



Rodríguez López, R. A. (2024). Educación musical en 3D: la integración del sonido binaural y la realidad aumentada en el aula universitaria. *Aula de Encuentro*, volumen 26 (2), Investigaciones pp. 254-273

EDUCACIÓN MUSICAL EN 3D: LA INTEGRACIÓN DEL SONIDO BINAURAL Y LA REALIDAD AUMENTADA EN EL AULA UNIVERSITARIA

MUSIC EDUCATION IN 3D: THE INTEGRATION OF BINAURAL SOUND AND AUGMENTED REALITY IN THE UNIVERSITY CLASSROOM

Rodríguez López, Rafael Ángel¹

¹Universidad de Málaga,
rrlopez@uma.es,
<https://orcid.org/0000-0002-1112-2762>

Recibido: 28/08/2024. Aceptado: 17/10/2024

RESUMEN

El estudio aborda la integración de sonido binaural y realidad aumentada (RA) en la enseñanza musical universitaria con el objetivo de combinar ambas tecnologías para crear una experiencia educativa tridimensional e inmersiva. Mediante un enfoque de Investigación-Acción, se evaluó la percepción de 332 estudiantes sobre esta propuesta, utilizando dos cuestionarios pretest y posttest. Los resultados revelaron una baja familiaridad previa con estas herramientas, pero una alta aceptación tras la experiencia combinada de ambas. A pesar de las limitaciones tecnológicas



Rodríguez López, R. A. (2024). Educación musical en 3D: la integración del sonido binaural y la realidad aumentada en el aula universitaria. *Aula de Encuentro*, volumen 26 (2), Investigaciones pp. 254-273

identificadas, como la incompatibilidad de algunos dispositivos, el estudio concluye que la combinación de sonido binaural y realidad aumentada puede ser un recurso pedagógico innovador en la Educación Musical universitaria.

PALABRAS CLAVE: Sonido binaural, realidad aumentada, educación musical universitaria, innovación pedagógica, experiencia inmersiva.

ABSTRACT

The study addresses the integration of binaural sound and augmented reality (AR) in university music education, aiming to combine both technologies to create a three-dimensional and immersive educational experience. Using an Action Research approach, the perceptions of 332 students were assessed regarding this proposal through pre-test and post-test questionnaires. Results revealed a low prior familiarity with these tools, but a high acceptance after the combined experience. Despite certain technological limitations, such as device incompatibility, the study concludes that the integration of binaural sound and augmented reality can be an innovative pedagogical resource in university music education.

Keywords: *Binaural sound, augmented reality, university music education, pedagogical innovation, immersive experience.*

1. INTRODUCCIÓN

El rápido desarrollo de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en la educación universitaria se refleja por el gran abanico de recursos tecnológicos que van unidos a nuevos métodos pedagógicos (Santos-Caamaño



Rodríguez López, R. A. (2024). Educación musical en 3D: la integración del sonido binaural y la realidad aumentada en el aula universitaria. *Aula de Encuentro*, volumen 26 (2), Investigaciones pp. 254-273

et al., 2021). Esto, a su vez, también impacta en la forma en la que los estudiantes acceden al conocimiento, interactúan con el resto del alumnado y del profesorado y aplican lo aprendido en diversos contextos educativos—universitarios—transformando así la forma de enseñanza-aprendizaje (Mendoza Ponce *et al.*, 2011; Cantón y Baelo, 2011; Touriñán, 2018; Calderón Garrido *et al.*, 2019; Carrión y Roblizo, 2022 y Montoya-Rubio *et al.*, 2023). Por consiguiente, este progreso tecnológico permite que la educación universitaria se adapte a los nuevos desafíos del siglo XXI con la puesta en marcha de nuevas experiencias de aprendizaje más interactivas, dinámicas y personalizadas.

Es en este entorno tecnológico-educativo donde, como decimos, gracias al vertiginoso avance de las TIC, la Educación Musical universitaria se ve más influenciada pues, entre otras cuestiones, favorecen al diseño de nuevos procedimientos de enseñanza que no solo quedan limitados a contextos más formales de esta disciplina académica, sino que, además, y haciendo referencia a la vertiente más «informática y audiovisual» de este área, acercan al alumnado a un aprendizaje enmarcado en espacios interactivos menos convencionales (Montoya-Rubio *et al.*, 2023). Es aquí, de entre estos entornos de aprendizaje interactivos donde emanan dos recursos que, en su propia combinación, tienen la capacidad de transformar el proceso de aprendizaje, fomentar la creatividad y facilitar la comprensión de contenidos de la Educación Musical universitaria: el sonido binaural y la realidad aumentada (RA).

