



UNIVERSIDAD
COMPLUTENSE
MADRID

Proyecto de innovación docente
Convocatoria 2023/2024

Nº de proyecto: 56

Equipamiento profesional para la realización de prácticas de audición de Psicología de la Percepción (Grado en Psicología) y actividades complementarias de Física Biológica (Máster de Física Biomédica)

Responsable: María Eugenia López García
Facultad de Psicología
Departamento de Psicología Experimental, Procesos Cognitivos y
Logopedia

OBJETIVOS PLANTEADOS EN EL PROYECTO

El objetivo principal del proyecto de innovación docente era mejorar la calidad de las prácticas de Psicología de la Percepción (Grado en Psicología) y de las actividades complementarias de Física Biológica (Máster de Física Biomédica) que emplearan estímulos auditivos. Para ello se solicitó la adquisición de material profesional que permitiera compensar los efectos de las dimensiones y condiciones del aula sobre la escena auditiva mediante un sistema compuesto por: un software específico combinado con un micrófono de medición, para corregir la respuesta en frecuencia del aula; y una tarjeta de sonido con unos altavoces, que asegurasen una buena calidad de los estímulos presentados sobre los que los alumnos realizarían sus prácticas/actividades complementarias.

En el caso del experimento de la medición de la curva de audibilidad, los datos que se obtuvieran en las aulas, tanto con el equipamiento profesional como sin él, serían comparados con los adquiridos mediante un audiómetro, el cual se alquilaría para su uso a través del CAI Técnicas de Análisis del Comportamiento de la Facultad de Psicología.

Además, se plantearon los siguientes objetivos específicos:

- 1) Utilizar un equipamiento profesional que se aproxime más al que los alumnos pueden encontrar en su futuro desempeño profesional.
- 2) Ganar precisión en los resultados obtenidos por los alumnos, lo que tendrá un impacto positivo en su aprendizaje, permitiendo una comparación más realista con los reportados por otros estudios con grupos normativos de su misma edad.
- 3) Comparar los resultados obtenidos en las prácticas en las que se utilizará el material adquirido en el presente proyecto frente a los obtenidos con el material actualmente disponible en las aulas de la UCM (tarjeta de sonido, programa de audio de Windows y altavoces).
- 4) Comparar los resultados obtenidos con mediciones individualizadas realizadas mediante cascos frente a las obtenidas con los altavoces (adquiridos y ya disponibles en las aulas).
- 5) Comparar los resultados obtenidos con el material adquirido (cascos y altavoces) con el reportado por un audiómetro que se alquilará al CAI Técnicas de Análisis del Comportamiento en el caso de la práctica de la curva de audibilidad.

FINANCIACIÓN OBTENIDA

De los 860 euros solicitados, la financiación obtenida para el proyecto fue de 301 euros, por lo que no se pudo comprar todo el equipamiento previsto. Este importe se utilizó para adquirir/ alquilar el siguiente material:

- Software de digital room correction SoundID Reference de Sonarworks [1]
- Micrófono de condensador modelo Behringer ECM 8000 [2]
- Calibración y alquiler de audiómetro del CAI Técnicas de Análisis del Comportamiento de la Facultad de Psicología [3]

Además, unos compañeros de la Facultad de Físicas efectuaron el préstamo del siguiente equipamiento:

- Dos altavoces modelo KRK Rokit 5 [4]
- Una tarjeta de audio externa modelo Focusrite Scarlett 2i2 [5].

OBJETIVOS ALCANZADOS EN EL PROYECTO

Con el presupuesto obtenido y el préstamo de equipamiento por parte de la Facultad de Físicas, se han alcanzado los objetivos específicos 1, 2, 3 y 5 de la siguiente manera:

- Se realizó la práctica de la curva de audibilidad, tanto en la Facultad de Psicología como de Físicas, utilizando el material profesional: software de calibración y micrófono de medida, tarjeta de audio y altavoces.
- En la Facultad de Psicología se obtuvieron datos de esta práctica tanto con el material profesional como con el equipamiento convencional de la UCM.
- En la Facultad de Psicología se realizaron mediciones con el audiómetro del CAI a los alumnos interesados.
- En la Facultad de Físicas se elaboró una tarea de percepción y reconocimiento del habla.
- En la Facultad de Psicología se elaboró un cuestionario sobre la satisfacción con la práctica realizada, así como sobre hábitos saludables de audición.

PRÁCTICA CURVA DE AUDIBILIDAD

Esta práctica fue realizada en las dos facultades, y consistió en la medición de los umbrales de audibilidad

utilizando el *método de los límites con escalas o series descendentes*, con una tarea SÍ/NO. Para ello se utilizaron ocho tonos puros, generados con el programa MATLAB, con las siguientes frecuencias temporales: 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 y 12000 Hz. Para determinar el umbral de audibilidad de cada frecuencia, cada tono puro se presentó quince veces, y en cada repetición se fue disminuyendo 5 dB SPL su amplitud. Se llevó a cabo este procedimiento tres veces para cada uno de los tonos puros, con el fin de calcular los valores de cruce y los umbrales absolutos para cada frecuencia. Estos datos se representaron en la curva de audibilidad y se compararon con datos normativos mediante el cálculo del nivel auditivo y la representación de un audiograma.

Se puede encontrar el material utilizado en la práctica 5 del manual: *Psicología de la Percepción: Prácticas*. (2014). Serrano Pedraza, I., Sierra Vázquez, V. y López Bascuas, L.E. Madrid: Editorial Síntesis [6]. En los casos en los que se empleó el equipo profesional, los estímulos auditivos fueron presentados utilizando el programa Cubase (versión de prueba) [7].

RECURSOS HUMANOS

En el presente proyecto han participado como personal docente e investigador cinco personas, cuatro de la Facultad de Psicología (LAL, LLL, OBG y MEL) y dos de la Facultad de Físicas (JMM y PMP), y una alumna del Grado de Psicología de la Universidad Autónoma de Madrid (DMM). Tanto la alumna de Grado como el personal de Físicas han realizado las tareas que se detallan en el Apartado 1. Por su parte, los miembros de Psicología y la alumna de Grado han realizado las tareas del apartado 2. La responsable del proyecto (MEL) ha participado en las tareas de Psicología, ha ayudado en la calibración del aula de Físicas y ha coordinado todas las actividades desarrolladas en este proyecto durante el curso 2023-2024.

A continuación, se detallan las actividades realizadas, así como los resultados obtenidos en cada facultad:

1. FACULTAD DE FÍSICAS

Se realizó una sesión de prácticas en la Facultad de Físicas durante el primer semestre del curso 2023-2024 y se integró en el programa de actividades complementarias de la asignatura Física Biológica, la cual es de carácter obligatorio en el máster de Física Biomédica. En la sesión se realizaron 4 ejercicios distintos:

- 1.1. Práctica de la curva de audibilidad
- 1.2. Percepción y reconocimiento del habla
- 1.3. Simulación de señales de audio
- 1.4. Interpretación de los alumnos de los resultados obtenidos

Todas estas actividades se realizaron en el Seminario del Departamento de Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica, con una participación de 17 alumnos distribuidos en dos grupos. El Grupo A (10 alumnos) realizó los 4 ejercicios mientras que el Grupo B (7 alumnos) sólo realizó los dos primeros. Para mantener el anonimato, cada alumno fue asignado con un alias diferente, el cual empleó durante la totalidad del transcurso de la práctica.

1.1. Práctica de la curva de audibilidad

El seminario donde se realizó el ejercicio (aula 101 planta 3) tiene una superficie de 35,34m² (6.2 x 5.7 x 2.7 m), y su respuesta acústica fue caracterizada en la banda de 20 Hz a 20 kHz. Se utilizaron dos altavoces modelo KRK Rokit 5 [4], un micrófono de condensador modelo Behringer ECM 8000 [2], y un ordenador portátil con una tarjeta de audio externa modelo Focusrite Scarlett 2i2 [5].

Puede observarse el proceso de calibración del aula en la Figura 1:



Figura 1: Seminario de la Facultad de Físicas durante el proceso de calibración.

La Figura 2 muestra las curvas de respuesta acústica obtenidas en el aula indicada, evaluadas respecto a un punto de escucha equidistante entre los dos altavoces y a una distancia sugerida por el programa de calibración [1]. Desde estas curvas se pueden apreciar diferencias de varios dB al variar de la frecuencia (con comportamiento no monótono), un efecto paso-bajo, y una atenuación diferencial de uno de los canales respecto a otro, muy probablemente debido al tipo y longitud de cable utilizado. Esos defectos habrían alterado la uniformidad en la emisión de los tonos durante las pruebas si no se hubiera hecho esta calibración previa. Las curvas se utilizaron para ecualizar los tonos generados durante el ejercicio con ayuda del software de digital room correction SoundID Reference de Sonarworks [1].

