

TESIS DOCTORAL

**Sonido binaural y realidad aumentada en la Educación Musical:
estudio sobre el impacto de un entorno audiovisual-tridimensional
en el aula universitaria**

*Binaural sound and augmented reality in music education: a study on the
impact of a three-dimensional audiovisual environment in the university
classroom*



Memoria para optar al grado de Doctor en Educación y Comunicación Social por la Universidad de Málaga
presentada en la modalidad de tesis por compendio de publicaciones

RAFAEL ÁNGEL RODRÍGUEZ LÓPEZ

DIRECTOR. DR. JUAN ZAGALAZ CACHINERO

Programa de Doctorado en Educación y Comunicación social

Facultad de Educación

Universidad de Málaga

2025



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

AUTOR: Rafael Ángel Rodríguez López

 <http://orcid.org/0000-0002-1112-2762>

EDITA: Publicaciones y Divulgación Científica. Universidad de Málaga



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional:

Cualquier parte de esta obra se puede reproducir sin autorización pero con el reconocimiento y atribución de los autores.

No se puede hacer uso comercial de la obra y no se puede alterar, transformar o hacer obras derivadas.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/legalcode>

Esta Tesis Doctoral está depositada en el Repositorio Institucional de la Universidad de Málaga (RIUMA): riuma.uma.es





DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD DE LA TESIS PRESENTADA PARA OBTENER EL TÍTULO DE DOCTOR

D. RAFAEL ÁNGEL RODRÍGUEZ LÓPEZ

Estudiante del programa de doctorado EDUCACIÓN Y COMUNICACIÓN SOCIAL de la Universidad de Málaga, autor/a de la tesis, presentada para la obtención del título de doctor por la Universidad de Málaga, titulada: SONIDO BINAURAL Y REALIDAD AUMENTADA EN LA EDUCACIÓN MUSICAL UNIVERSITARIA: ESTUDIO SOBRE EL IMPACTO DE UN ENTORNO AUDIOVISUAL-TRIDIMENSIONAL EN EL AULA UNIVERSITARIA. Realizada bajo la tutorización de JUAN ZAGALAZ CACHINERO y dirección de JUAN ZAGALAZ CACHINERO.

DECLARO QUE:

La tesis presentada es una obra original que no infringe los derechos de propiedad intelectual ni los derechos de propiedad industrial u otros, conforme al ordenamiento jurídico vigente (Real Decreto Legislativo 1/1996, de 12 de abril, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Propiedad Intelectual, regularizando, aclarando y armonizando las disposiciones legales vigentes sobre la materia), modificado por la Ley 2/2019, de 1 de marzo. Igualmente asumo, ante a la Universidad de Málaga y ante cualquier otra instancia, la responsabilidad que pudiera derivarse en caso de plagio de contenidos en la tesis presentada, conforme al ordenamiento jurídico vigente.

En Málaga, a 21 de ABRIL de 2025

| | |
|--|---|
| Fdo.: RAFAEL ÁNGEL RODRÍGUEZ LÓPEZ Doctorando/a | Fdo.: JUAN ZAGALAZ CACHINERO Tutor/a |
| Fdo.: JUAN ZAGALAZ CACHINERO Director/es de tesis | |







INFORME DEL TUTOR/DIRECTOR DE LA TESIS

JUAN ZAGALAZ CAHINERO, PROFESOR TITULAR DE LA UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

Dpto. Didáctica de las Lenguas, las Artes y el Deporte
Facultad de Ciencias de la Educación

El doctorando Rafael Ángel Rodríguez López ha realizado una tesis doctoral por compendio titulada “Sonido binaural y realidad aumentada en la Educación Musical: estudio sobre el impacto de un entorno audiovisual-tridimensional en el aula universitaria”, en la que, a través de tres estudios realizados con la totalidad de grupos de la asignatura Educación Musical, seis con una media de 65 alumnos por grupo, ha abordado las interesantes cuestiones del sonido binaural y la realidad aumentada como herramientas pedagógicas, poniendo de relieve el gran potencial de las mismas en la formación inicial del profesorado. A nivel metodológico, los tres estudios han tenido como punto de unión la utilización de la Investigación Acción participativa, con el fin de observar, de forma independiente y combinada, el potencial de estas tecnologías emergentes como elemento transformador de la enseñanza musical en el ámbito universitario. Todas las publicaciones han sido realizadas y desarrolladas en el marco del proyecto “La realidad aumentada y el sonido binaural como recursos didácticos para el aprendizaje”, avalado por el Plan Propio de Investigación, Transferencia y Divulgación Científica de la Universidad de Málaga (Ref- B1_2022-42), cuyo IP es el propio doctorando.