Antes de continuar debemos precisar, por una parte, que cuando hacemos mención del sonido binaural hablamos de una técnica de grabación y reproducción sonora que busca crear una experiencia inmersiva en el oyente. Es decir, un fenómeno auditivo que trata de recrear una percepción tridimensional del sonido en nuestro cerebro (Wilson y Krishnan, 2005) y cuya audición es conveniente



Rodríguez López, R. A. (2024). Educación musical en 3D: la integración del sonido binaural y la realidad aumentada en el aula universitaria. *Aula de Encuentro*, volumen 26 (2), Investigaciones pp. 254-273

realizarla a través de unos auriculares para obtener una experiencia auditiva espacial precisa (Roginska y Geluso, 2017). De hecho, el audio binaural es un fenómeno sonoro complejo de editar y postproducir dado que sus particularidades acústicas –que buscan imitar la forma en la que los humanos percibimos el sonido en un entorno tridimensional–, conlleva un estudio acústico previo para alcanzar todas sus prestaciones y características.

Por otra, la realidad aumentada es un recurso digital que permite el paso de información digital al entorno físico por medio de diferentes aplicaciones o soportes tecnológicos –móviles o tablets– (Cabero y Fernández, 2018). A través de la RA, es posible visualizar partituras interactivas, explorar instrumentos en 3D y acceder a contenidos educativos adicionales en tiempo real, lo que mejora significativamente la experiencia de aprendizaje. Por ende, es en la unificación de ambos mundos donde se genera, tal y como precisaremos en las siguientes líneas, una experiencia interactiva-inmersiva que tiene el potencial para revolucionar la Educación Musical universitaria.

Cabe mencionar que ya existen una serie de estudios previos, tanto en el contexto del sonido binaural con investigaciones que de forma más específica abarcan las características técnicas y acústicas de este fenómeno sonoro (Torres 2009; Rodríguez, 2011; Roginska y Geluso, 2017; Vechiatti et. al 2019), así como varios estudios que han explorado los beneficios de la realidad aumentada en diferentes áreas y disciplinas educativas (Cabero y García, 2016; Cabero y Fernández, 2018; Cabero *et al.*, 2018 y Silva-Díaz *et al.*, 2024), entre otras. Sin embargo, disminuyen aquellas contribuciones que integran y combinan ambos recursos como una herramienta audiovisual inmersiva para enriquecer la enseñanza musical universitaria, cuestión que trata de alcanzar este estudio.

Por lo tanto, y llegados a este punto, es el momento de definir el objetivo de esta investigación que es analizar el impacto pedagógico del uso combinado



Rodríguez López, R. A. (2024). Educación musical en 3D: la integración del sonido binaural y la realidad aumentada en el aula universitaria. *Aula de Encuentro*, volumen 26 (2), Investigaciones pp. 254-273

de sonido binaural y realidad aumentada en la educación musical universitaria. De forma específica, se busca evaluar cómo estas tecnologías influyen en la comprensión del contenido curricular, la motivación del alumnado y la mejora de la experiencia de aprendizaje tridimensional e inmersiva. Se espera, además, identificar las posibles barreras tecnológicas que los estudiantes puedan enfrentar durante la implementación.

Se trata, pues, de crear una experiencia educativa tridimensional e inmersiva donde los estudiantes interactúen con los objetos en 3D mientras perciben sonido espacial a través de unos auriculares. Para ello, y como se desarrollará de forma más específica en las siguientes líneas, este estudio se enmarca bajo una Investigación-Acción (I-A) que trata de recoger, de forma cuantitativa, una serie de datos que reflejen, de algún modo, la importancia y la experiencia educativa de la simultaneidad de ambos recursos para el alumnado universitario que cursa la asignatura de Educación Musical.

2. MÉTODO

Tal y como se ha señalado anteriormente, el presente estudio se enmarcó en una Investigación-Acción (I-A) que se caracteriza por su naturaleza participativa y por su orientación hacia la mejora continua de los procesos educativos. En este caso se optó por un enfoque cuantitativo debido a la necesidad de obtener datos medibles y comparables sobre la percepción de los estudiantes. De hecho, este enfoque cuantitativo se justifica por su capacidad para analizar la aceptación general de los recursos tecnológicos –el sonido binaural y la realidad aumentada– en un contexto educativo amplio que involucra a un gran número de participantes.



Rodríguez López, R. A. (2024). Educación musical en 3D: la integración del sonido binaural y la realidad aumentada en el aula universitaria. *Aula de Encuentro*, volumen 26 (2), Investigaciones pp. 254-273

2.1. Descripción del contexto y de los participantes

A lo largo del estudio participaron un total de 332 estudiantes universitarios, clasificados en los siete grupos (A, B, C, D, E y F) de la asignatura de Educación Musical del 1er. curso del Grado de Educación Primaria de la Universidad de Málaga (Facultad de Educación). De forma más específica, el 72.6% (f=241) de los participantes fueron mujeres y el 27.4 % (f=91) hombres, todos con una media de edad de 18,5 años (desviación típica = 1,375).