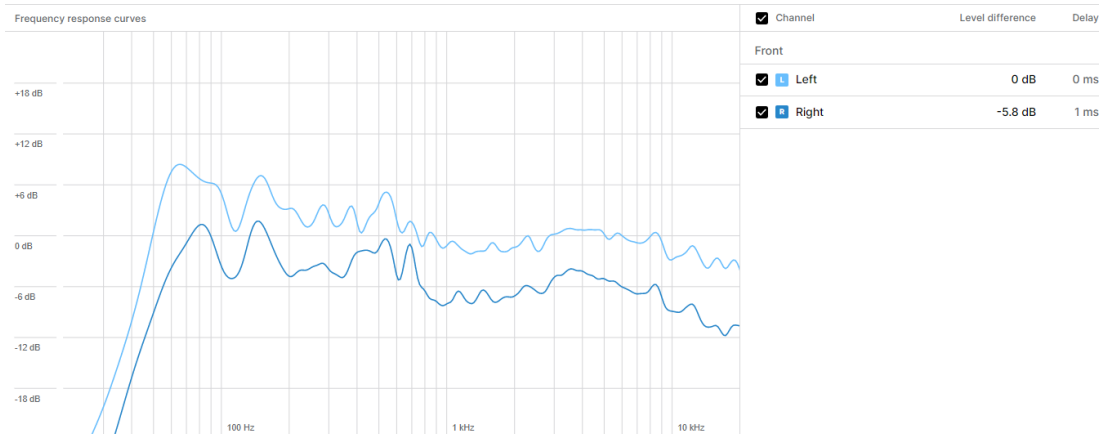


Figura 2: Curvas de respuesta acústica del seminario de Físicas para las pruebas de audición.

En este ejercicio los alumnos midieron su propia curva de audibilidad y también realizaron el cuestionario desarrollado en el Departamento de Psicología Experimental, Procesos Cognitivos y Logopedia de la Universidad Complutense en formato papel sobre la medición de los umbrales auditivos (parte II del *Cuestionario de Hábitos Auditivos*, Anexo 3). Al término del ejercicio entregaron los resultados en dos plantillas distintas, firmándolos con su alias para garantizar el anonimato. La Figura 3A muestra el número de tonos detectados para cada participante, y la Figura 3B el audiograma (nivel auditivo) correspondiente.

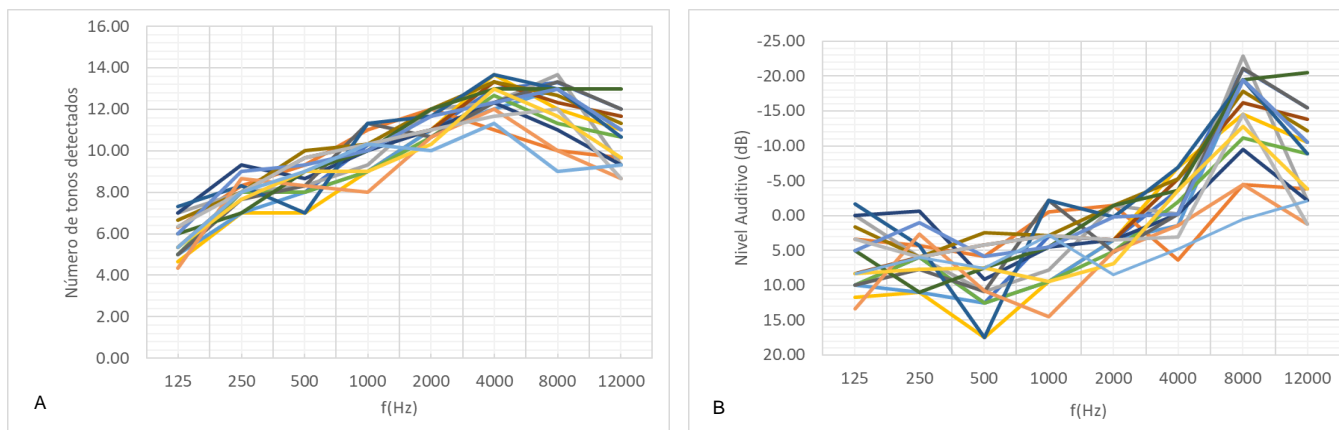


Figura 3: Número de tonos detectados por cada alumno en el margen 125 Hz a 12 kHz (A), y audiograma (nivel auditivo) de cada alumno en el margen 125 Hz a 12 kHz (B).

1.2. Percepción y reconocimiento del habla

En este ejercicio de discriminación auditiva los alumnos escucharon cuatro grabaciones. Se les pidió marcar en la hoja de respuestas cuál era la palabra / pseudopalabra que creían haber escuchado, a elegir entre dos opciones. Cada uno de los audios estaba compuesto por 18 ítems verbalizados por una voz masculina (Fidel) o femenina (Irene), que fueron generados digitalmente. Los audios se reprodujeron a una velocidad 0,8x ó 1,2x, respectivamente. En los cuatro casos se les aplicó una interferencia de ruido blanco utilizando un script de MATLAB que leía el fichero mp3 y añadía una perturbación de ruido gaussiano con una desviación estándar igual al producto de un coeficiente, que se denominó *sigmafactor* por el valor máximo de la señal durante la grabación. Se eligió un valor de referencia de *sigmafactor* de 0,35, mediante distintos ensayos previos realizados por los propios profesores. En estos ensayos se buscó una relación señal ruido lo más baja posible pero que pudiera percibirse visualmente en un espectrograma (ver Ejercicio 3). El orden de reproducción de las grabaciones fue el siguiente:

- **Audio 1:** 18 palabras, voz masculina (Fidel), velocidad 0,8x

- **Audio 2:** 18 pseudopalabras, voz masculina (Fidel), velocidad 0,8x
- **Audio 3:** 18 palabras, voz femenina (Irene), velocidad 1,2x
- **Audio 4:** 18 pseudopalabras, voz femenina (Irene), velocidad 1,2x

La plantilla con el cuestionario que realizaron se muestra en el Anexo 1.

En la Figura 4 se muestra la media de respuestas correctas de todos los alumnos para cada una de las cuatro grabaciones realizadas. El promedio se realizó para los dos grupos (17 alumnos).

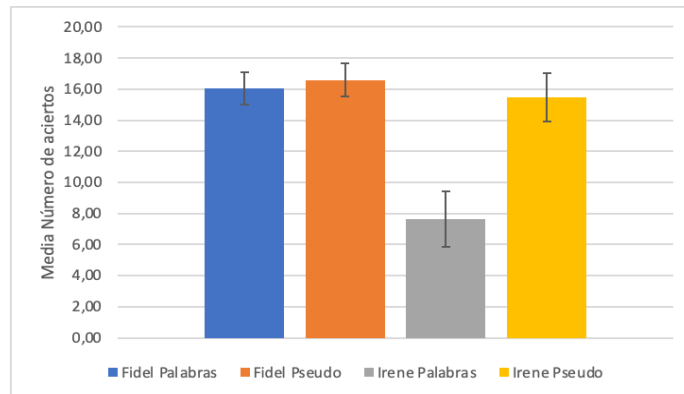


Figura 4: Media de aciertos obtenidos para un total de 18 ítems por grabación.

Los alumnos fueron capaces de discriminar con mayor facilidad tanto las palabras como las pseudopalabras de Fidel frente a las de Irene. En el caso de Fidel, no se observaron diferencias significativas entre las palabras y las pseudopalabras (siendo el promedio de aciertos de 16,06 y 16,59, respectivamente). En cambio, en el caso de Irene, se obtuvieron diferencias significativas, presentando mayor dificultad la condición en la que se verbalizaron palabras (Media = 7,265), frente a las pseudopalabras (Media = 15,47).

Los resultados obtenidos son los esperables, ya que muestran una mayor dificultad para discriminar aquellas palabras / pseudopalabras reproducidas a mayor velocidad. Respecto a la categoría léxica, se observa una mayor dificultad para reconocer las palabras en comparación con las pseudopalabras. Dichos resultados pueden deberse a la influencia del significado asociado a las palabras en el procesamiento de la información. Cuando se trata de las pseudopalabras, el alumno centra su atención únicamente en el fonema que diferencia las dos alternativas de respuesta. Sin embargo, al tratar de llevar a cabo esta misma estrategia con las palabras, su propio significado puede interferir en la respuesta final.

1.3. Simulación con MATLAB de señales acústicas

En este ejercicio los alumnos recibieron dos scripts de ejemplo en MATLAB:

1. Lectura y escritura de ficheros en formato mp3 (Script S1)
2. Contaminación de un fichero de audio con ruido gaussiano (Script S2)

A partir de los scripts proporcionados se pidió a los alumnos que modificaran el script S2 para realizar dos tareas:

Tarea 3.1. Visualizar en una ventana 4 figuras:

1. Señal acústica en el dominio del tiempo sin contaminación de ruido gaussiano
2. Espectrograma de la señal sin contaminar
3. Señal acústica en el dominio del tiempo con una contaminación de ruido gaussiano de una determinada desviación estándar
4. Espectrograma de la señal contaminada por ruido

Los listados de los scripts de Ejemplo se recogen en el Anexo 1, y la Figura 5 muestra un ejemplo de las gráficas que obtuvieron. La señal original en el dominio del tiempo corresponde a la grabación de la palabra "Chirp" pronunciada con una voz sintética femenina. Con este ejemplo los alumnos aprendieron a valorar el potencial de los espectros de señales para detectar señales acústicas del habla en condiciones fuertemente contaminadas por ruido.