El primer artículo, titulado “Realidad Aumentada (RA): una nueva dimensión para la Educación Musical universitaria”, aborda un estudio enfocado en la Realidad Aumentada, y ha sido publicado en EDUCA: Revista Internacional para la Calidad Educativa, revista rindexada en Miar, Latindex, Erih Plus, Redib, Sherpa/Romeo, Google Scholar o DOAJ, entre otras bases de datos, siendo de acceso abierto, lo que favorece enormemente su difusión. Este primer estudio, centrado en la Realidad Aumentada, explora las posibilidades de aplicación de la Realidad Aumentada en el alumnado de la Asignatura Educación Musical, del Grado en Educación Primaria de la Universidad de Málaga, correspondiente al primer curso e impartida en la Facultad de Ciencias de la Educación. Su desarrollo se basó en la utilización de dispositivos móviles para acceder a diseños tridimensionales relacionados con el jazz, y ofreció datos relevantes sobre el escaso conocimiento de partida sobre la Realidad





Aumentada por parte del alumnado, la pertinencia a la hora de emplearla para facilitar la comprensión y asimilación de contenidos musicales, así como un aumento en la motivación, interés y participación del alumnado. Como principal conclusión, el texto pone de manifiesto el gran potencial de la Realidad Aumentada como elemento innovador a través del cual mejora la calidad del aprendizaje.

El segundo artículo del compendio se titula “El sonido binaural en la educación universitaria: más allá de los límites auditivos tradicionales”, y ha sido publicado en la revista *Etic@net*. Revista científica electrónica de Educación y Comunicación en la Sociedad del Conocimiento, indexada en WOS (Web of Science), Miar, Redib, Circ, Latindex, DOAJ, Carhus Plus, Eruh Plus, Ulrichs, ISOC, IREISE, Google Académico, CSIC, RESH, o DICE, entre otras, y cuenta con el sello de calidad del FECYT, además de estar, de nuevo, en acceso abierto. Este estudio revela, de nuevo, la poca familiaridad del alumnado con el sonido binaural de partida, a pesar de que está integrado en la vida cotidiana a través de actividades de ocio como el cine. Otro elemento destacado, si bien no sorprendente, es el hecho de encontrar dificultades con la escucha activa, concepto conocido por el estudiantado, pero no totalmente implementado en su proceso de formación académica. Como principal resultado, se ha observado que el estudiantado es capaz de identificar y discriminar las características definitorias del sonido binaural, entre las que se incluyen la percepción de la escucha tridimensional. Se ha observado también que esta estrategia metodológica puede fomentar una mayor y más profunda apreciación y comprensión de las cualidades de este tipo de sonido, así como potenciar la escucha activa relacionada con distintos géneros musicales.

El último artículo del compendio se titula “Educación Musical en 3D: la integración del sonido binaural y la realidad aumentada en el aula universitaria”, y está publicado en la revista *Aula de Encuentro*, indexada en Emerging Sources of Citation (ESCI), Erih Plus, DOAJ, Carhus Plus, Erih Plus, Latindex, Redib, Miar, Sherpa/Romeo, Resh, DICE o ISOC, entre otras, y cuenta también con el sello de calidad del FECYT (2024). Este estudio se centra en la combinación del sonido binaural y la realidad aumentada en el aula universitaria para conseguir una experiencia educativa tridimensional e inmersiva. Como ya se observó en los estudios previos, se observó una baja familiaridad funcional con ambos conceptos, ya que la práctica totalidad del alumnado no había tenido contacto previo con alguna de estas dos herramientas. El alumnado valoró muy positivamente la interactividad con el diseño tridimensional, si bien lo más novedoso de este estudio es que la integración del sonido binaural ofrece una experiencia educativa mucho más fructífera que el uso aislado





de una u otra aproximación, manifestando un gran potencial innovador de estos recursos para la educación musical.

La realización de estos tres estudios, así como su posterior publicación en revistas de contrastada calidad, pone en relieve no solo el carácter innovador de la propuesta presentada por el doctorado, sino la pertinencia desde el punto de vista de la innovación educativa y el uso de las TIC. El método utilizado es completamente pertinente, y el doctorando ha realizado un meticuloso diseño y un minucioso proceso de recogida y análisis de datos, y ha sido extremadamente riguroso en el procesamiento, la discusión, la revisión bibliográfica y la discusión de sus resultados. Además, el carácter abierto de las tres revistas en la que se han publicado los estudios hace que el alcance de la investigación sea mayor, proponiendo un elaborado punto de partida y abriendo la puerta a seguir avanzando y desarrollando esta línea de investigación.

