



INVESTIGANDO LA PERCEPCIÓN BINAURAL

Ángel de la Torre ¹, Isaac M. Álvarez ¹, José C. Segura ¹ Antonio Salcedo ², Miguel A. Castillo ³

Alejandra Fernández ⁴, Mario Líndez ⁵, Ángel F. Ávila ⁶, Sara Beltrán ⁷, Paula Ortega ⁸,
Elena Montoro ⁹, Marta Pleguezuelos ¹⁰, Sonia López ¹¹, Sonia García ¹², Antonio Caro ²

¹ Dpto. Teoría de la Señal, Telemática y Comunicaciones, ETSIT, Universidad de Granada (atv@ugr.es, isamaru@ugr.es, segura@ugr.es)
² IES Pedro Antonio de Alarcón, ³ IES Alhama, ⁴ IES Alonso Cano, ⁵ Colegio Compañía de María, ⁶ Colegio Juan XXIII Zaidín,
⁷ Colegio Internacional de Granada, ⁸ IES Cartuja, ¹⁰ IES Aricel, ¹¹ IES Diego de Siloé, ¹² IES Manuel de Falla

Resumen

La audición es un fenómeno cotidiano pero poco conocido.

La percepción binaural juega un papel importante en la audición:

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

Nuestro objetivo científico es investigar la percepción binaural y evaluar su importancia en la audición: para la localización de fuentes sonoras y para la inteligibilidad en presencia de ruido. En este proyecto, además, pretendemos: aprender sobre la metodología de investigación, diseñar y realizar experimentos audiológicos con herramientas accesibles y fácilmente reproducibles y fomentar la participación de alumnos de secundaria.

Hemos estudiado el funcionamiento del sistema auditivo y los principios de la percepción binaural. Hemos diseñado experimentos para demostrar el efecto de la percepción binaural y para evaluarla. Hemos realizado los experimentos con los participantes en este proyecto PIISA (en las sesiones del proyecto) y también con otros compañeros (en los colegios e institutos, fuera de las sesiones del proyecto). Hemos analizado y discutido los resultados, encontrando que gracias a la percepción binaural, la inteligibilidad mejora 6.4 dB en promedio y que la percepción binaural permite detectar un retardo interaural de unos 120 microsegundos.