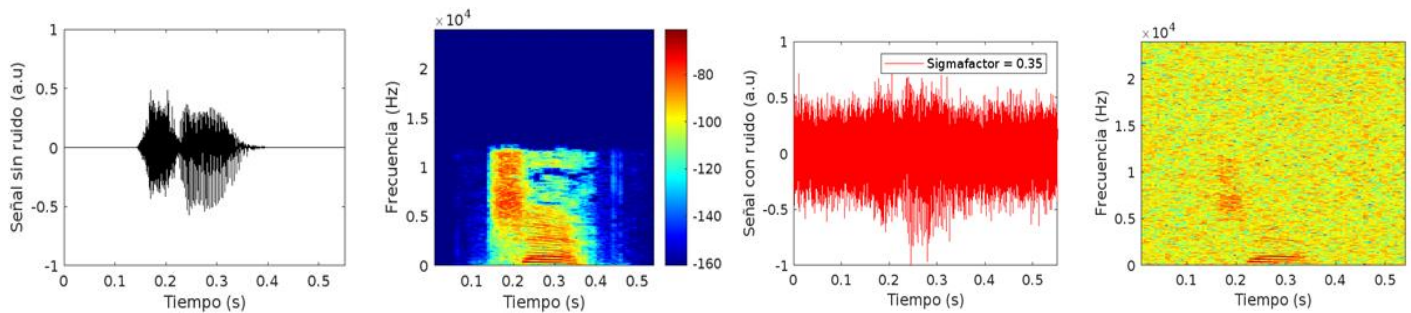


Figura 5: Ejemplo de las gráficas obtenidas por los alumnos en la Tarea 3.1

Tarea 3.2: Incrementar progresivamente la desviación estándar del ruido gaussiano y reproducirla con los altavoces del portátil, encontrando la máxima desviación estándar a la cual el alumno es aún capaz de reconocer la palabra. Este ejercicio no sólo permitió a los alumnos aprender a simular y tratar señales acústicas. También constataron que su propio oído era capaz de reconocer estas señales incluso en ambientes que están tan contaminados por el ruido que ni siquiera los espectrogramas podían detectarlas.

1.4. Interpretación de los alumnos de los resultados obtenidos

En este ejercicio se distribuyeron entre los propios alumnos las plantillas realizadas y firmadas anónimamente mediante los alias, y cada alumno se ocupó de analizar un caso. En este análisis se incluyó el cálculo de la curva de audición en el ejercicio 1, el análisis de aciertos y fallos en el ejercicio 2 y el parámetro *sigmafactor* obtenido en el ejercicio 3. Cada alumno hizo asimismo una valoración analizando las posibles correlaciones entre la información proporcionada en el cuestionario de hábitos de audición y los valores obtenidos.

2. FACULTAD DE PSICOLOGÍA

En la Facultad de Psicología también se realizó la práctica de la curva de audibilidad en la asignatura obligatoria de Psicología de la Percepción del segundo curso del Grado en Psicología. Se realizaron un total de cuatro tareas:

- 2.1. Práctica de la curva de audibilidad
- 2.2. Cuestionario de satisfacción con la práctica de la curva de audibilidad
- 2.3. Cuestionario sobre hábitos auditivos
- 2.4. Audiometría

2.1. Práctica de la curva de audibilidad

Para realizar la curva de audibilidad se calibró el aula 31 (Figura 6 y vídeo de la sesión [aquí](#)) de la Facultad de Psicología con una superficie de 92m² y con una capacidad de ocupación para 96 personas [8]:



Figura 6: Aula 31 de la Facultad de Psicología durante el proceso de calibración.

La metodología utilizada es la misma que la descrita en el apartado 1.1. (Facultad de Físicas), y participaron un total de 241 alumnos. En ella se realizó la práctica con el material profesional previamente descrito para los siguientes grupos de prácticas (102 alumnos en total):

- A2: 24 alumnos
- B1: 18 alumnos
- F: 40 alumnos
- G1: 20 alumnos

La figura 7 muestra la respuesta en frecuencia del aula 31 respecto al punto de escucha establecido con el

programa de calibración (ver apartado 1.1.), apreciándose más de 10 dB de excursión en el rango de frecuencias de interés. Debido a la longitud y calidad de los cables utilizados, se puede observar una diferencia de 0,16 milisegundos de llegada al punto de escucha entre la señal del altavoz izquierdo y derecho, así como una diferencia de 6,3 dB entre ellos.

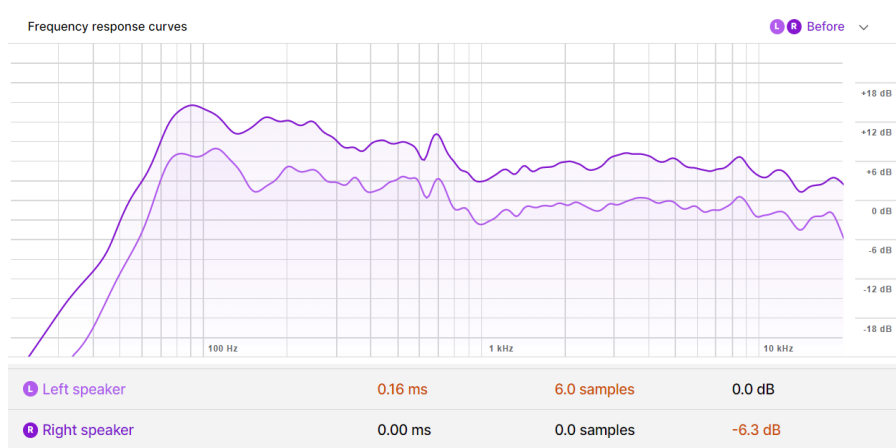


Figura 7: Curvas de respuesta acústica del aula 31 de Psicología para las pruebas de audición.

Otros grupos de alumnos realizaron la misma práctica en sus aulas correspondientes, sin emplear el material profesional y sin realizar la calibración de las aulas (139 alumnos en total):

- Doble grado (DG): 48 alumnos (aula 31, 92m² y capacidad para 124 puestos [8])
- A1: 13 alumnos (aula 1, 115 m² y capacidad para 96 puestos [9])
- B2: 22 alumnos (aula 13B, 91 m² y capacidad para 70 puestos [10])
- G2: 20 alumnos (aula 2, 115 m² y capacidad para 74 puestos [11])
- H1: 26 alumnos (aula 8, 123 m² y capacidad para 124 puestos [12])
- H2: 10 alumnos (aula 8, 123 m² y capacidad para 124 puestos [13])

A lo largo del documento se utilizará el concepto “con material” para referirse al material profesional y “sin material” para aludir al material no profesional, esto es, el disponible en las aulas de la UCM.

Los alumnos obtuvieron sus propios umbrales auditivos una vez finalizada la práctica, mediante el cálculo automático proporcionado por una hoja Excel diseñada por los profesores de la asignatura para evitar errores. En un día distinto, cumplieron la parte II del *Cuestionario de Hábitos Auditivos* (Anexo 3), diseñado por los componentes del proyecto de innovación docente, en el que tenían que indicar los umbrales obtenidos en cada frecuencia analizada.

Las curvas de audibilidad obtenidas en cada grupo pueden observarse en la Figura 8, en el que el grupo A2 (con material) obtuvo los umbrales auditivos más bajos (es decir, detectaron mejor los estímulos que el resto de los grupos). Quizá esto fuera debido a que fue el primer grupo en realizar la práctica en el aula calibrada y a primera hora de la mañana, por lo que los ruidos externos al aula fueron menores que en otros grupos.

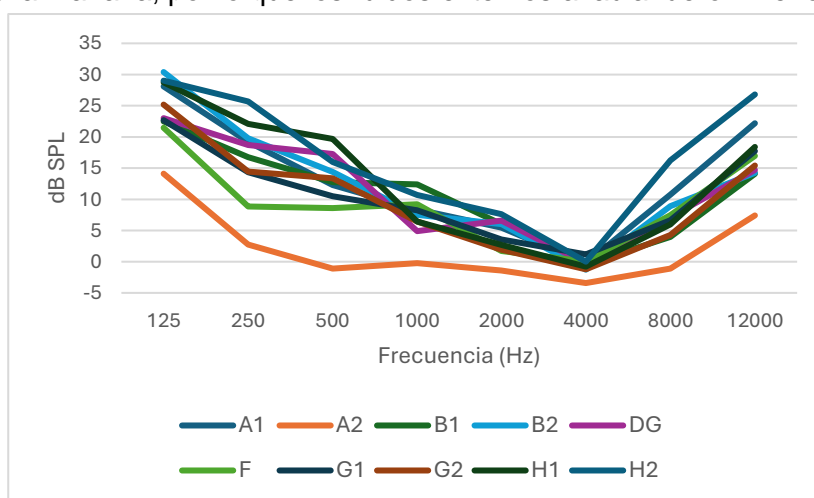


Figura 8: Curvas de audibilidad de todos los grupos de prácticas de Psicología.

Si se agrupan los alumnos en función de los que hicieron la práctica con material (aula 31) y sin material (en distintas aulas) se observa que el grupo con material presenta umbrales más parecidos los estándar, los

cuales se obtuvieron con personas entre los 18 y los 25 años (ISO de 1961 [14] y 2003 [15,16]) (ver Figura 9).