Málaga, 21 de ABRIL de 2025

Fdo. Juan Zagalaz Cachinero





INFORME DE IDONEIDAD DE LA PRESENTACIÓN POR COMPENDIO DE ARTÍCULOS

El Dr. Juan Zagalaz Cachinero profesor Titular del Departamento de Didáctica de las Lenguas, las Artes y el Deporte de la Universidad de Málaga, como tutor y director de la tesis doctoral titulada “Sonido binaural y realidad aumentada en la Educación Musical Universitaria: estudio sobre el impacto de un entorno audiovisual tridimensional en el aula universitaria”, presentada por el doctorando, Rafael Ángel Rodríguez López, informa de la idoneidad de la presentación por compendio de artículos, dado que cumple con todos los criterios establecidos para ello por la Universidad de Málaga. Los trabajos que la componen son los siguientes:

- Rodríguez López, R. Ángel. (2024). Realidad Aumentada (RA): una nueva dimensión para la Educación Musical universitaria. *EDUCA. Revista Internacional para La Calidad Educativa*, 4(2), 217–238. <https://doi.org/10.55040/educa.v4i2.121>

EDUCA International Journal estará indexada en numerosas bases de datos nacionales e internacionales. Actualmente se encuentra indexada en las siguientes bases de datos y directorios: Latindex, Dialnet, ERIHPLUS, Carhus Plus+, DOAJ, Dulcinea, Sherpa Romeo, REDIB, MIAR, CrossRef, Dimensions, Google Scholar, Semantic Scholar, Scilit, Biblioteca de la Universidade da Coruña entre otros.

- Rodríguez López, R. A. (2024). El sonido binaural en la educación musical universitaria: más allá de los límites auditivos tradicionales. *Etic@net. Revista científica electrónica de Educación y Comunicación en la Sociedad del Conocimiento*, 24(2), 477-498. <http://doi.org/10.30827/eticanet.v24i2.31342>

Etic@net. Revista científica electrónica de Educación y Comunicación en la Sociedad del Conocimiento, está indexada en WOS (Web of Science), Miar, Redib, Circ, Latindex, DOAJ,





Carhus Plus, Erih Plus, Ulrichs, ISOC, IREISE, Google Académico, CSIC, RESH, o DICE, entre otras, y cuenta con el sello de calidad del FECYT, además de estar, de nuevo, en acceso abierto.

- Rodríguez López, R. Ángel. (2024). Educación Musical en 3D: la integración del sonido binaural y la realidad aumentada en el aula universitaria. *Aula De Encuentro*, 26(2), 254-273. <https://doi.org/10.17561/ae.v26n2.9155>

Aula de Encuentro, está indexada en Emerging Sources of Citation (ESCI), Erih Plus, DOAJ, Carhus Plus, Erih Plus, Latindex, Rebdib, Miar, Sherpa/Romeo, Resh, DICE o ISOC, entre otras, y cuenta también con el sello de calidad del FECYT (2024).

En Málaga a 11 de Marzo del 2025

Dr. Juan Zagalaz Cachinero
Tutor y Director de Tesis

Dra. M.^a Teresa Vera Balanza
Coordinadora del Programa de Doctorado







A mi mujer, Tania.

A mis hijos, Martín y Pablo.

A Juan Zagalaz, amigo, compañero y director de esta tesis.

A todos, gracias.







RESUMEN / ABSTRACT

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Presentación y objetivo de los trabajos