2.2. Instrumentos

Para la recogida de datos se diseñaron específicamente dos cuestionarios –pretest y postest– formulados a través de la plataforma *Google Forms*, estructurados por 7 ítems y constituidos por preguntas enunciadas en distintos formatos, como las respuestas cortas y las opciones de selección múltiple. Ambos instrumentos fueron validados por un grupo de expertos en educación y tecnología, y, además, se realizó una prueba previa para asegurar su fiabilidad y adecuación en el contexto universitario. En este sentido, la utilización de este método de investigación basado en la exposición de diferentes tipos de preguntas permite la comparación de las respuestas y, por consiguiente, considerar aquellas que son más relevantes para esta investigación (Tourón *et al.*, 2023), todo ello con el objetivo de analizar de manera rigurosa las percepciones del alumnado tras la realización de la actividad propuesta.

En esta línea, cabe añadir que las preguntas propuestas para el alumnado universitario que colabora en esta investigación se orientaron en dos partes: por una parte, un cuestionario inicial estructurado por tres cuestiones: dos relacionadas



Rodríguez López, R. A. (2024). Educación musical en 3D: la integración del sonido binaural y la realidad aumentada en el aula universitaria. *Aula de Encuentro*, volumen 26 (2), Investigaciones pp. 254-273

con el género y la edad, y otra que recoge –brevemente– la experiencia previa del alumnado en relación con el sonido binaural y la realidad aumentada y, por otra, un segundo test constituido por cuatro preguntas cuyas respuestas analizan las opiniones del alumnado una vez realizada la propuesta educativa con ambos recursos tecnológicos –Tablas 1 y 2, respectivamente–.

Tabla 1. Pretest. Preguntas e ítems de respuesta del cuestionario inicial

Propuesta	Ítems de respuesta
1. Género	
2. Edad	
3. A lo largo de tu formación musical, ¿has experimentado alguna actividad que se combine la realidad aumentada con el sonido binaural?	a. Si, en alguna ocasión. b. Si, pero de forma individualizada. c. Únicamente la realidad aumentada. d. No, nunca.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 2. Postest. Preguntas e ítems de respuesta del cuestionario final

Propuesta	Ítems de respuesta
4. ¿Qué destacarías de la interactividad que ofrece este diseño?	a. Los movimientos de los objetivos en 3D. b. La calidad y detalle de los elementos que forman cada objeto tridimensional. c. Escuchar el sonido binaural mientras puedes ver cualquier parámetro de los objetos. d. Tener acceso a enlaces web a través de los objetos en realidad aumentada. e. Todas las anteriores. f. Otra (especificar).
5. ¿Qué beneficios encuentras al utilizar la realidad aumentada en combinación con sonido binaural en la asignatura?	a. Ha mejorado la comprensión sobre el contenido curricular mostrado. b. Ha potenciado la asimilación sobre el contenido curricular mostrado. c. Ha favorecido el interés en la escucha del contenido curricular mostrado. d. Todas las anteriores. e. No he encontrado beneficios. f. Otra (especificar).

(Continuada)



Rodríguez López, R. A. (2024). Educación musical en 3D: la integración del sonido binaural y la realidad aumentada en el aula universitaria. *Aula de Encuentro*, volumen 26 (2), Investigaciones pp. 254-273

Tabla 2. Postest. Preguntas e ítems de respuesta del cuestionario final (*Continuada*)

Propuesta	Ítems de respuesta
6. ¿Consideras la combinación de la realidad aumentada y el sonido binaural como un recurso pedagógico válido para la asignatura de Educación Musical?	a. Si, siempre. b. Si, pero de forma ocasional. c. No, es un recurso sin importancia educativa. d. Otra (especificar).
7. ¿Qué dificultades tecnológicas has encontrado al acceder al diseño que combina ambos recursos?	a. Ninguna. b. He podido visualizar e interactuar correctamente con el diseño en realidad aumentada, pero he encontrado dificultades para escuchar el sonido binaural que le acompaña. c. Mi dispositivo no ha podido reproducir el diseño completo de realidad aumentada y sonido binaural. d. Otra (especificar).

Fuente: elaboración propia.

2.3. Procedimiento y diseño

El proceso de formación, llevado a cabo en su totalidad por los participantes previamente mencionados, se desarrolló durante dos sesiones de 90. Además, es relevante destacar que el proceso de investigación se estructuró en cuatro fases claramente delimitadas –Tabla 3–.

Fase 1. Incluye, en primera instancia, la presentación de la actividad pedagógica que unifica el audio binaural y la imagen aumentada. Ambos recursos se orientan para mostrar varios hitos clave de la historia del jazz, entre ellos, la interpretación del tema musical, *La vie en Rose* (1945, Édith Piaf y Louiguy) por el compositor, Armstrong (1901-1971), así como la puesta en escena de una formación instrumental representativa de este género musical surgido a finales del siglo XIX y principios del siglo XX. Realizada la presentación, se procede a iniciar la recogida de datos –pretest– que, recordemos, tenía la intención obtener la experiencia previa del alumnado en relación con los recursos tecnológicos objeto de este estudio.