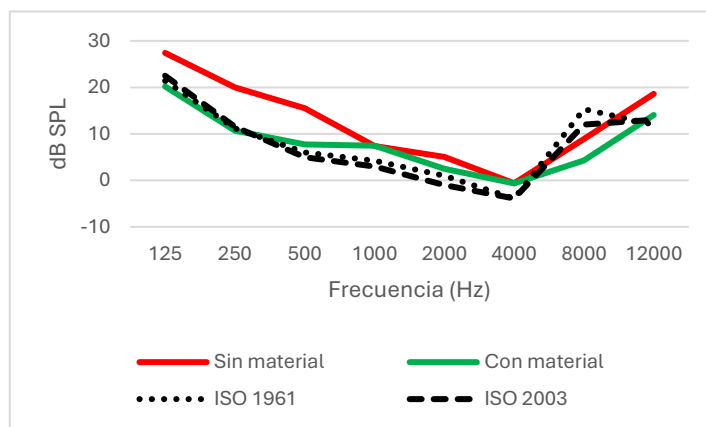


Figura 9: Curvas de audibilidad de los alumnos de Psicología con (verde) y sin material (rojo). Umbrales estándar ISO 1961 y 2003 (negro).

Como puede observarse en esta figura, los resultados de los grupos con material se acercan más a los umbrales estándar (ISO 1961 y 2003), excepto en las altas frecuencias, que son menores. Una limitación de este estudio es no haber podido disponer siempre del mismo aula para realizar la práctica tanto con material como sin él.

Con el fin de comparar el efecto de realizar la práctica en grupos con un importante número de alumnos en la Figura 10A se muestran las curvas de audibilidad de dos grupos grandes (mínimo 40 alumnos y máximo 48) y las estándar. Cabe destacar que los dos grupos grandes de alumnos realizaron la práctica en el mismo aula 31.

Si se comparan los grupos de prácticas con un menor número de alumnos en el aula (mínimo 10 y máximo 26) con y sin material, se obtienen las curvas de audibilidad de la Figura 10B. En este caso, los alumnos con material realizaron la práctica en el aula 31 y el resto de los grupos, en distintas aulas de la Facultad.

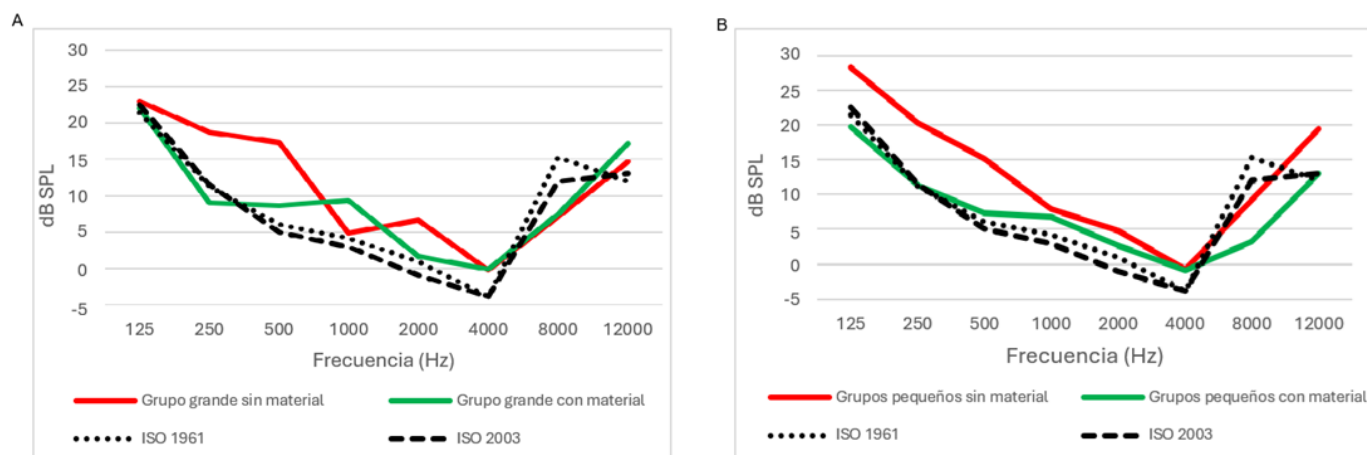


Figura 10: A. Curvas de audibilidad de grupos con un elevado número de alumnos sin material (en rojo), con material (en verde) y estándar ISO 1961 y 2003 (negro). B. Curvas de audibilidad de grupos con un número reducido de alumnos sin material (rojo), con material (verde) y estándar ISO 1961 y 2003 (negro).

Como puede observarse en la Figura 10A, salvo en los 1000 Hz, el grupo grande con material presenta unos umbrales más parecidos a los estándares que el grupo grande sin material. Por su parte, la Figura 10B muestra que, ante un número reducido de alumnos, la curva con material se acerca más a la estándar (curvas ISO), sobre todo de los 125 a los 4000 Hz, que cuando los grupos son más numerosos. Estos resultados indican que realizar la práctica de la curva de audibilidad en grupos reducidos, en comparación con grupos numerosos, mejora la ejecución de los alumnos en la detección de los tonos puros.

2.2. Cuestionario de satisfacción con la práctica de la curva de audibilidad

Con el fin de conocer el grado de satisfacción con la práctica realizada, se elaboró un cuestionario que se pasó en el aula nada más terminar la práctica (ver Anexo 2a). Se utilizó *Google Forms* y los alumnos no tenían que añadir ningún dato que pudiera identificarles. Cumplimentaron el cuestionario un total de 229 alumnos.

Los resultados obtenidos en las preguntas cerradas pueden encontrarse en el Anexo 2b.

Los datos muestran que los alumnos que realizaron la práctica con el material profesional estaban más

satisfechos con la práctica realizada (Figura Anexo 2b1) y consideraban que la calidad de los estímulos auditivos (Figura Anexo 2b2), así como de los materiales empleados (Figura Anexo 2b3) eran mayores que los alumnos que realizaron la práctica con el material disponible en las aulas de la UCM.

Si se tiene en cuenta la realización de la práctica en un grupo grande o en un grupo pequeño, se observa que los alumnos que la realizaron en un grupo grande muestran una menor satisfacción con la adecuación del número de alumnos presentes durante la realización de la práctica (media de 5,86) que los alumnos que la hicieron en un grupo pequeño (media de 8,20) (Figura Anexo 2b4). Además, cuando se les pedía que estimaran el número óptimo de alumnos en el aula para realizar la práctica, los que la habían hecho en el grupo grande consideraban que: “menos de 10” (33%), “entre 10 y 20” (30%) y “entre 21 y 30” (26%), eran los números más adecuados. Sin embargo, los alumnos que estuvieron en un grupo pequeño durante la realización de la práctica consideraron que el número óptimo debía ser menor que los que la realizaron en la grande, ya que marcaron las siguientes opciones como las más adecuadas: “menos de 10” (34%), “entre 10 y 20” (47%) y “entre 21 y 30” (12%).

2.3. Cuestionario sobre hábitos auditivos

Se elaboró un cuestionario sobre hábitos auditivos (Anexo 3a), en el que además se recogía información sobre los umbrales obtenidos en la práctica de la curva de audibilidad (Anexo 3b). El cuestionario era completamente anónimo y se utilizó *Google Forms* para que lo realizaran en clase mediante sus dispositivos electrónicos.

Cumplimentaron el cuestionario un total de 203 alumnos (17,25% hombres y 82,75% mujeres), con una edad media de 20 años.

Los resultados obtenidos en las preguntas cerradas pueden encontrarse en el Anexo 3b, e indican que los alumnos hacen un uso muy frecuente de los auriculares (Figura Anexo 3b3), sobre todo para escuchar música y de los que se introducen en el canal auditivo (Figura Anexo 3b2), y que, aunque en los dispositivos que utilizan (siendo el móvil el más empleado), les avise de estar sobrepasando los límites adecuados para escuchar los sonidos (Figura Anexo 3b4) son muchos los que de forma más o menos habitual ignoran dicho aviso y siguen subiendo el volumen (Figura Anexo 3b5). Además, sobre una escala del 1 al 10 acerca del volumen al que utilizan sus dispositivos, la media está en un valor medio-alto (7), lo que no resulta adecuado dada la elevada frecuencia con la que escuchan música a través de auriculares insertos en el canal auditivo. A pesar de no exhibir unos hábitos auditivos muy cuidados, consideran que no tienen problemas de audición (Figura Anexo 3b1). Sin embargo, algunos umbrales obtenidos estarían por encima de los normativos (independientemente de las condiciones de medición), lo que podría generarles pérdidas auditivas importantes a medida que avance su edad, por lo que se hace necesario concienciarles de la importancia que tiene implementar unos hábitos auditivos saludables.

2.4. Audiometría

En primer lugar, se realizó el calibrado del audiómetro Audiotest 225 (ver Figura 13) del CAI Técnicas de Análisis del Comportamiento de la Facultad de Psicología en el Laboratorio de Calibración de Instrumentos Acústicos (LACAINAC) de La Universidad Politécnica de Madrid. Una vez calibrado se ofreció la posibilidad de realizar audiometrías en el segundo cuatrimestre a los alumnos de Psicología que habían realizado la curva de audibilidad en la asignatura de Percepción.



