

INVESTIGANDO LA PERCEPCIÓN BINAURAL

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

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

Resumen

La audición es un fenómeno cotidiano pero poco conocido. La percepción binaural juega un papel importante en la audición:

- Mejora la inteligibilidad en condiciones de ruido
- Facilita la percepción espacial

Nuestro **objetivo científico** es investigar la percepción binaural y evaluar su importancia en la audición para la inteligibilidad en presencia de ruido y para la localización de fuentes sonoras. Además, este proyecto persigue los siguientes **objetivos educativos**: aprender metodología de investigación, diseñar y realizar experimentos audiológicos con herramientas accesibles y fomentar la participación de alumnos de secundaria.

En este proyecto hemos estudiado el funcionamiento del sistema auditivo y los principios de la percepción binaural. Hemos diseñado experimentos para caracterizar el beneficio de la percepción binaural en términos de inteligibilidad (Test 1) y localización (Test 2). Los participantes de este proyecto han recogido datos experimentales tanto en las sesiones del proyecto PIISA como fuera de las sesiones del proyecto con otros compañeros. Hemos analizado y discutido los resultados, concluyendo que (1) la percepción binaural proporciona una mejora en inteligibilidad de 6.5 dB en promedio, lo cual nos permite que podamos mantener una conversación en lugares altamente ruidosos, como por ejemplo un restaurante o un comedor escolar; y (2) diferencias interaurales de tiempo de pocos cientos de microsegundos nos permiten identificar con precisión la localización de fuentes sonoras, lo cual demuestra el alto grado de sofisticación del oído humano.

INTRODUCCIÓN

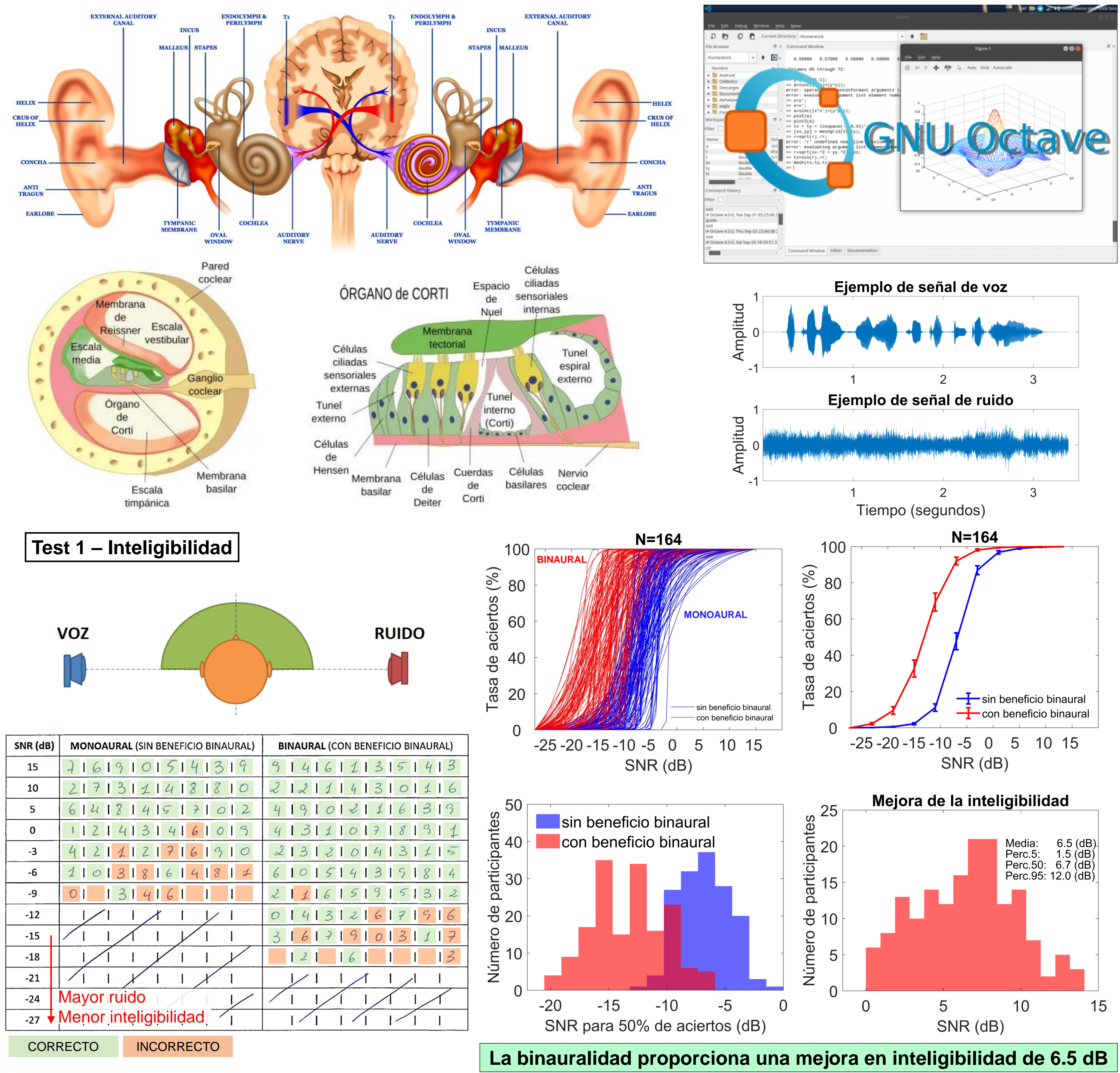
- Anatomía y fisiología de la audición
 - Oído externo: pabellón, conducto auditivo externo
 - Oído medio: tímpano, huesecillos
 - Oído interno: cóclea, células ciliadas internas/externas
 - Vías auditivas: nervio auditivo, tronco cerebral, corteza
 - Transducción auditiva, procesamiento neural en distintas estaciones
- Percepción binaural
 - Diferencias interaurales de tiempo / intensidad
 - Inhibición contralateral (papel de las células ciliadas, tronco cerebral, etc.)
- Efecto de la percepción binaural
 - Mejora de la comprensión (inteligibilidad) en condiciones de ruido
 - Localización de fuentes sonoras
- Estudio de la percepción binaural
 - Recreamos escenarios con audición estéreo, simulando localización de distintas fuentes sonoras
 - Pedimos a los voluntarios que realicen tareas de inteligibilidad y localización