Rodríguez López, R. A. (2024). Educación musical en 3D: la integración del sonido binaural y la realidad aumentada en el aula universitaria. *Aula de Encuentro*, volumen 26 (2), Investigaciones pp. 254-273

Tabla 3. Fases de la Investigación-Acción

Fases de la Investigación-Acción (I-A)	Proceso	Contenidos	Sesiones
1ª Fase	Evaluación inicial y diagnóstico.	Presentación de la actividad. Recogida de datos inicial –pretest–.	
2ª Fase	Planificación, diseño y organización de las sesiones en tres bloques.	Bloque I. El sonido binaural, ¿qué es? ¿Para qué se utiliza y cómo se diseña?	1ª sesión (90 minutos)
		Bloque II. La realidad aumentada, ¿qué es? ¿Para qué se utiliza y cómo se diseña? ¿Qué diferencias existen con la realidad virtual y el metaverso?	
		Bloque III. Sonido binaural y realidad aumentada: propuesta educativa.	2ª sesión (90 minutos)
3ª Fase	Obtención y evaluación de los datos procedentes del cuestionario final.	Recogida de datos tras la elaboración del recurso didáctico –posttest–.	
4ª Fase	Discusión y reflexión tras el procedimiento formativo.	Interpretación de los datos obtenidos.	

Fuente: elaboración propia.

Fase 2. Recabada la información, comienza la exposición de la actividad cuyo propósito es el de introducir y mostrar audiovisualmente del sonido binaural –bloque I– y la realidad aumentada –bloque II–. La información adquirida en esta fase prepara a los estudiantes para la evaluación posterior. En esta fase se expone cada recurso de forma independiente, proporcionando así al alumnado la información imprescindible sobre ambos recursos tecnológicos: qué son, para qué se utilizan, cómo se diseñan y en qué campos de investigación se pueden aplicar.

De igual forma, esta fase 2 incluye el tercer bloque de este estudio cuyo contenido está orientado específicamente a la propuesta educativa diseñada para el alumnado universitario. Aquí, se presenta un diseño tridimensional inmersivo que combina el sonido binaural del tema jazzístico mencionado anteriormente con una imagen aumentada de la formación instrumental –imagen 1–. Para el diseño

Rodríguez López, R. A. (2024). Educación musical en 3D: la integración del sonido binaural y la realidad aumentada en el aula universitaria. *Aula de Encuentro*, volumen 26 (2), Investigaciones pp. 254-273

tridimensional, tanto visual como sonoro, se han empleado una gran variedad de recursos tecnológicos profesionales. Por un lado, los *softwares Adobe Dimension* y *Adobe Aero* para la elaboración, la edición y la producción de la propia imagen aumentada, su ubicación en un espacio tridimensional y la movilidad e interactividad en la red de los objetos y, por otro, la sincronización de diferentes archivos sonoros binaurales que acompañan a las imágenes producidos con el *software* de edición musical, *Logic Pro X*.

Fase 3. Finalizada la actividad, se procede a realizar el cuestionario final – posttest– con la intención de conocer las experiencias del alumnado universitario y el impacto pedagógico de la propia actividad.

Fase 4. Se interpretan todos los datos obtenidos.

Imagen 1. Diseño de la formación instrumental aumentada presentada en la actividad a través del software, Adobe Aero.



Fuente: elaboración propia.



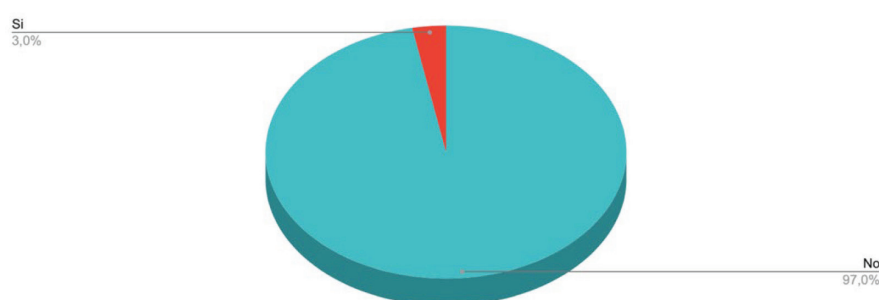
Rodríguez López, R. A. (2024). Educación musical en 3D: la integración del sonido binaural y la realidad aumentada en el aula universitaria. *Aula de Encuentro*, volumen 26 (2), Investigaciones pp. 254-273

3. RESULTADOS

Tal y como atenderemos en las siguientes líneas, los resultados derivados de esta investigación ofrecen una nueva perspectiva sobre el uso de la realidad aumentada en combinación con el sonido binaural como recursos didácticos para la Educación Musical universitaria. De hecho, el análisis de los datos obtenidos expone, además, qué beneficios pedagógicos y limitaciones tecnológicas nos podemos llegar a encontrar con el uso conjunto de estos instrumentos.