Resumen de las contribuciones académicas publicadas

Método

Descripción de los participantes

Instrumentos utilizados

Fases generales de la investigación

1.2. Justificación de la unidad temática

1.3. Estado de la cuestión

Realidad aumentada en la Educación Musical

Sonido binaural y su aplicabilidad educativa

Combinación de realidad aumentada y sonido binaural

2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN GENERALES

ESTUDIO I

ESTUDIO II

ESTUDIO III

3. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

4. CONCLUSIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**RESUMEN**

Esta tesis doctoral examina el impacto de las nuevas tecnologías en la Educación Musical universitaria, centrándose particularmente en la realidad aumentada (RA) y el sonido binaural como herramientas didácticas para la enseñanza y el aprendizaje. A través de tres estudios interrelacionados, se analiza su aplicabilidad pedagógica, tanto de manera individual como combinada, con el propósito de mejorar la comprensión conceptual, fomentar la motivación del alumnado y enriquecer la experiencia educativa mediante entornos inmersivos. Así, el primer estudio aborda la implementación de la realidad aumentada en la enseñanza musical, evidenciando su capacidad para representar visualmente contenidos a través de modelos tridimensionales y simulaciones interactivas. Los resultados indican que esta tecnología favorece la comprensión conceptual y la implicación del alumnado, aunque su integración en el aula enfrenta desafíos técnicos, como la compatibilidad de dispositivos y requiere una formación específica para docentes y estudiantes. El segundo estudio se centra en el sonido binaural y su potencial para fomentar la escucha activa y la percepción espacial del sonido. A pesar del desconocimiento inicial del alumnado sobre este fenómeno auditivo, la experiencia práctica facilitó una mejora significativa en su capacidad de análisis y apreciación sonora, demostrando la relevancia de esta tecnología en la formación musical universitaria. Finalmente, el tercer estudio explora la combinación de RA y sonido binaural, dando lugar a una experiencia audiovisual que refuerza la inmersión y el aprendizaje significativo. Aunque la integración de ambas tecnologías presenta retos como la sincronización audiovisual y la accesibilidad tecnológica, los hallazgos confirman que su uso conjunto puede transformar la enseñanza musical universitaria, proporcionando de esta forma nuevas estrategias pedagógicas adaptadas a las exigencias del siglo XXI. Por tanto, esta investigación concluye que la incorporación de la realidad aumentada en su combinación con el sonido binaural en la Educación Musical universitaria constituye una vía altamente innovadora para mejorar los procesos de enseñanza-aprendizaje. Sin embargo, su implementación efectiva requiere superar barreras tecnológicas, optimizar su accesibilidad y desarrollar metodologías adaptadas que permitan aprovechar plenamente su potencial pedagógico.

PALABRAS CLAVE

Sonido binaural; Realidad aumentada; Educación Musical universitaria; Tecnología educativa; Innovación educativa





ABSTRACT

This doctoral thesis examines the impact of new technologies in university music education, focusing particularly on augmented reality (AR) and binaural sound as didactic tools for teaching and learning. Through three interrelated studies, their pedagogical applicability is analysed, both individually and in combination, with the aim of improving conceptual understanding, fostering student motivation and enriching the educational experience through immersive environments. Thus, the first study addresses the implementation of augmented reality in music education, demonstrating its ability to visually represent content through three-dimensional models and interactive simulations. The results indicate that this technology favours conceptual understanding and student involvement, although its integration in the classroom faces technical challenges, such as device compatibility, and requires specific training for teachers and students. The second study focuses on binaural sound and its potential to foster active listening and spatial perception of sound. Despite the students' initial lack of knowledge about this auditory phenomenon, practical experience led to a significant improvement in their ability to analyse and appreciate sound, demonstrating the relevance of this technology in university music education. Finally, the third study explores the combination of AR and binaural sound, resulting in an audiovisual experience that reinforces immersion and meaningful learning. Although the integration of both technologies presents challenges such as audiovisual synchronization and technological accessibility, the findings confirm that their joint use can transform university music education, thus providing new pedagogical strategies adapted to the demands of the 21st century. Therefore, this research concludes that the incorporation of augmented reality in combination with binaural sound for university music education constitutes a highly innovative way to improve teaching-learning processes. However, its effective implementation requires overcoming technological barriers, optimizing its accessibility and developing adapted methodologies that allow its pedagogical potential to be fully exploited.

KEYWORDS

Binaural sound; Augmented reality; Educational technology; Educational innovation; University music education; Binaural sound; Educational innovation





1. INTRODUCCIÓN

La presente tesis doctoral, realizada por compendio de publicaciones, se centra en la exploración de las posibilidades pedagógicas de la tecnología en la Educación Musical universitaria a través de la combinación de dos recursos digitales: la realidad aumentada (RA) y el sonido binaural. De manera que el objetivo general de esta investigación es examinar el impacto de estas tecnologías en la enseñanza de la Educación Musical incluida en el plan de estudios del Grado en Educación Primaria.

Como abordaremos con posterioridad, ambas herramientas han demostrado un gran potencial para transformar las dinámicas tradicionales de la enseñanza-aprendizaje de esta disciplina universitaria, puesto que ofrecen nuevas formas de interacción, estimulan la creatividad y fomentan la participación activa por parte del alumnado (Rodríguez, 2024). Por tanto, en esta investigación se profundiza en cómo la integración y la combinación de estas tecnologías puede impactar positivamente en la comprensión y asimilación de contenidos curriculares, en la motivación del alumnado y en la innovación pedagógica en el ámbito universitario. Debemos tener en consideración que la Educación Musical universitaria se enfrenta al desafío constante de adaptarse a los cambios tecnológicos y culturales del siglo XXI (Cabrero-Almenara et al., 2022). De hecho, los métodos tradicionales de enseñanza, aunque efectivos en algunos contextos, presentan una serie de limitaciones para responder a las necesidades de las generaciones actuales de estudiantes, quienes crecen inmersos en un entorno digital e interactivo (Vidal, 2021). Por consiguiente, es en este contexto educativo-tecnológico donde la realidad aumentada y el sonido binaural representan una oportunidad única para enriquecer el proceso pedagógico.