INTRODUCCIÓN

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

METODOLOGÍA

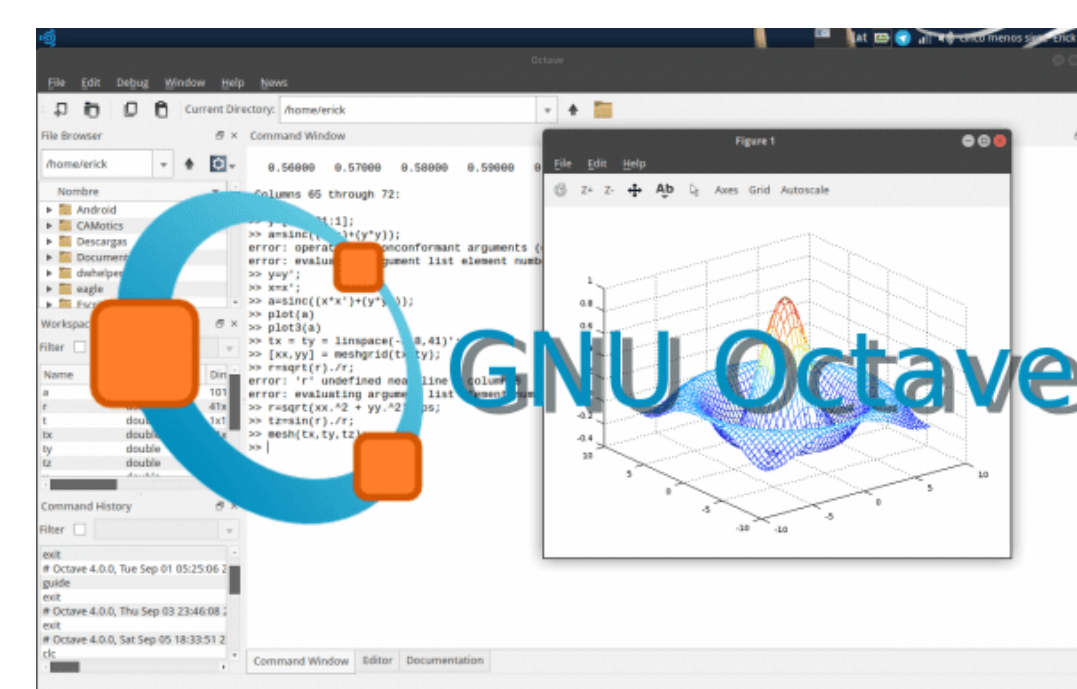
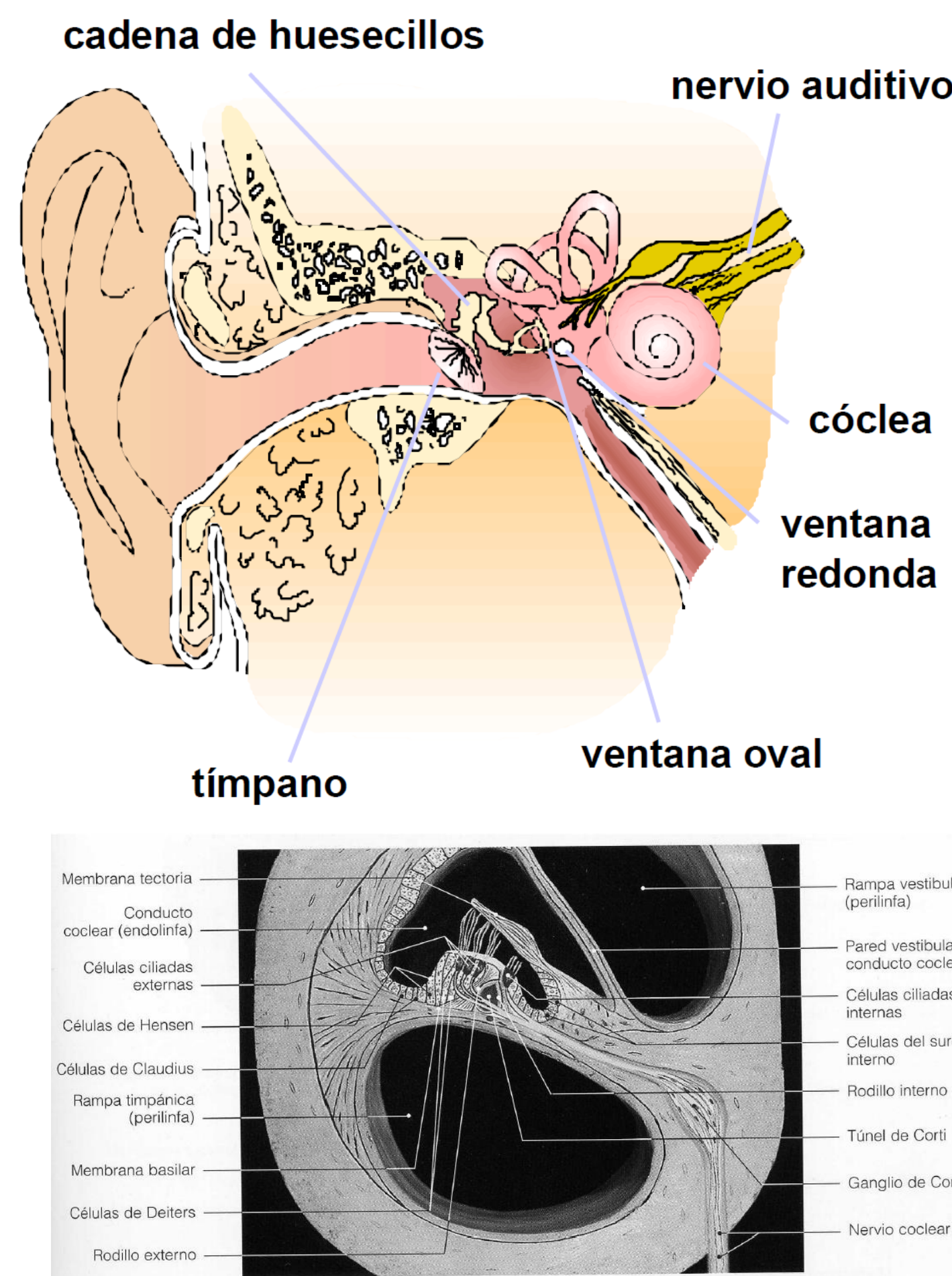
- Herramientas: ordenador personal con tarjeta de audio; auriculares; software de matemáticas (Octave, software libre); bases de datos (de voz y de ruido)
- Participantes: 15 participantes del proyecto PIISA y otros 40 alumnos adicionales de los institutos y colegios, reclutados por los participantes
- Sesiones del proyecto:
 1. Introducción, nociones de audiológica y procesamiento de señal, objetivos del proyecto
 2. Instalación y uso de Octave: uso como herramienta matemática (cálculos y gráficas); uso didáctico y en investigación; uso para nuestros experimentos
 3. Preparación de los experimentos con bases de datos y octave; realización de los experimentos en la ETSIT; preparación para incluir más sujetos.
 4. Análisis de los resultados y preparación de la exposición
- Prueba de localización:
 - Tonos enventanados, misma envolvente OD/OI,
 - Retardo OD/OI simula localización (variable entre 0 y 960 microsegundos).
 - La localización cambia (fuente desde lado derecho o desde lado izquierdo)
 - Preguntamos de qué lado procede y si se aprecia claramente (1,2,3,4,5, test de Likert)
 - Para separación entre oídos 20 cm, 340 m/s, 90°, retardo 600 microsegundos
- Prueba de inteligibilidad:
 - Base de datos de dígitos conectados en grupos de 8 dígitos, localización central (0°)
 - Ruido tipo «babe» desde localización lateral (90°), SNR variable entre 15 dB y -25 dB
 - Escenario 1: monoaural. Escenario 2: binaural
 - El voluntario escribe los dígitos identificados y recuento de errores (0% a 100%)
 - Curvas con forma sigmoide: ajustadas a sigmoides (para suavizar)
 - DEMO (motivación): voz desde lado derecho, ruido desde izquierdo, cancelar un oído