Figura 11. Audiómetro del CAI Técnicas de Análisis del Comportamiento de la Facultad de Psicología

Este audiómetro presenta tonos puros a distintas frecuencias 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 6000 y 8000 Hz, que pueden dirigirse al auricular izquierdo o al auricular derecho, y cuya amplitud disminuye en pasos de 5 dB SPL, como en la curva de audibilidad realizada en el aula. Se realizaron las audiometrías por vía aérea en ambos oídos de manera independiente.

Participaron un total de 13 alumnas, pero se reportan los resultados de 12 de ellas, ya que una presenta una importante pérdida auditiva (mayor de 60 dB SPL en los dos oídos para cuatro de las frecuencias analizadas) y al ser un número tan reducido de muestras, los datos podrían verse contaminados. En la Figura 12 se muestran los resultados de la curva de audibilidad de los dos oídos, del oído izquierdo, del derecho y de los

umbrales estándar ISO (1961, 2003) de las frecuencias comunes, esto es: 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 y 8000 Hz.

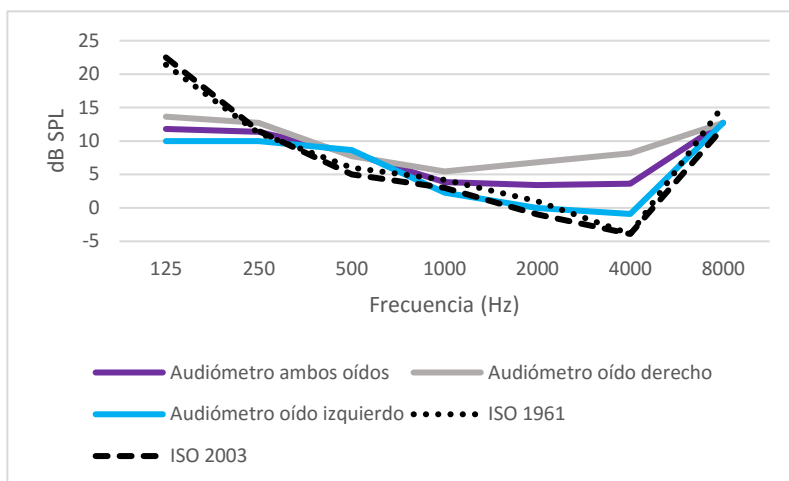


Figura 12. Curvas de audibilidad de ambos oídos (morado), del oído derecho (gris), del izquierdo (azul). Umbrales estándar (negro).

Los umbrales del oído izquierdo son muy similares a los estándar, mostrando umbrales mucho menores que el derecho. Esto puede deberse a que los cascos del audiómetro no hacían un ajuste tan bueno en el oído derecho, como en el izquierdo. Además, estas diferencias podrían ser debidas a un uso prioritario del móvil (que generalmente es en el oído derecho), pero no se exploró este aspecto en las encuestas. Por esta razón, se ha eliminado la información promedio de ambos oídos y del oído derecho en las figuras siguientes. Cabe señalar que los umbrales estándar considerados (ISO 1961 y 2003) se refieren a un protocolo realizado en campo abierto, mientras que en el protocolo del audiómetro se utilizan cascos. De ahí que se produzcan algunas diferencias, sobre todo en 125 Hz.

Por último, en la Figura 13 se comparan los datos obtenidos con el audiómetro en el oído izquierdo con los obtenidos cuando se han hecho las prácticas en grupos grandes (con y sin material) y en grupos pequeños (con y sin material) y con los umbrales estándar en las frecuencias comunes a los dos protocolos: 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 y 8000 Hz.

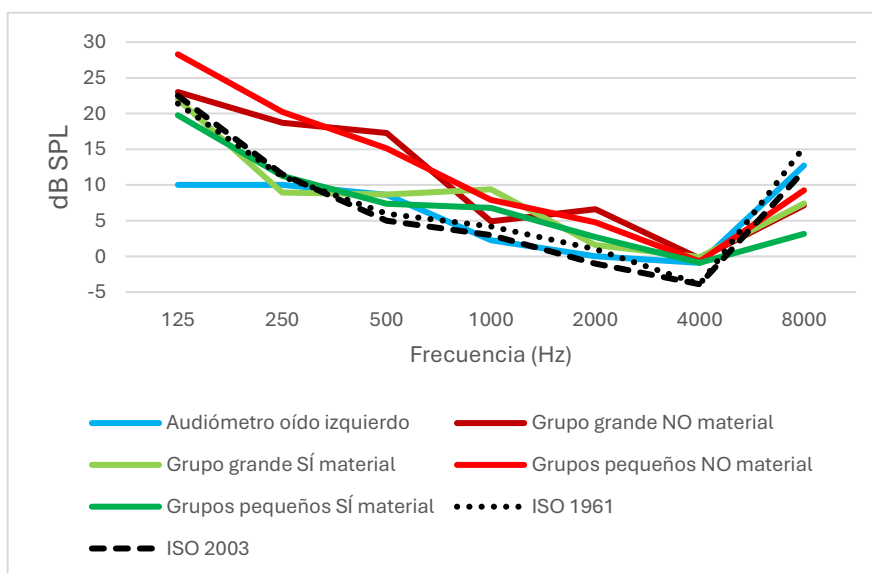


Figura 13. Curvas de audibilidad del oído izquierdo (azul), de los obtenidos en clase en grupos de prácticas numerosos (con material en verde claro, y sin material en verde oscuro), en grupos poco numerosos (con material en granate, y sin material en rojo). Umbrales estándar (negro).

Como puede observarse, los umbrales obtenidos en los grupos con material, sobre todo en los grupos pequeños, son más parecidos a los umbrales medidos con el audiómetro en el oído izquierdo como a los estándar, especialmente de los 250 a los 4000 Hz. Las diferencias obtenidas en 125 Hz entre el audiómetro y el resto de curvas, como se ha mencionado anteriormente, seguramente sean debidas a la diferencia entre campo abierto y cerrado. Cabe resaltar que los umbrales obtenidos en el aula para la frecuencia de 8000 Hz, sobre todo en el grupo pequeño con material, son menores que los estándar y que los obtenidos con el audiómetro.

Por último, en la Figura 14 se muestran los umbrales obtenidos en la práctica de la curva de audibilidad realizada en clase (sin distinguir si fue hecha o no con material profesional) con los obtenidos con el audiómetro:

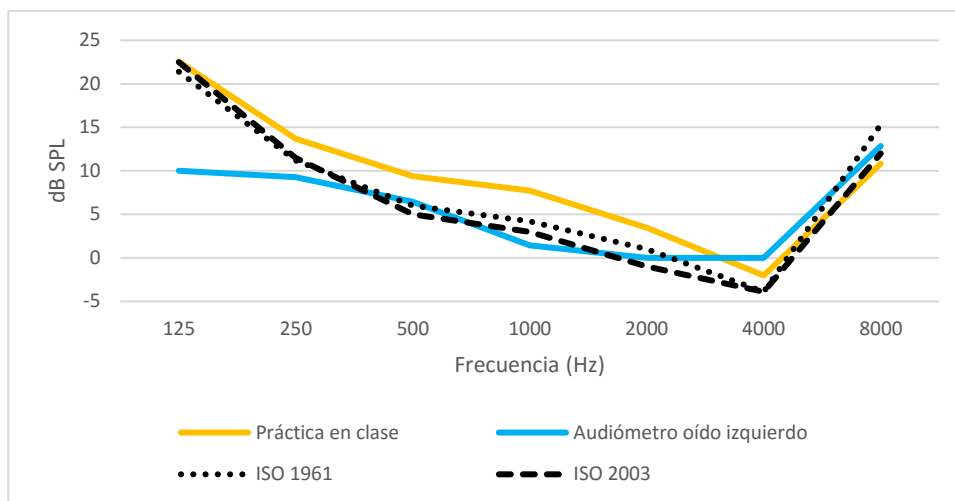


Figura 14. Curvas de audibilidad del oído izquierdo (azul), de los obtenidos en clase (amarillo) y de las estándar (negro)

Los umbrales obtenidos durante la realización de la práctica en clase y en el oído izquierdo prácticamente se solapan con los estándar para 4000 y 8000 Hz. Para 125 Hz, las curvas obtenidas en clase y las estándar son más parecidas que la perteneciente al oído izquierdo, seguramente por la diferencia entre el campo abierto y cerrado, comentado anteriormente. Entre los 500 y los 4000 Hz hay una mayor similitud entre las obtenidas con el audiómetro y las estándar, que entre las obtenidas en clase y las estándar.

Conclusiones

En el presente proyecto de innovación docente se han cumplido prácticamente todos los objetivos planteados, excepto la utilización de los cascos, por no disponer de presupuesto suficiente para su compra. Como se ha descrito a lo largo de la memoria, utilizar un equipamiento profesional en las prácticas mejora el rendimiento y la satisfacción del alumnado respecto al empleo del material disponible en las aulas de la UCM (ordenador, altavoces y programa de audio de Windows). Otro aspecto importante es que resulta más adecuado realizar este tipo de prácticas en grupos pequeños que en grupos grandes. Además, el uso de un audiómetro con algunos alumnos ha permitido medir con mayor precisión los umbrales auditivos, si bien no han sido muchos los que han participado en esta actividad.