De este modo, como se puede observar en la Figura 1, los resultados evidencian que la gran mayoría de los encuestados, un 97.0% (f=322), no ha tenido experiencias previas en las que se combine el uso de la realidad aumentada con la tecnología de sonido binaural. Este dato refleja una clara carencia en la familiaridad con este tipo de herramientas didácticas y, por ende, puede indicar la novedad del enfoque didáctico para la Educación Musical o la falta de integración de estas tecnologías en los contextos educativos tradicionales. Esta última cuestión, queda reflejada en que solo un 3.0% (f=10) de los participantes afirma haber tenido este tipo de experiencias, lo que sugiere que, aunque poco frecuente, existen iniciativas aisladas que han explorado la combinación de ambos recursos.

Figura 1. Experiencias didácticas previas que combinen la realidad aumentada junto con el sonido binaural



Fuente: elaboración propia.

AULA DE ENCUENTRO

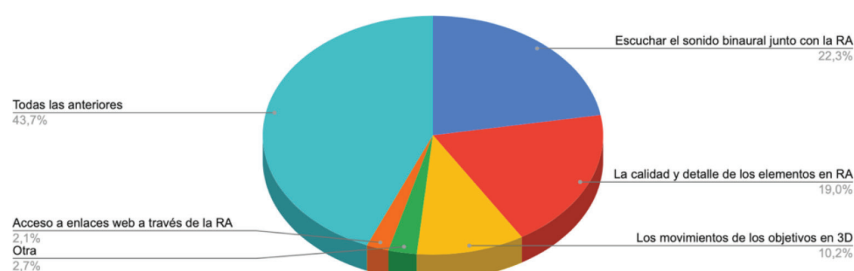
experiencias
interacción
no-cada
no-cada



Rodríguez López, R. A. (2024). Educación musical en 3D: la integración del sonido binaural y la realidad aumentada en el aula universitaria. *Aula de Encuentro*, volumen 26 (2), Investigaciones pp. 254-273

Tras el desarrollo de la actividad, se aborda, en primera instancia, la percepción de los participantes sobre aquellos aspectos más relevantes en cuanto a la interactividad del diseño tridimensional –Figura 2–. En este sentido, los resultados muestran que el 43.7% ($f=145$) de los encuestados selecciona “todas las anteriores”, lo que sugiere que, para este grupo, la interactividad total se logra a través de una composición de varios factores, entre ellos: la calidad de los elementos que conforman la realidad aumentada, los movimientos en 3D, el acceso a enlaces web y la integración del sonido binaural que acompaña a la imagen. En particular, el 22.3% ($f=74$) de los encuestados considera que la interacción más significativa se da a través de la experiencia al escuchar el sonido binaural junto con el diseño aumentado.

Figura 2. Resultados relacionados con la interactividad del diseño tridimensional



Fuente: elaboración propia.

Le sigue un 19.0% ($f=63$) que pone énfasis en la calidad y en el detalle de los elementos visuales tridimensionales, destacando, a su vez, la importancia de la precisión gráfica en la percepción tridimensional. Otro 10.2% ($f=34$) se centra en los movimientos de los objetos en 3D, mientras que solo un pequeño porcentaje, el 2.7% ($f=9$), menciona otros factores no contemplados en las opciones principales,

AULA DE ENCUENTRO

experiencias
reflexión
interacción
no-cacuda
no-cacuda

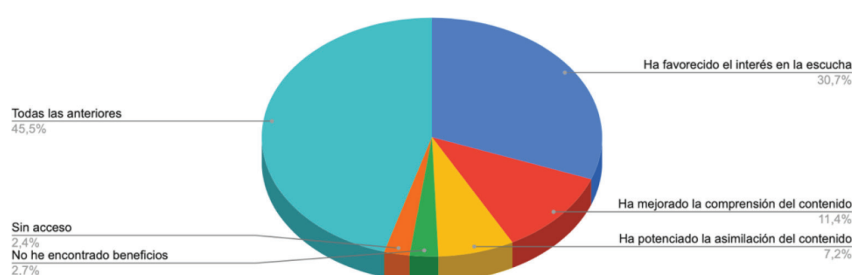


Rodríguez López, R. A. (2024). Educación musical en 3D: la integración del sonido binaural y la realidad aumentada en el aula universitaria. *Aula de Encuentro*, volumen 26 (2), Investigaciones pp. 254-273

y un 2.1% ($f=7$) resalta la importancia de poder acceder a diferentes recursos y enlaces web a través de la realidad aumentada.

De igual forma, los resultados que recogen las opiniones de los encuestados sobre los beneficios educativos del diseño audiovisual aumentado –Figura 3– muestran que un 45.5% ($f=151$) de los participantes han encontrado múltiples beneficios, seleccionando la opción “todas las anteriores”. Entre los aspectos específicos, un 30.7% ($f=102$) resalta que el diseño audiovisual ha incrementado el interés por la escucha, subrayando aquí la capacidad “motivadora” de este tipo de recursos. Un 11.4% ($f=38$) considera que ha mejorado la comprensión del contenido, lo que indica que estos diseños no solo captan la atención, sino que también facilitan la asimilación de conceptos más complejos. Un 7.2% ($f=24$) añade que el diseño audiovisual ha potenciado la asimilación del contenido, lo que sugiere que este diseño puede ser una contribución significativa a un aprendizaje más duradero.