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

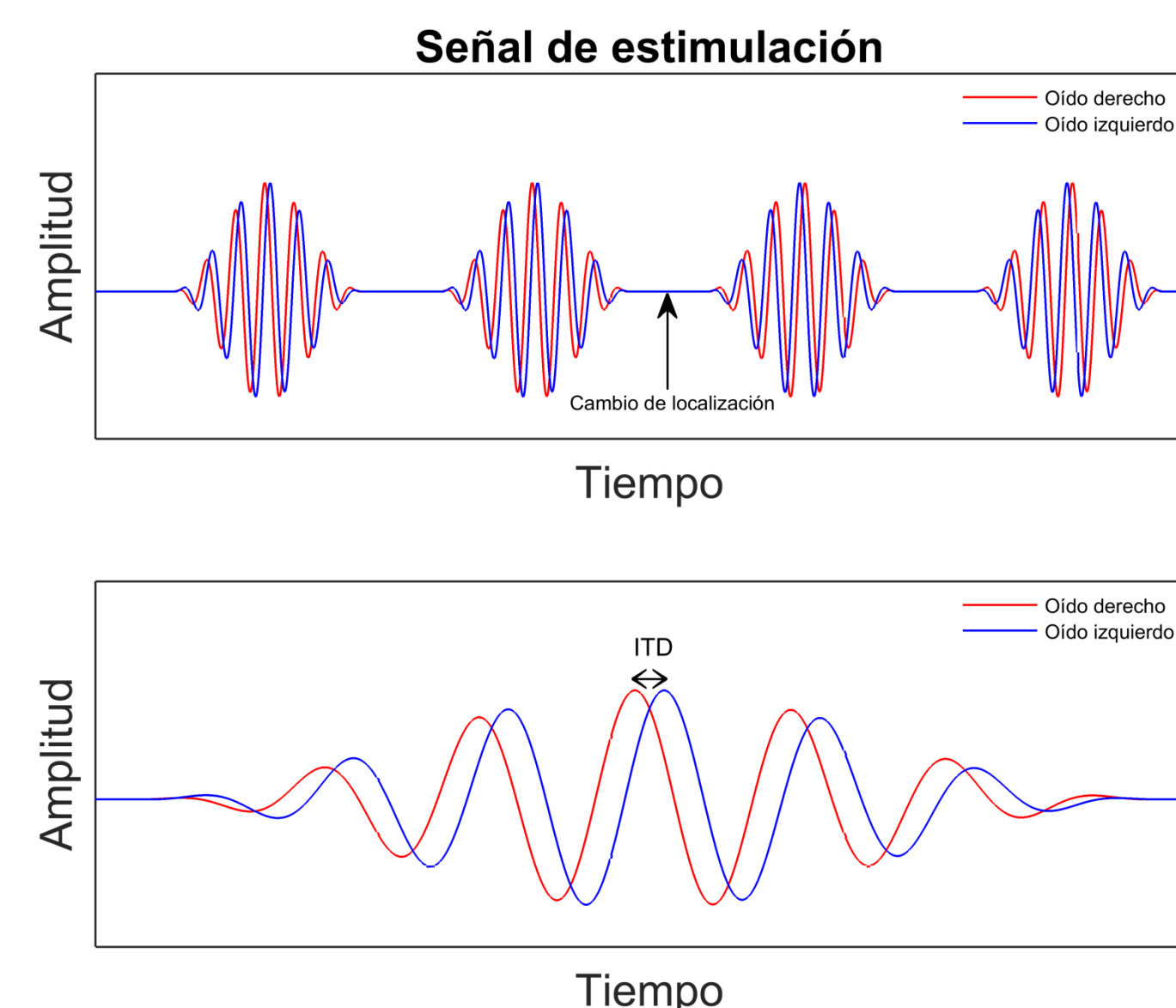
- Prueba de localización:
 - Evaluación con test de Likert (1 no distinguible, 5 claramente distinguible)
 - ITD de 600 us corresponde a localización 90°
 - ITD próximo a 0, esperamos valor bajo (dificiles de distinguir)
 - ITD grandes (retardos no naturales) dificulta la localización (¿resultado novedoso?; no hemos visto estudios previos con esta metodología)
 - Observamos tendencia clara, pero diseño experimental mejorable
- Pruebas de inteligibilidad
 - Comportamiento sigmoide (a partir de una SNR crítica pasamos de no entender a entender). SNR crítica es la media de la sigmoide (SNR al 50%)
 - En escenario 2 (binaural) toleramos SNR más baja (entendemos igual de bien con más ruido).
 - La mejora binaural de la inteligibilidad en ruido se manifiesta en el desplazamiento de las curvas rojas con respecto a las azules
 - Histograma de desplazamiento de la media de las sigmoides
 - Mejora promedio de 6.4 dB (algunos sujetos llegan a 12 dB)