Además de haber realizado la práctica de la curva de audibilidad en las dos facultades, en la de Físicas se llevó a cabo una actividad relacionada con la percepción y reconocimiento del habla, y otra sobre la creación de señales acústicas con el programa Matlab. Por su parte, en Psicología se realizaron encuestas sobre la satisfacción con la práctica de la curva de audibilidad y sobre hábitos acústicos, lo que ha enriquecido aún más si cabe el planteamiento inicial de este proyecto.

Cabe señalar que en las actividades descritas han participado más de 200 alumnos pertenecientes a dos facultades distintas de la UCM, lo que resalta la implementación de la innovación docente desarrollada, así como la coordinación y el trabajo llevado a cabo por parte de los miembros de este proyecto de innovación. Por último, se prevé realizar una publicación docente con estos resultados, y participar en un congreso de innovación docente.

Referencias

- [1] <https://www.sonarworks.com/soundid-reference>
- [2] <https://www.behringer.com/product.html?modelCode=0506-AAA>
- [3] <https://cai.ucm.es/tecnicas-analisis-comportamiento/analisiscomportamiento/servicios/audiometro/52/>
- [4] <https://www.krkmusic.com/collections/rokit-series-generation-five-powered-studio-monitors>
- [5] <https://focusrite.com/products/scarlett-2i2>
- [6] <https://www.sintesis.com/libro/psicologia-de-la-percepcion-practicas>
- [7] <https://www.steinberg.net/es/cubase/>
- [8] <https://www.ucm.es/gespacios?ope=esp&esp=651>
- [9] <https://www.ucm.es/gespacios?ope=esp&esp=461>
- [10] <https://www.ucm.es/gespacios?ope=esp&esp=474>
- [11] <https://www.ucm.es/gespacios?ope=esp&esp=462>
- [12] <https://www.ucm.es/gespacios?ope=esp&esp=468>
- [13] <https://www.ucm.es/gespacios?ope=esp&esp=468>
- [14] ISO R/226 (1961)
- [15] https://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/04_scenihr/docs/scenihr_o_018.pdf
- [16] https://ec.europa.eu/health/scientific_committees/opinions_layman/en/hearing-loss-personal-music-player-mp3/figtableboxes/table-2.htm

ANEXO 1. Plantilla de recogida de datos. El parámetro Sigmafactor corresponde al resultado obtenido en el Ejercicio 3 (apartado 1.2)

ALIAS: _____

Sigmafactor: _____

Fidel			Irene		
OPCIÓN A	OPCIÓN B		OPCIÓN A	OPCIÓN B	
Cuna	Cuba		Cuna	Cuba	
Sopa	Sota		Sopa	Sota	
Casada	Calada		Casada	Calada	
Bien	Sien		Bien	Sien	
Cana	Cava		Cana	Cava	
Celo	Velo		Celo	Velo	
Tarrito	Carrito		Tarrito	Carrito	
Mina	Mira		Mina	Mira	
Rosa	Rota		Rosa	Rota	
Pero	Mero		Pero	Mero	
Cielo	Ciego		Cielo	Ciego	
Gamo	Ramo		Gamo	Ramo	
Timón	Limón		Timón	Limón	
Huerto	Tuerto		Huerto	Tuerto	
Rabo	Ramo		Rabo	Ramo	
Avispa	Avista		Avispa	Avista	
Cuervo	Cuerpo		Cuervo	Cuerpo	
Bufón	Buzón		Bufón	Buzón	
Suran	Buran		Suran	Buran	
Tarretar	Parretar		Tarretar	Parretar	
Ambuesto	Antuesto		Ambuesto	Antuesto	
Canetera	Caletera		Canetera	Caletera	
Plosbo	Plosto		Plosbo	Plosto	
Peirnomo	Peisnomo		Peirnomo	Peisnomo	
Errumar	Errubar		Errumar	Errubar	
Tierpo	Tiervo		Tierpo	Tiervo	
Tupaca	Turata		Tupaca	Turata	
Gulear	Gusear		Gulear	Gusear	
Meringo	Maringo		Meringo	Maringo	
Ecuro	Ecuto		Ecuro	Ecuto	
Fema	Hema		Fema	Hema	
Pacata	Recata		Pacata	Recata	
Odal	Opal		Odal	Opal	
Culeza	Culefa		Culeza	Culefa	
Rumo	Rubo		Rumo	Rubo	
Suta	Supa		Suta	Supa	

ANEXO 2. Scripts para el ejercicio de MATLAB (apartado 1.3.)

EJEMPLO 1. Lectura de ficheros de audio y espectrograma

```
% Time-frequency display of audio files
close all
[data,Fs] = audioread('M02_IreneChirp1d2.mp3'); channel = 1;
signal = data(:,channel); sound(signal,Fs)

NFFT = 1024; OVERLAP = 0.75; % FFT parameters
[sg,fsg,tsg] = M02_myspecgram(signal,NFFT,Fs,OVERLAP);
% display time / frequency analysis with myspecgram
% sg: matrix with signal values for each point(x=time, y=frequency);
% fsg (tsg): Vector of frequencies (times at which spectrogram is calculated)

% plot spectrogram
imagesc(tsg,fsg,sg); colormap('jet'); axis('xy'); colorbar('vert');
title([' Spectrogram / Fs = ' num2str(Fs) ' Hz / Delta f = ' num2str(fsg(2)-fsg(1)) ' Hz ']);
xlabel('Time (s)'); ylabel('Frequency (Hz)');
```

EJEMPLO 2. Generación de un fichero de audio contaminado por ruido gaussiano

```
% Time-frequency display of audio files
close all
[data,Fs] = audioread('M02_IreneChirp1d2.mp3'); channel = 1;
signalnoiseless= data(:,channel);
sigmafactor=0.35;
sigma=sigmafactor*max(signalnoiseless);
signal=signalnoiseless+sigma*randn(length(signalnoiseless),1); % Add gaussian noise
sound(signal,Fs);
NFFT = 1024; OVERLAP = 0.75; % FFT parameters
[sg,fsg,tsg] = M02_myspecgram(signal,NFFT,Fs,OVERLAP);
% display : time / frequency analysis : spectrogram demo
% sg: matrix with signal values for each point(x=time, y=frequency);
% fsg (tsg): Vector of frequencies (times at which spectrogram is calculated)

% plots spectrogram
deltat=1/Fs;
tmax=length(signal)*deltat;
t=linspace(0,tmax,length(signal));
subplot(2,1,1)
plot(t,signalnoiseless,'k')
xlim([0 tmax]); ylim([-1 1]);
xlabel('Time (s)'); ylabel('Ynoiseless (a.u.)');
subplot(2,1,2)
imagesc(tsg,fsg,sg); colormap('jet'); axis('xy');
xlabel('Time (s)'); ylabel('Frequency (Hz)');
```

ANEXO 2a. Cuestionario de satisfacción con la práctica de la curva de audibilidad (apartado 2.2)

1. *¿Cuál es el nivel de satisfacción con la práctica de la curva de audibilidad?*

0-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10

2. *¿Consideras que la presentación de los estímulos tenía la calidad suficiente para realizar la tarea?*

Sí

No

3. *¿Crees que los materiales utilizados en la presentación de los estímulos son adecuados (altavoces, software, etc.)?*

Sí

No

4. *¿Te ha parecido adecuado el número de alumnos que había en el aula a la hora de escuchar los estímulos?*

0-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10

5. *¿Cuál crees que sería el número óptimo de alumnos para hacer la práctica en el aula que has utilizado?*

Menos de 10

Entre 10 y 20

Entre 21 y 30

Entre 31 y 40

Más de 50

Creo que el número de alumnos no influye en la ejecución de la práctica

6. *¿Has escuchado ruidos o sonidos que hayan podido perjudicar la escucha de los estímulos?*

Sí

No

En caso afirmativo, ¿qué tipo de ruidos/sonidos?

7. *Si tuvieras que repetir la práctica, ¿qué harías para mejorar la calidad de escucha de los estímulos presentados?*

ANEXO 2b. Resultados Cuestionario de satisfacción con la práctica de la curva de audibilidad (apartado 2.2)

A continuación, se muestran los resultados obtenidos en las preguntas cerradas del cuestionario en función de la utilización o no de material profesional en la práctica de la curva de audibilidad:

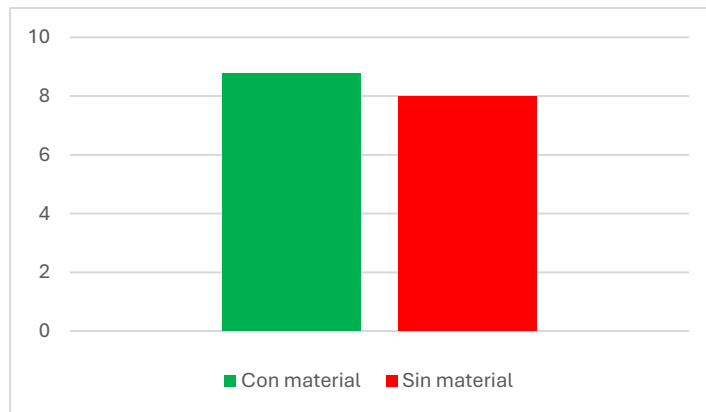


Figura Anexo 2b1: Grado de satisfacción con la práctica en los grupos en los que utilizaron el material profesional (verde) y los que no (rojo)

