conforme la diferencia interaural aumenta
- Si la diferencia interaural es muy alta, nuestra capacidad de localización disminuye



- Con respecto al test de localización, hemos observado que somos capaces de detectar diferencias interaurales de pocos cientos de microsegundos, ...
- ... lo cual nos indica lo sofisticado que es el oído humano.
- La figura muestra que mejoramos nuestra localización de sonidos conforme aumenta la diferencia interaural.
- Sin embargo, si la diferencia interaural es demasiado alta, dejamos de ser capaces de integrar los sonidos que provienen de los dos oídos y empezamos a percibirlos como dos sonidos independientes, ...
- ... lo cual reduce nuestra capacidad de localización, tal y como muestra la figura para diferencias interaurales muy altas.

Conclusiones

- Resultados de investigación:
 - Inteligibilidad en ruido: mejora de 6.5 dB
 - Localización: diferencias de pocos cientos de μ s detectables
- Hemos aprendido audiolología
- Hemos aprendido metodología científica
- Hemos desarrollado un proyecto de investigación «portable» llevándolo a los colegios e institutos
- Con los medios disponibles se puede investigar en institutos y colegios

- Además de las conclusiones científicas anteriormente presentadas,
- este proyecto ha alcanzado una serie de objetivos educativos.
- Hemos aprendido nociones muy interesantes sobre audiolología.
- Hemos aprendido metodología de investigación, por ejemplo a cómo adquirir datos, analizarlos y presentarlos de manera científica.
- Finalmente, este proyecto ha demostrado que es posible trasladar la investigación a un entorno de educación secundaria utilizando medios disponibles en colegios e institutos.
- En nombre de todos mis compañeros, muchas gracias por vuestra atención y quedamos a vuestra disposición para cualquier pregunta o comentario.