METODOLOGÍA

- Herramientas: ordenador personal con tarjeta de audio; auriculares; software libre de cálculo numérico (Octave); bases de datos (de voz y de ruido)
- Participantes: 45 participantes del proyecto PIISA y otros 119 participantes adicionales reclutados por los participantes en el entorno familiar y escolar
- Sesiones del proyecto:
 - Introducción, nociones de audiológica y procesamiento de señal, objetivos del proyecto
 - Instalación y uso de Octave: uso como herramienta matemática (cálculos y gráficas); uso didáctico y en investigación; uso para nuestros experimentos
 - Preparación de los experimentos con bases de datos y Octave; realización de los experimentos en la ETSIT; preparación para incluir más sujetos
 - Análisis de los resultados y preparación de la exposición
- Test 1 – Inteligibilidad
 - Voz: Grupos de 8 dígitos conectados Ruido «babble» de un comedor escolar
 - SNR variable entre +15 dB (fácil inteligibilidad) y -27 dB (difícil inteligibilidad)
 - Monoaural (sin beneficio binaural) vs Binaural (con beneficio binaural)
 - El participante escribe los dígitos identificados en ambos escenarios en una plantilla
 - Recuento de aciertos (0% a 100%) Curvas ajustadas a función sigmoide (para suavizar)
 - Base de datos formada por 164 medidas realizadas
- Test 2 – Localización
 - Se recrean diferentes localizaciones de fuentes sonoras aplicando diferencias interaurales de tiempo = ± [0 (centro), 10, 20, 50, 100, 200, 500, 1000, 2000, 5000, 8000] μs
 - El participante utiliza el teclado para indicar si percibe que el sonido proviene de la izquierda (diferencias interaurales < 0 μs), del centro (= 0 μs) o de la derecha (> 0 μs)
 - El programa informa al participante si su evaluación es correcta o incorrecta
 - Tasa de aciertos frente a diferencias interaurales de tiempo
 - La base de datos analizada está formada por 148 medidas de 122 participantes

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

- Test 1 - Inteligibilidad
 - La mejora binaural de la inteligibilidad en ruido se manifiesta en el desplazamiento hacia SNR negativas (mejor inteligibilidad) de las curvas rojas con respecto a las azules
 - Las curvas presentan un comportamiento con forma de sigmoide, en donde a partir de una SNR crítica (tasa de aciertos del 50%) pasamos de no entender a entender
 - En el escenario con beneficio binaural, toleramos una SNR más baja: somos capaces de entender igual de bien con mayor cantidad de ruido
 - En promedio, la mejora que proporciona la binauralidad es de 6.5 dB
 - Algunos sujetos llegan a presentar una mejora de hasta 14 dB
- Test 2 – Localización
 - El oído humano es capaz de detectar diferencias interaurales de pocos cientos de μs, diferencias que son suficientes para identificar la localización de fuentes sonoras
 - La precisión para localizar sonidos mejora conforme aumenta la diferencia interaural
 - Si la diferencia interaural es demasiado alta, nuestra capacidad para integrar sonidos binaurales disminuye, lo cual reduce nuestra capacidad de localizar estos sonidos



La binauralidad proporciona una mejora en inteligibilidad de 6.5 dB

La audición binaural nos permite identificar con precisión la localización de fuentes sonoras

Conclusiones

- Hemos descubierto cómo funciona el sistema auditivo y la importancia de varios mecanismos auditivos sobre la calidad de la percepción.
- Nos hemos acercado a la metodología científica: herramientas hardware y software, diseño experimental, trabajo de campo, análisis de resultados, presentación del estudio con los experimentos y resultados.
- Hemos desarrollado un proyecto de investigación, donde además de los alumnos y profesores de este proyecto PIISA, también han participado otros alumnos de nuestros colegios e institutos.
- Mediante recreaciones de audio, hemos caracterizado el papel de la percepción binaural en la en la inteligibilidad de la voz en presencia de ruido y en la localización de sonidos.
- Hemos comprobado que se puede investigar con los medios disponibles en un colegio o instituto.



UNIVERSIDAD DE GRANADA

CSIC CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

Parque de las Ciencias ANDALUCÍA - GRANADA

Junta de Andalucía Consejería de Desarrollo Educativo y Formación Profesional