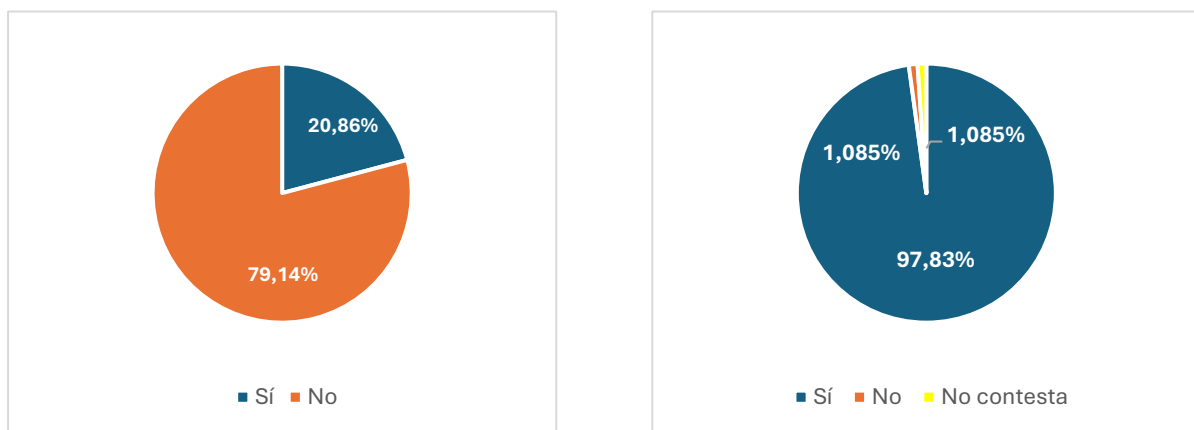


Figura Anexo 2b2: Número de alumnos que consideran que los estímulos tenían una calidad suficiente para realizar la práctica en el grupo sin material (izquierda) y con material (derecha).

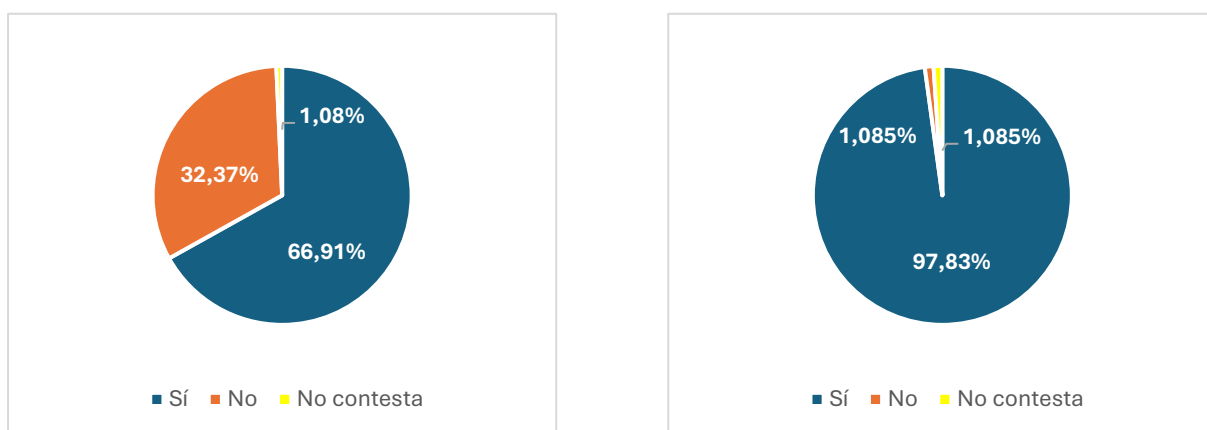


Figura Anexo 2b3: Número de alumnos que consideran que materiales utilizados en la presentación de los estímulos eran adecuados en el grupo sin material (izquierda) y con material (derecha)

Para analizar la adecuación en el número de alumnos a realizar la práctica, independientemente del uso o no de material profesional, se presentan los resultados obtenidos en los grupos grandes (mínimo 40 alumnos y máximo 48) y en los pequeños (mínimo 10 y máximo 26 alumnos). De modo que, del 1 al 10, tenían que considerar si el número de alumnos que había en el aula a la hora de escuchar los estímulos era adecuado o no (Figura Anexo 2b4) y además tenían que indicar cuál era el número de alumnos que consideraban adecuado para realizar la práctica en el aula (Figura Anexo 2b5):

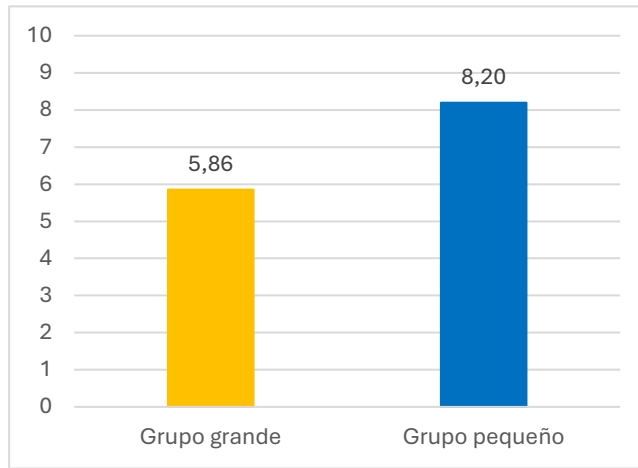


Figura Anexo 2b4: Media de satisfacción obtenida con la adecuación del número de alumnos durante la realización de la práctica cuando se realiza en un grupo grande (naranja) y cuando se realiza en un grupo pequeño (azul)

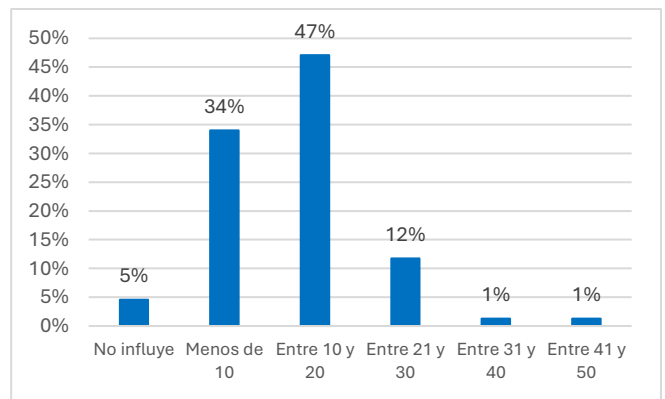
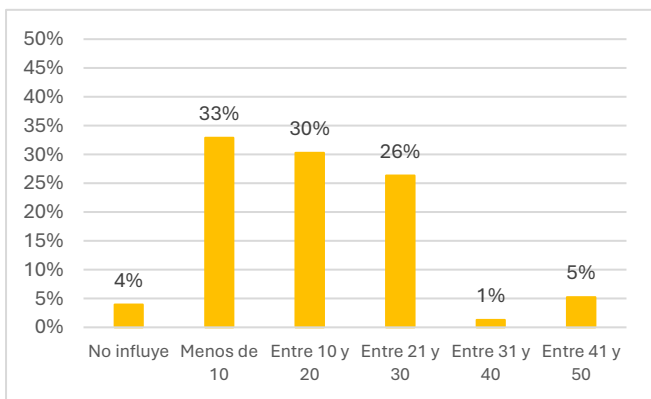


Figura Anexo 2b5: Estimación del número óptimo de alumnos en el grupo grande (izquierda) y pequeño (azul)

ANEXO 3a. Cuestionario de hábitos auditivos (apartado 2.3)

Edad:

Sexo:

Hombre

Mujer

Prefiero no decirlo

PARTE II

1. Sufro algún tipo de problema de audición:

Sí

No

En caso de que lo sufras actualmente ¿qué problema es?

2. He sufrido algún tipo de problema de audición en el pasado:

Sí

No

En caso de que lo hayas sufrido en el pasado ¿qué tipo de problema auditivo fue?

3. Tengo algún familiar con problemas de audición:

Sí

No

4. Cuando hago uso de los auriculares:

Son auriculares insertores (se meten en el canal del oído).

Son auriculares de diadema (apoyados en la oreja).

No hago uso de auriculares.

5. Utilizo los auriculares:

Desde hace más de 5 años.

Desde hace menos de 5 años aproximadamente.

Desde hace menos de 3 años aproximadamente.

Desde hace menos de 2 años aproximadamente.

No los uso.

6. Utilizo los auriculares para escuchar música:

Nunca/prácticamente nunca.

Alguna vez al mes.

Menos de 3 días por semana.

Casi todos los días de la semana.

Todos los días de la semana.

7. Utilizo auriculares para escuchar música a través de los siguientes dispositivos:

Teléfono móvil.

Tablet.

Ordenador.

No hago uso de los auriculares.

Otros.

8. Con respecto al número de veces en un mismo día en que escucho música por auriculares durante al menos una hora:

Lo hago 3 o más veces al día.

Lo hago entre 1 y 2 veces al día.
Lo hago 1 vez o menos.
Nunca escucho 1 hora seguida.
No estoy seguro/a.