CONCLUSIONES

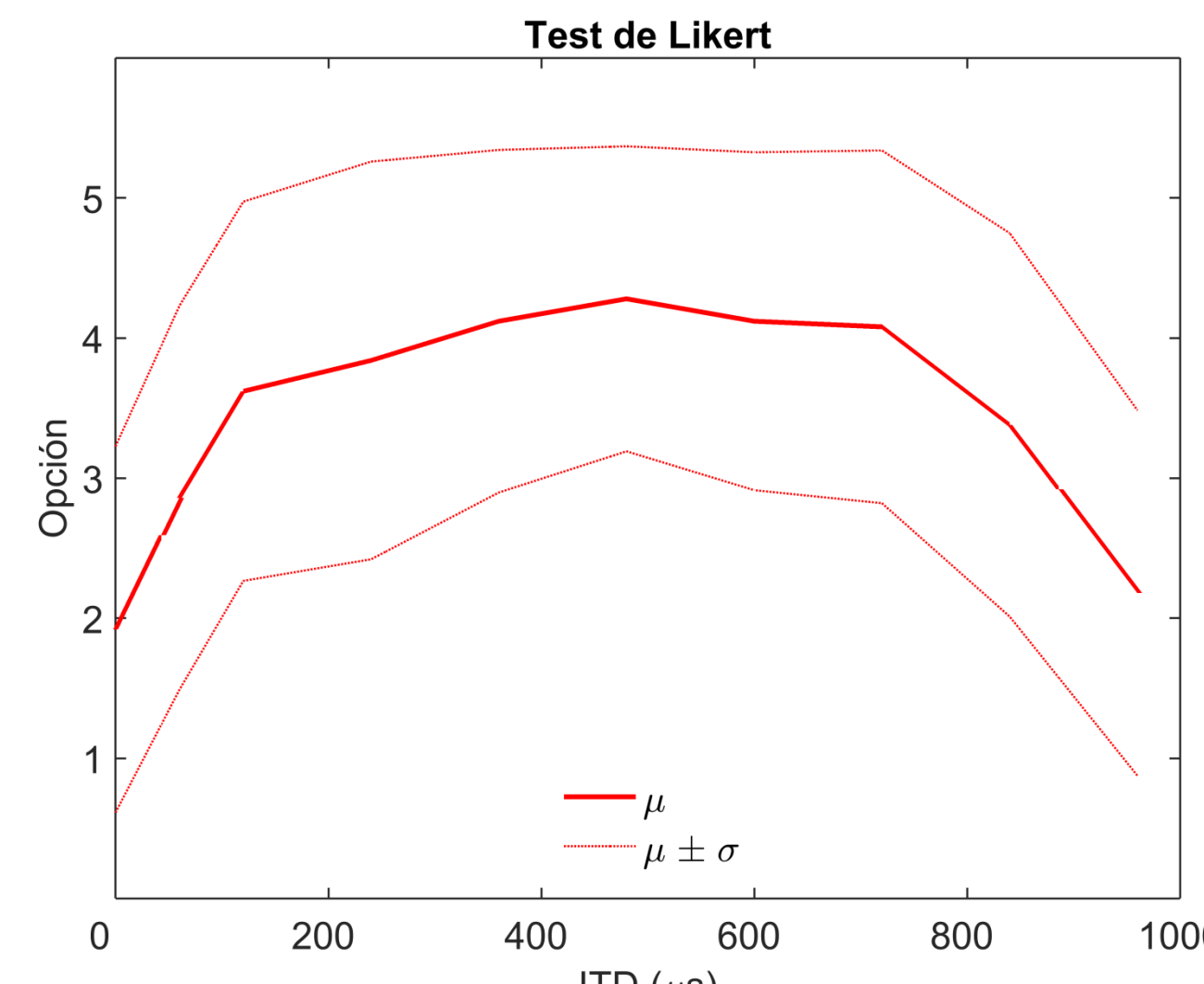
- Hemos descubierto cómo funciona el sistema auditivo y la importancia de varios mecanismos auditivos sobre la calidad de la percepción.
- Nos hemos acercado a la metodología científica: herramientas hardware y software, diseño experimental, trabajo de campo, análisis de resultados, presentación del 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 evaluado cualitativamente y cuantitativamente el papel de la percepción binaural en la localización de sonidos y en la inteligibilidad de la voz en presencia de ruido.
- Hemos comprobado que se puede investigar con los medios disponibles en un colegio o instituto.