Figura 3. Beneficios didácticos del diseño audiovisual



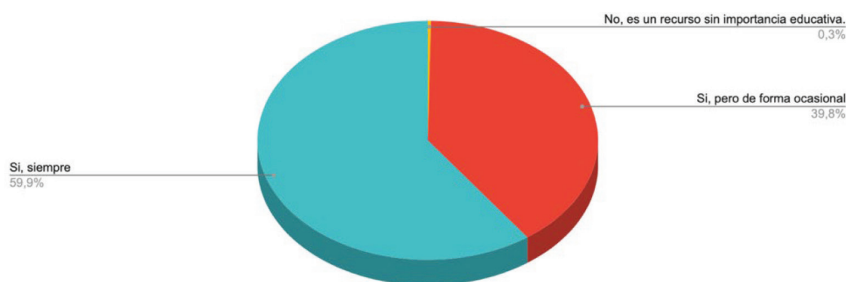
Fuente: elaboración propia.

Sin embargo, un pequeño porcentaje (2.7%, $f=9$) no ha encontrado beneficios concretos en la combinación de este tipo de herramientas, y un 2.4% ($f=8$) afirma no haber tenido acceso a ellas, lo que podría señalar limitaciones de implementación o acceso importantes.

Rodríguez López, R. A. (2024). Educación musical en 3D: la integración del sonido binaural y la realidad aumentada en el aula universitaria. *Aula de Encuentro*, volumen 26 (2), Investigaciones pp. 254-273

En cuanto a la percepción general de la utilidad del diseño tridimensional como un recurso pedagógico en la Educación Musical a nivel universitario –Figura 4–, los resultados muestran que un 59.9% (f=199) de los encuestados considera que este tipo de diseño es siempre un recurso válido para la enseñanza, lo que evidencia una alta valoración de este en contextos académicos. Otro 39.8% (f=132) también reconoce su validez, aunque considera que debe emplearse de forma ocasional, probablemente como un complemento o recurso específico en lugar de una herramienta central en la enseñanza. Así, pues, solo un pequeño grupo, el 0.3% (f=1) opina que el diseño tridimensional carece de importancia educativa, lo que refleja un consenso generalizado sobre su relevancia.

Figura 4. Consideración del diseño tridimensional como un recurso pedagógico válido para la Educación Musical universitaria



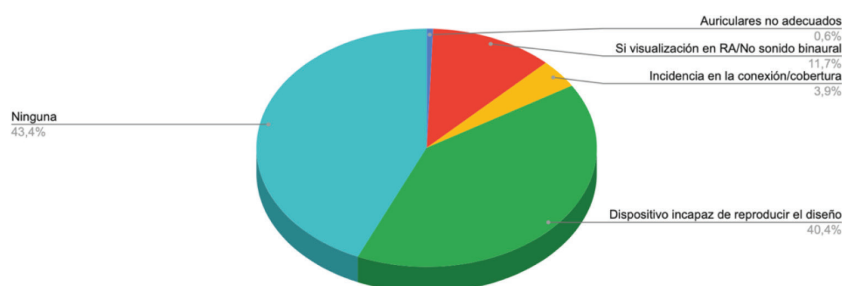
Fuente: elaboración propia.

Finalmente, en lo que respecta a las dificultades tecnológicas más comunes que los participantes han enfrentado al intentar acceder al diseño tridimensional –Figura 5–, se puede apreciar que un 43.4% (f=144) afirma no haber encontrado ningún inconveniente, lo que sugiere que, para una parte significativa de los usuarios, el acceso a estos recursos es técnicamente viable. A pesar de ello, el obstáculo más recurrente, señalado por un 40.4% (f=134), es la incapacidad de su dispositivo para reproducir el diseño, lo que indica que la accesibilidad está

Rodríguez López, R. A. (2024). Educación musical en 3D: la integración del sonido binaural y la realidad aumentada en el aula universitaria. *Aula de Encuentro*, volumen 26 (2), Investigaciones pp. 254-273

limitada por las especificaciones técnicas del *hardware* y el *software* utilizado. Otras dificultades expuestas incluyen la visualización en RA sin sonido binaural (11.7%, $f=39$), problemas de conexión o cobertura (3.9%, $f=13$) y el uso de auriculares inadecuados (0.6%, $f=2$), aspectos que, aunque afectan a una minoría de usuarios, pueden tener un impacto negativo en la experiencia educativa.

Figura 5. Dificultades tecnológicas encontradas durante el acceso al diseño tridimensional



Fuente: elaboración propia.