La realidad aumentada es una tecnología que permite la superposición de información digital en el mundo físico por medio de diferentes soportes digitales como pueden ser los smartphones o las tablets (Cabrero-Almenara, 2020). De esta forma, la imagen aumentada crea experiencias interactivas que trascienden a las barreras de aprendizaje estático, es decir, “posibilita la creación de nuevos entornos inmersivos e interactivos de aprendizaje” (Montenegro-Rueda y Fernández-Cerero, 2022, p. 98). A modo de ejemplo, la visualización tridimensional de partituras o instrumentos musicales mediante aplicaciones específicas puede facilitar la comprensión de conceptos más complejos como la armonía, la estructura compositiva y la historia de la música.

Por su parte, el sonido binaural, una técnica de grabación y reproducción sonora que busca crear una experiencia de escucha tridimensional y realista para el oyente (Rodríguez,

2024), tiene la capacidad de proporcionar una experiencia auditiva-inmersiva al simular la forma en la que percibimos los sonidos en un espacio tridimensional (Wilson y Krishnan, 2005). Asimismo, es necesario indicar que para apreciar completamente este fenómeno acústico es necesario emplear una serie de medios de reproducción, como los auriculares binaurales, que nos permitan obtener una calibración y ecualización adecuadas para su apreciación completa. Tal y como se desarrollará más adelante, en los resultados de esta investigación, esta tecnología acústica enriquece la percepción del entorno sonoro y, a su vez, fomenta la atención y la escucha activa del alumnado universitario, dos aspectos clave en la formación musical.

Así, pues, en los apartados que siguen a esta memoria doctoral se presentarán las tres contribuciones académicas que conforman esta tesis, detallando sus objetivos, metodología y resultados, además de justificar su unidad temática. A lo largo de este recorrido se mostrará cómo la integración en el aula universitaria de la realidad aumentada y el sonido binaural permite superar las barreras tradicionales de la enseñanza musical y, al mismo tiempo, abrir nuevas posibilidades educativas para la formación de los futuros docentes. Igualmente, se analizarán los desafíos y perspectivas futuras que la combinación de ambas tecnologías plantea a la educación. Todo ello con la intención de ofrecer una visión más específica y fundamentada sobre su papel en el avance de la Educación Musical universitaria.

1.1. Presentación y objetivo de los trabajos

Tal y como hemos mencionado con anterioridad, esta investigación se compone de tres publicaciones científicas interrelacionadas que, si bien contienen cada una de ellas una serie de objetivos específicos, comparten un mismo proceso metodológico (Investigación-Acción) y una misma unidad temática; la combinación de estas tecnologías para transformar la enseñanza musical en ámbito universitario. De igual forma, el orden de su publicación y difusión en revistas científicas indexadas no ha sido un capricho del azar, pues cada una de ellas está definida de tal forma que aborda, en primer lugar, la realidad aumentada, en segundo lugar, el sonido binaural y, por último, la combinación de ambas herramientas (véanse contribuciones I, II y III del apartado Resultados globales):

- Estudio I

Rodríguez López, R. Ángel. (2024). Realidad Aumentada (RA): una nueva dimensión para la Educación Musical universitaria. *EDUCA. Revista Internacional para La Calidad Educativa*, 4(2), 217–238. <https://doi.org/10.55040/educa.v4i2.121>

- Estudio II

Rodríguez López, R. A. (2024). El sonido binaural en la educación musical universitaria: más allá de los límites auditivos tradicionales. *Etic@net. Revista científica electrónica de Educación y Comunicación en la Sociedad del Conocimiento*, 24(2), 477-498. <http://doi.org/10.30827/eticanet.v24i2.31342>

- Estudio III

Rodríguez López, R. Ángel. (2024). Educación Musical en 3D: la integración del sonido binaural y la realidad aumentada en el aula universitaria. *Aula De Encuentro*, 26(2), 254-273. <https://doi.org/10.17561/ae.v26n2.9155>

Este orden de publicación establecido de los trabajos responde a un principio pedagógico cuidadosamente diseñado cuya fundamentación se basa en la progresión, la secuenciación y la construcción de aprendizajes significativos. De este modo, este planteamiento busca garantizar que los participantes puedan comprender, de manera gradual y más profunda, las tecnologías inmersivas protagonistas de esta tesis doctoral. Así, en un primer estadio se presenta la realidad aumentada como tecnología (Estudio I). Este recurso se presenta, en primer lugar, debido a su carácter visual e interactivo que facilita la comprensión de conceptos abstractos al emplear representaciones tridimensionales. A continuación, se introduce el sonido binaural, que añade una dimensión auditiva-inmersiva al aprendizaje (Estudio II). Este recurso fomenta la escucha activa y consciente del alumnado, promoviendo su capacidad para percibir espacialmente los sonidos y, al mismo tiempo, enriqueciendo su experiencia educativa. Por último (Estudio III), la contribución que integra y combina ambas tecnologías en un contexto tridimensional e inmersivo.