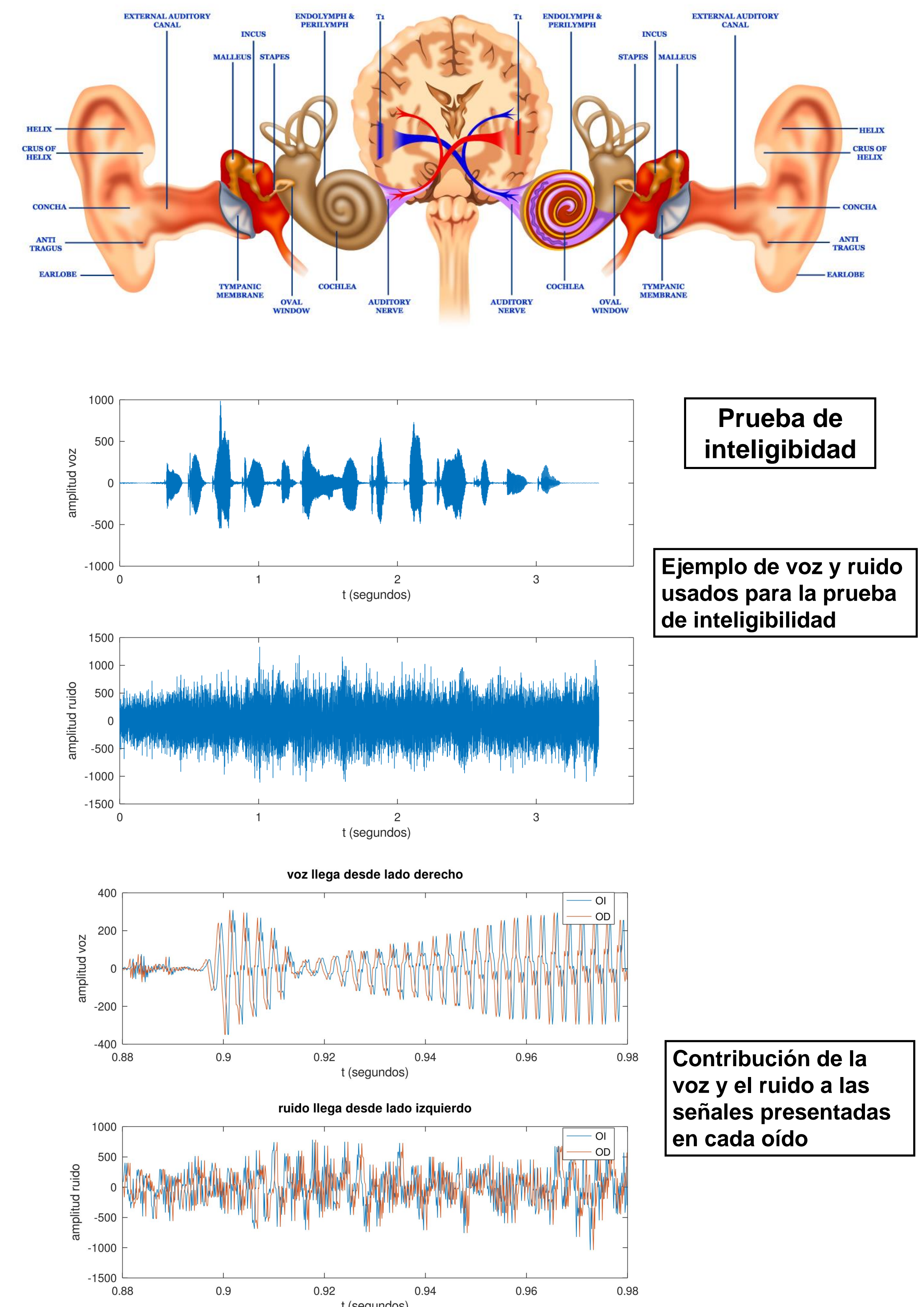
Prueba de localización



Prueba de localización



BINAURAL HEARING

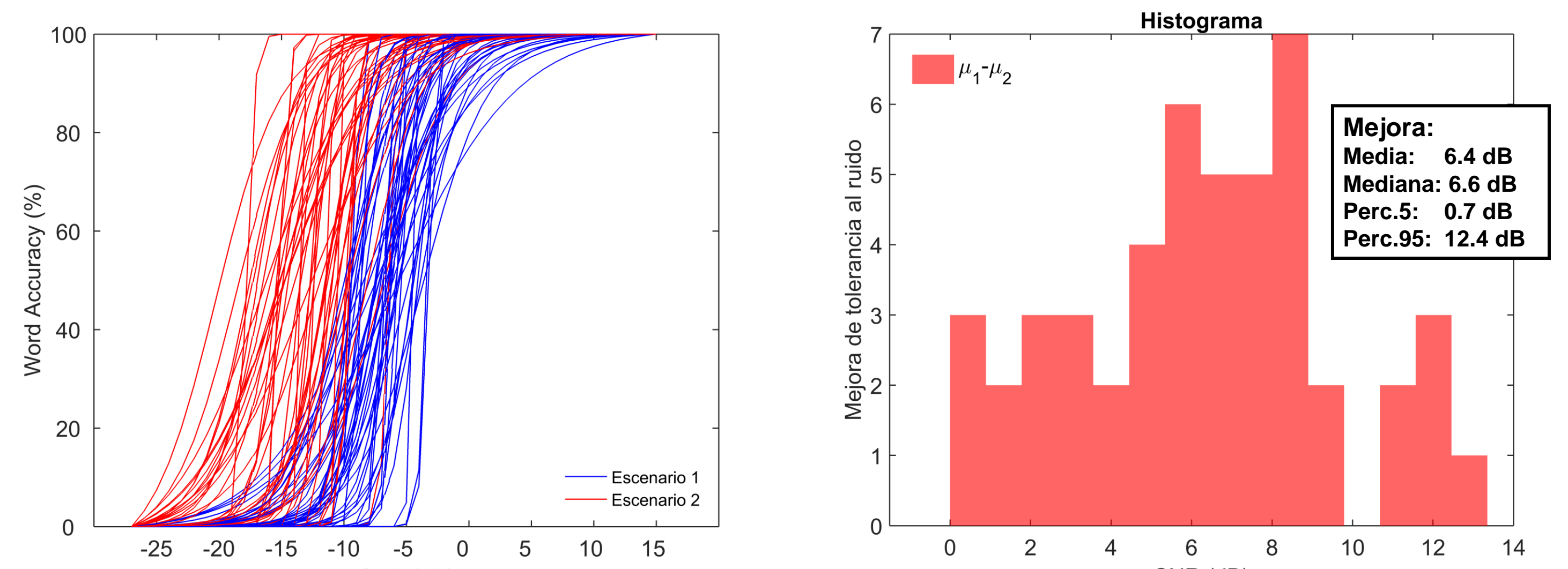


Prueba de inteligibilidad

Ejemplo de voz y ruido usados para la prueba de inteligibilidad

Contribución de la voz y el ruido a las señales presentadas en cada oído

Prueba de inteligibilidad