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Como hemos podido corroborar a través de la exposición de los resultados obtenidos, este estudio revela importantes perspectivas sobre la integración de la realidad aumentada y el sonido binaural en el ámbito educativo, específicamente en la Educación Musical universitaria. Uno de los hallazgos más destacados es la falta de experiencias previas en el uso combinado de estas tecnologías por parte de los encuestados, ya que, el 97% del alumnado no ha tenido contacto alguno con estas herramientas. Por consiguiente, este dato sugiere que existe un terreno fructífero para la innovación pedagógica, en el que la introducción de la imagen aumentada y el sonido binaural podrían ofrecer una nueva dimensión en la enseñanza-aprendizaje, especialmente en campos donde la percepción espacial y auditiva son esenciales, como la música.



Rodríguez López, R. A. (2024). Educación musical en 3D: la integración del sonido binaural y la realidad aumentada en el aula universitaria. *Aula de Encuentro*, volumen 26 (2), Investigaciones pp. 254-273

De igual forma, en cuanto a la interactividad del diseño tridimensional, como hemos visto, los encuestados valoran positivamente una combinación de factores, tales como; la calidad gráfica, la sincronización del sonido binaural, los movimientos en 3D y el acceso a información adicional mediante enlaces web. Estos hallazgos coinciden con lo planteado por Cabero y García (2016), quienes destacan el valor de la realidad aumentada para mejorar la comprensión de conceptos abstractos y facilitar el acceso a recursos adicionales. No obstante, la novedad de este estudio reside en la integración del sonido binaural, lo que añade una capa auditiva inmersiva que, según Roginska y Geluso (2018), puede transformar significativamente la experiencia educativa al reforzar tanto la percepción visual como auditiva. Esta combinación ofrece una experiencia educativa más rica que el uso aislado de cada tecnología, lo que subraya el potencial innovador de estos recursos en la enseñanza musical.

Por otro lado, los beneficios didácticos percibidos del diseño audiovisual son evidentes. Recordemos que un alto porcentaje de los encuestados (45.5%) reconoce que estos recursos favorecen el interés en la escucha, mejoran la comprensión del contenido y potencian la asimilación de la información. Estos resultados refuerzan, aún más, la idea de que el uso de estímulos visuales y auditivos binaurales, cuando están bien integrados, pueden transformar la experiencia educativa, aumentando así la motivación y la eficacia del aprendizaje. Este hallazgo es particularmente relevante en contextos donde la enseñanza tradicional podría no ser suficiente para captar la atención y mantener el interés de los estudiantes.

Asimismo, la aceptación del diseño tridimensional como un recurso pedagógico válido para la Educación Musical universitaria es otro punto clave. La mayoría de los participantes lo considera un recurso útil, ya sea como una herramienta central o como un complemento ocasional en la enseñanza. Esta percepción positiva respalda la idea de que el diseño tridimensional puede ofrecer nuevas oportunidades



Rodríguez López, R. A. (2024). Educación musical en 3D: la integración del sonido binaural y la realidad aumentada en el aula universitaria. *Aula de Encuentro*, volumen 26 (2), Investigaciones pp. 254-273

para abordar conceptos abstractos, simular situaciones complejas o simplemente enriquecer el entorno educativo, contribuyendo así a una formación más completa y adaptada a las necesidades de los estudiantes.

No obstante, se ha visto anteriormente cómo la implementación de estas tecnologías enfrenta desafíos importantes. Uno de los obstáculos más significativos es la incapacidad de muchos dispositivos para reproducir correctamente los diseños tridimensionales, una limitación señalada por un 40.4% de los encuestados. Este dato evidencia que, a pesar del potencial educativo de estas tecnologías, su adopción efectiva depende de que se superen las barreras tecnológicas actuales. Tal como indica Vechiatti *et al.* (2019), el éxito en la implementación de tecnologías inmersivas depende en gran medida de la infraestructura tecnológica disponible y del acceso adecuado a dispositivos compatibles. Además, otros problemas, como la falta de sincronización del sonido binaural con la imagen en 3D o las serias dificultades de conectividad, también deben ser considerados.

La propuesta didáctica tridimensional anteriormente presentada objeto de este estudio confirma el alto potencial educativo de la combinación entre la realidad aumentada y el audio binaural, especialmente en la enseñanza musical universitaria, pero también subrayan la necesidad de un enfoque integrado que contemple tanto los aspectos pedagógicos como las limitaciones tecnológicas para lograr una adopción efectiva y equitativa en la Educación Musical universitaria.

5. FINANCIACIÓN

Este estudio ha sido realizado en el marco del proyecto de investigación “La realidad aumentada y el sonido binaural como recursos didácticos para el aprendizaje”, del Plan Propio de Investigación, Transferencia y Divulgación Científica



Rodríguez López, R. A. (2024). Educación musical en 3D: la integración del sonido binaural y la realidad aumentada en el aula universitaria. *Aula de Encuentro*, volumen 26 (2), Investigaciones pp. 254-273

de la Universidad de Málaga (Ref. B1_2022-42). Convocatoria 2022/2024. IP: Rafael Ángel Rodríguez López.