9. *Por lo general, cuando escucho música sin pausa de forma continuada:*

Estoy más de dos horas.
Estoy entre 1 y 2 horas.
Estoy entre 30 minutos y una hora.
Estoy no más de 30 minutos.
Estoy no más de 15 minutos.
No ocurre.
No estoy seguro/a.

10. *Si en una supuesta escala, **10 equivale a un volumen muy alto, y 0 a un volumen muy bajo**, indica el valor que atribuyes a tu volumen habitual cuando escuchas con auriculares:*

11. *Mi dispositivo de audio (móvil, tablet, etc...) me avisa cuando alcanzo límites demasiado elevados de sonido.*

Sí
No
No sé

12. *En el caso de recibir dicho aviso, sigo aumentando el volumen del dispositivo:*

Siempre.
A veces.
Casi nunca.
Nunca.
No recibo ese mensaje.

13. *Al margen de los auriculares, cuando escucho películas, series, o música sin ellos, suelo poner el volumen:*

Muy alto.
Bastante alto.
Normal.
Bastante bajo.
Muy bajo.

14. *En casa, con la familia o convivientes, el volumen habitual de sonido de los dispositivos electrónicos es:*

Muy alto.
Por encima de lo normal.
Normal.
Por debajo de lo normal.
Muy bajo.

15. *Acudo a conciertos, festivales, discotecas o eventos:*

Casi todas las semanas.
Un par de veces al mes.
Pocas veces al año.
Nunca.

16. *Hago o he hecho uso de protectores auditivos como tapones u orejeras en conciertos, festivales, discotecas o eventos:*

Siempre.
A veces.
Casi nunca.
Nunca.

17. *Cuando salgo de algún festival, discoteca, concierto o evento ruidoso he experimentado o acúfenos o pitidos:*

Siempre.
A veces.
Casi nunca.
Nunca.

18. *Si alguien me hablase a un metro de distancia mientras escucho con mis auriculares al volumen habitual, ¿le oiría?*

Seguramente sí.
Probablemente sí.
Probablemente no.
Seguramente no.

19. *Trabajo o desarrollo alguna actividad de forma habitual en un ambiente francamente ruidoso:*

Sí
No
A veces

PARTE II

20. *Indica cuáles han sido los umbrales obtenidos en la práctica de la curva de audibilidad para las siguientes frecuencias: 250 Hz.*

21. *Indica cuáles han sido los umbrales obtenidos en la práctica de la curva de audibilidad para las siguientes frecuencias: 500 Hz.*

22. *Indica cuáles han sido los umbrales obtenidos en la práctica de la curva de audibilidad para las siguientes frecuencias: 1000 Hz.*

23. *Indica cuáles han sido los umbrales obtenidos en la práctica de la curva de audibilidad para las siguientes frecuencias: 2000 Hz.*

24. *Indica cuáles han sido los umbrales obtenidos en la práctica de la curva de audibilidad para las siguientes frecuencias: 4000 Hz.*

25. *Indica cuáles han sido los umbrales obtenidos en la práctica de la curva de audibilidad para las siguientes frecuencias: 8000 Hz.*

26. *Indica cuáles han sido los umbrales obtenidos en la práctica de la curva de audibilidad para las siguientes frecuencias:*

	12000	Hz.
--	-------	-----

ANEXO 3b. Resultados Cuestionario de hábitos auditivos (apartado 2.3)

A continuación, se muestran los resultados obtenidos en algunas de las preguntas cerradas realizadas:

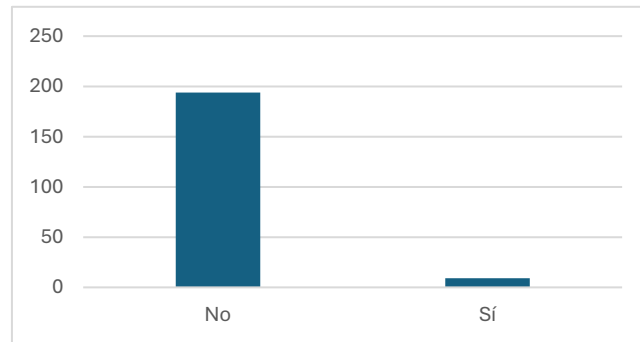


Figura Anexo3b1. Pregunta 1: Sufro algún tipo de problema de audición

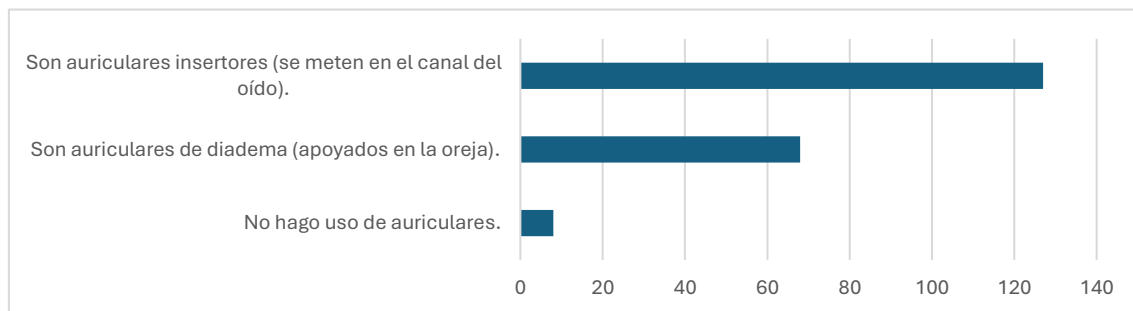


Figura Anexo3b2. Pregunta 4: Cuando hago uso de los auriculares

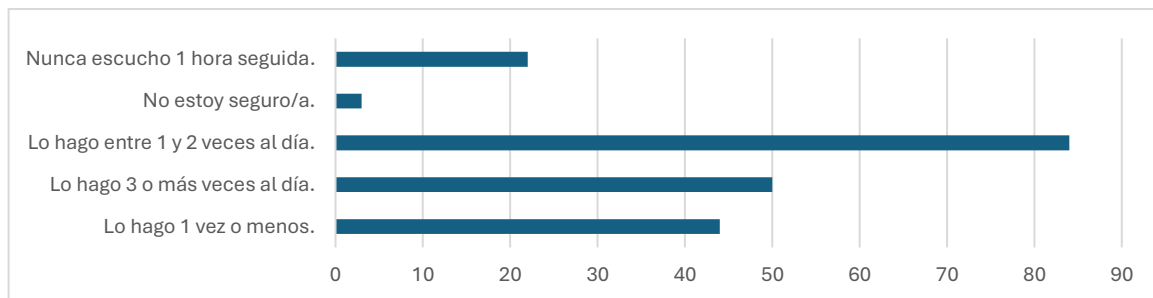


Figura Anexo3b3. Pregunta 8: Con respecto al número de veces en un mismo día en que escucho música por auriculares durante al menos una hora

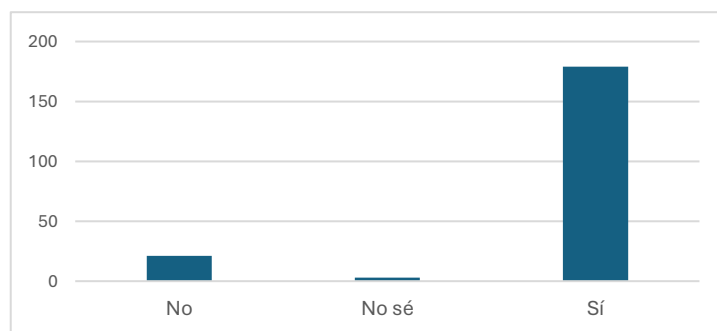


Figura Anexo3b4. Pregunta 11: Mi dispositivo de audio (móvil, tablet, etc...) me avisa cuando alcanzo límites demasiado elevados de sonido.

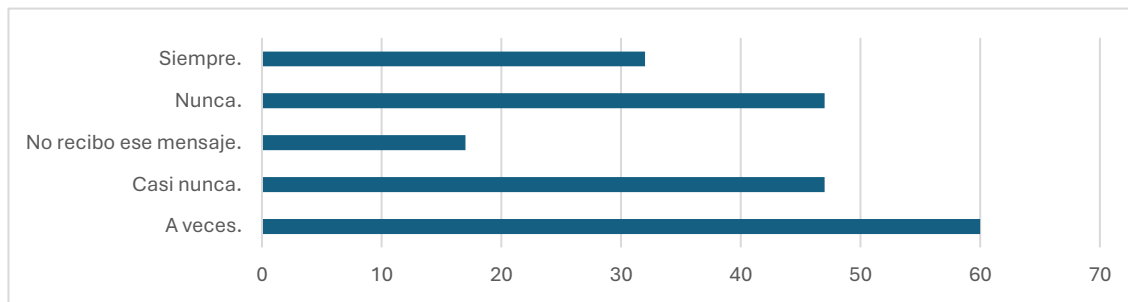


Figura Anexo3b5. Pregunta 12: En el caso de recibir dicho aviso, sigo aumentando el volumen del dispositivo

Además, el promedio a la pregunta 10: Si en una supuesta escala, 10 equivale a un volumen muy alto, y 0 a un volumen muy bajo, indica el valor que atribuyes a tu volumen habitual cuando escuchas con auriculares, fue de 7 puntos sobre 10.