UNIVERSIDAD
DE GRANADA

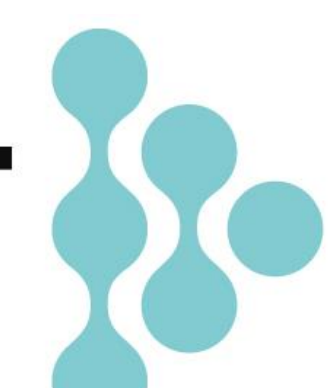


CSIC
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

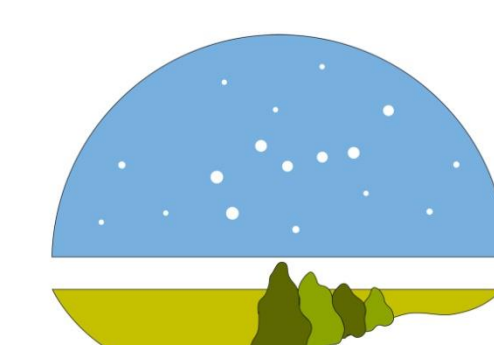


MINISTERIO
DE ECONOMÍA, INDUSTRIA
Y COMPETITIVIDAD

FECYT



FUNDACIÓN ESPAÑOLA
PARA LA CIENCIA
Y LA TECNOLOGÍA



Parque de las Ciencias
ANDALUCÍA - GRANADA