6. REFERENCIAS

Cabero, J., De la Honras, I., y Sánchez, J. M. (Coord.) (2018). *La Realidad aumentada como herramienta educativa. Aplicación a la Educación Infantil, Primaria, Secundaria y Bachillerato*. Pirámide.

Cabero, J., y García, F. (Coords.) (2016). *Realidad aumentada. Tecnología para la formación*. Síntesis.

Cabero Almenara, J., y Fernández Robles, B. (2018). Las tecnologías digitales emergentes entran en la Universidad: RA y RV. *RIED-Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 21(2), 119–138. <https://doi.org/10.5944/ried.21.2.20094>

Calderón-Garrido, D., Cisneros, P., García, I. D., Fernández, D., y de las Heras-Fernández, R. (2019). La tecnología digital en la educación musical: una revisión de la literatura científica. *Revista Electrónica Complutense de Investigación en Educación Musical - RECIEM*, 16, 43-55. <https://doi.org/10.5209/reciem.60768>

Cantón Mayo, I., y Baelo Álvarez, R. (2011). El profesorado universitario y las tecnologías de la información y de la comunicación (TIC): disponibilidad y formación. *Educatio Siglo XXI*, 29(1), 263–302. <https://revistas.um.es/educatio/article/view/119971>



Rodríguez López, R. A. (2024). Educación musical en 3D: la integración del sonido binaural y la realidad aumentada en el aula universitaria. *Aula de Encuentro*, volumen 26 (2), Investigaciones pp. 254-273

Carrión Candel, E., y Roblizo Colmenero, M. J. (2022). Gamification and mobile learning: innovative experiences to motivate and optimise music content within university contexts. *Music Education Research*, 24 (3), 377-392. <https://doi.org/10.1080/14613808.2022.2042500>

Mendoza Ponce, J., y Galera Núñez, M. M. (2011). Tecnología Musical y Creatividad: Una experiencia en la formación de maestros. *Revista de la Lista Electrónica Europea de Música en la Educación*, 28, 24-36. https://idus.us.es/xmlui/bitstream/handle/11441/16317/file_1.pdf?sequence=1

Montoya-Rubio, J. C., López-Núñez, N., y López-Melgarejo, A. M. (2023). Innovación TIC en los Planes de Estudio de las Menciones de Música en los Grados de Educación en España. *RiiTE Revista interuniversitaria de investigación en tecnología educativa* 15, 157-171. <https://doi.org/10.6018/riite.578641>

Rodríguez Mariño, R. (2011). *Técnicas de sonido binaural en la postproducción audiovisual*. [Trabajo de Fin de Máster, Escuela politécnica superior de Gandía]. Universidad Politécnica de Valencia. <https://riunet.upv.es/handle/10251/14732>

Roginska, A., y Geluso, P. (Eds.). (2017). *Immersive Sound: The Art and Science of Binaural and Multi-Channel Audio*. Routledge.

Santos-Caamaño, F.-J., Vázquez-Cancelo, M.-J., y Rodríguez-Machado, E.-R. (2021). Tecnologías digitales y ecologías de aprendizaje: desafíos y oportunidades. *Educatio Siglo XXI*, 39(2), 19–40. <https://doi.org/10.6018/educatio.466091>



Rodríguez López, R. A. (2024). Educación musical en 3D: la integración del sonido binaural y la realidad aumentada en el aula universitaria. *Aula de Encuentro*, volumen 26 (2), Investigaciones pp. 254-273

Silva-Díaz, F., Carrillo-Rosúa, J., Fernández-Ferrer, G., Marfil-Carmona, R., y Narváez, R. (2024). Valoración de tecnologías inmersivas y enfoque STEM en la formación inicial del profesorado. *RIED-Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 27(1), 139–162. <https://doi.org/10.5944/ried.27.1.37688>

Torres, J. A. (2009). *Aplicación de técnica de grabación y mezcla binaural para audio comercial y/o publicitario*. [Tesis doctoral, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá]. <http://hdl.handle.net/10554/4390>

Touriñán Morandeira, L. (2018). Música, educación y nuevas tecnologías: fundamentos pedagógicos de la relación. Educación “por” la música en la formación adulta universitaria a través de las TIC. *Revista Boletín Redipe*, 7, 39–77. <https://revista.redipe.org/index.php/1/article/view/522>

Tourón, J., Lizasoain Herández, L., Navarro-Asencio, E., y López González, E. (2023). *Análisis de Datos y Medida en Educación. Vol. I*. UNIR Editorial.

Vechiatti, N., Iasi, F., Tati, N., Armas, A., Tomeo, D., & Cosentino, L. (2019). Desarrollo de un sistema de medición de parámetros acústicos binaurales. *Elektron*, 3(2), 75–83. <https://doi.org/10.37537/rev.elektron.3.2.79.2019>

Wilson J. R., y Krishnan A. (2005). Human frequency-following responses to binaural masking level difference stimuli. *J Am Acad Audiol* 16, 184–195. <https://doi.org/10.3766/jaaa.16.3.6>