Por tanto, se consolidan de mejor forma los aprendizajes previos y se promueve la creativa, el interés y la comprensión completa del contenido. Como hemos podido ver, esta progresión pedagógica asegura que cada tecnología sea explorada en profundidad antes de aplicarse de forma conjunta, lo que favorece una asimilación más efectiva y estructurada de los conocimientos por parte del alumnado.

Resumen de las contribuciones académicas publicadas

El primer estudio, enmarcado bajo el título, *Realidad Aumentada (RA): una nueva dimensión para la Educación Musical universitaria* publicado en la revista **EDUCA. Revista Internacional para la Calidad Educativa** (ISSN 2792-7660), explora las posibilidades pedagógicas de esta tecnología en el aula universitaria, concretamente, en el contexto de la asignatura de música del Grado de Educación Primaria. Así, este estudio tiene como objetivo principal emplear las características técnicas, digitales y pedagógicas de la realidad aumentada como herramienta didáctica para la apreciación y asimilación de contenidos específicos de la Educación Musical universitaria, entre ellos, el diseño del vinilo, el tocadiscos y su relación con la música jazz.

Para ello, los/as estudiantes utilizaron sus dispositivos móviles para acceder al diseño tridimensional, diseñado con los *softwares* Adobe Dimension y Adobe Aero, relacionado, como decimos, con el vinilo y su relación con la música jazz, con el cual podían interactuar en directo con cualquier elemento de las imágenes aumentadas. Así, en esta contribución se aprecia cómo la RA es una herramienta para visualizar y explorar elementos complejos de este género musical. A su vez, cabe indicar que la elección del contenido no es casual, ya que el jazz se encuentra incluido como tema específico en la guía docente de la asignatura y ocupa un lugar destacado en la historia de la música. Por ello, el diseño del vinilo y la evolución del tocadiscos permiten abordar de manera práctica y visual este contenido curricular, favoreciendo la contextualización histórica y técnica al mismo tiempo que promueve un aprendizaje más significativo y participativo.

Por su parte, el segundo estudio, titulado “*El sonido binaural en la Educación Musical universitaria: más allá de los límites auditivos tradicionales*”, publicado en la revista **Etic@net. Revista científica electrónica de Educación y Comunicación en la Sociedad del Conocimiento** (ISSN 1695-324X), muestra y expone las peculiaridades sonoras de la acústica binaural como herramienta para potenciar la escucha activa en los estudiantes universitarios, concretamente aquellos que cursan la asignatura de Educación Musical, fomentando así su capacidad de percepción espacial e inmersión auditiva. Y es que, gracias a las características técnicas y acústicas de este fenómeno auditivo, lo convierten en un instrumento fundamental para la mejora de la audición activa en el alumnado universitario.

Debemos tener en consideración que la vertiginosa evolución de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) trae consigo el desarrollo de nuevas formas de composición, producción y diseño sonoro que se han visto especialmente beneficiadas por las nuevas tecnologías. Por consiguiente, la elección del sonido binaural como recurso pedagógico para favorecer la escucha activa e inmersiva del alumnado universitario, de entre todos los recursos de audición que existen, se justifica por su capacidad para reproducir una experiencia sonora envolvente y realista, muy similar a la forma en la que el ser humano percibe los sonidos en un espacio tridimensional.

Así, pues, y con la intención de enriquecer la experiencia y captar la atención del propio alumnado, el estudio muestra cómo la Banda Sonora Original, producida y transformada de la escucha en estéreo al formato binaural, favorece una mayor conexión emocional con los contenidos musicales presentados. En definitiva, este estudio representa una contribución clave en el ámbito de la Educación Musical universitaria pues, entre otras cuestiones, muestra cómo el audio binaural actúa como un recurso pedagógico que transforma las dinámicas tradicionales de la escucha activa y, conjuntamente, promueve la integración de las habilidades tecnológicas y auditivas entre los/as estudiantes universitarios de música.

Por último, la tercera contribución a esta tesis doctoral, titulada, “*Educación Musical en 3D: la integración del sonido binaural y la realidad aumentada en el aula universitaria*”, publicada en la revista, **Aula De Encuentro** (ISSN 1137-8778), aborda la integración del sonido binaural y la realidad aumentada en la enseñanza musical universitaria con el objetivo de combinar ambas tecnologías y analizar su impacto en la comprensión de contenidos curriculares, la motivación del alumnado y la mejora de la experiencia de aprendizaje tridimensional e inmersivo. Así, esta investigación expone cómo los estudiantes, durante las sesiones propuestas, interactuaron con diseños tridimensionales en realidad aumentada mientras escuchaban grabaciones binaurales que simulaban una experiencia sonora inmersiva. Este nuevo enfoque permitió explorar la música jazz desde otra perspectiva, a través de una propuesta interactiva que combinaba recursos visuales y auditivos. La actividad incluía tanto la representación visual de una formación instrumental de jazz como la percepción auditiva tridimensional de sus piezas creando así un entorno educativo integral.

La elección de combinar estas tecnologías responde a la necesidad de ofrecer una experiencia de aprendizaje más dinámica y adaptada a las demandas tecnológico-educativas del siglo XXI. De este modo, la realidad aumentada proporcionó un soporte visual interactivo que facilitó la exploración, interactividad y contextualización de conceptos

históricos y musicales del jazz, mientras que el sonido binaural añadió una dimensión auditiva que enriqueció por completo la percepción espacial del alumnado. Este diseño educativo multidimensional, además, buscó transmitir el conocimiento y también potenciar la creatividad, la atención y la implicación activa de los estudiantes. Por tanto, este artículo representa la culminación de los hallazgos obtenidos en los dos estudios previos, demostrando, pues, cómo la asociación entre el sonido binaural y la realidad aumentada puede enriquecer significativamente el proceso de enseñanza-aprendizaje en la Educación Musical universitaria.

Método

Como hemos mencionado con anterioridad, los tres estudios que conforman esta tesis doctoral se caracterizan por estar enmarcados dentro de una metodología denominada Investigación-Acción (I-A). Este procedimiento metodológico se distingue por su naturaleza participativa y por su orientación hacia la identificación y mejora continua de las necesidades y procesos educativos mediante un diagnóstico inicial (Kemmis, 2006). En los tres casos, se optó por un enfoque cuantitativo que se justifica, por un lado, por la necesidad de obtener datos medibles y comparables sobre la percepción del alumnado en relación con las tecnologías presentadas y, por otro, por su capacidad a la hora de analizar la aceptación general de estos recursos en un contexto amplio de la educación superior que involucra a un gran número de participantes.

Descripción de los participantes

En total participaron 332 estudiantes universitarios del 1ºer. Curso del Grado de Educación Primaria de la Universidad de Málaga (Facultad de Educación), distribuidos en los seis grupos (A, B, C, D, E y F) de la asignatura de Educación Musical. De forma 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). La muestra permitió obtener una visión amplia y representativa del impacto de ambas tecnologías en la formación universitaria.

Instrumentos utilizados

Para la recopilación de datos se diseñaron **cuestionarios *ad hoc*** –pretest y postest– adaptados a cada estudio. Todos ellos estaban compuestos por preguntas de respuesta corta y opción múltiple y fueron formulados a través de la plataforma *Google Forms*, lo que permite a los participantes seleccionar o posicionarse ante una serie de respuestas (Nadler et al., 2015; Matas, 2018). Además, estuvieron validados previamente por un grupo de expertos en educación tecnológica en el contexto universitario e, igualmente, se realizó una prueba piloto previa para asegurar su fiabilidad, el correcto funcionamiento de las aplicaciones y su adecuación en el contexto universitario. Así, los cuestionarios utilizados permitieron recoger suficientes datos cuantitativos que proporcionaran una visión precisa de las percepciones y experiencias del alumnado respecto a la investigación.

El empleo y enfoque característico de este método de investigación se fundamenta en la formulación de diversos tipos de preguntas y facilita la comparación entre las respuestas obtenidas. Esto permite, a su vez, identificar y seleccionar las más significativas para esta investigación (Tourón et al., 2023), con el propósito de llevar a cabo un análisis detallado y preciso de las percepciones del alumnado tras su participación en las actividades diseñadas.

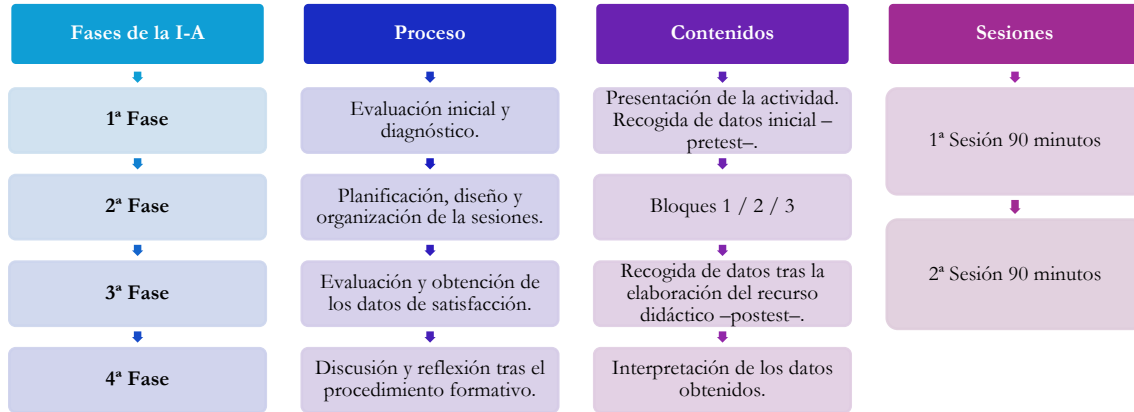
Fases generales de la investigación

A nivel general, el diseño de la investigación se estructuró en tres bloques constituidos por cuatro fases cada uno de ellos que, en su desarrollo, dan forma consistente a los tres estudios de esta tesis doctoral (véase Tabla 1):

- ***Bloques***
 - Bloque 1: *El Sonido binaural: qué es, qué implica, para qué se utiliza y cómo se diseña.*
 - Bloque 2: *La Realidad Aumentada: qué es, para qué sirve, cómo se crea y en qué se diferencia de la Realidad Virtual y el Metaverso.*
 - Bloque 3: *Realidad Aumentada y Sonido Binaural: una combinación audiovisual. Propuesta de diseño educativo para la Educación Musical universitaria.*

• **Fases**

Tabla 1. Fases, proceso, contenidos y número de sesiones



Elaboración propia.

Como podemos observar, la tabla resume las fases en las que se ha llevado a cabo cada uno de los tres bloques anteriormente propuestos, detallando, además, el proceso, los contenidos del trabajo y la duración de las sesiones correspondientes a cada fase.

- Fase 1. *Evaluación inicial y diagnóstico*

En esta fase se introduce la actividad educativa al alumnado (correspondiente a cada bloque) y se recoge la información inicial (cuestionario pretest) para recabar datos sociodemográficos y evaluar sus conocimientos previos. Esta fase se desarrolla durante la primera sesión de 90 minutos.

- Fase 2. *Planificación, diseño y organización*

Aquí, se organiza y se realiza la actividad en bloques temáticos estructurados de tal forma que los/as estudiantes puedan experimentar y trabajar con el recurso educativo (sonido binaural, realidad aumentada o la combinación de ambas). Para acceder a los recursos y actividades se facilitaron una serie de códigos QR para su instalación y descarga. Esta etapa también se lleva a cabo durante la primera sesión de 90 minutos, dependiendo del ritmo y las necesidades del grupo.

- Fase 3. *Evaluación y obtención de los datos de satisfacción*

Se recogen los datos posteriores a la actividad educativa diseñada para evaluar el impacto en el aprendizaje del alumnado. De este modo, se aplican los cuestionarios finales (postest) para analizar la experiencia educativa, las percepciones y los resultados obtenidos tras el uso del recurso didáctico. Esta fase tiene lugar en la segunda sesión de 90 minutos.

- Fase 4. *Discusión y reflexión tras el procedimiento formativo*

Se lleva a cabo un análisis profundo de los datos obtenidos para reflexionar sobre los logros y limitaciones del recurso implementado. En este sentido, se interpretan los resultados obtenidos en los cuestionarios, identificando aspectos clave que permitan mejorar la aplicación de estas tecnologías en futuras intervenciones. Esta fase tiene lugar fuera de las sesiones establecidas.

1.2. **Justificación de la unidad temática**

La elección de la unidad temática que subyace en los estudios que conforman esta investigación responde a la necesidad de explorar las posibilidades pedagógicas de las nuevas tecnologías que contribuyen a transformar las dinámicas de la enseñanza-aprendizaje en la Educación Musical universitaria. En este sentido, la combinación de ambas tecnologías responde a las demandas educativas actuales y, al mismo tiempo, refleja un esfuerzo por integrar este tipo de recursos que favorezcan en el aprendizaje inmersivo, interactivo y significativo en un contexto de rápida evolución tecnológica.

La realidad aumentada y el sonido binaural representan tecnologías complementarias que ofrecen perspectivas únicas para enriquecer el proceso educativo en la enseñanza musical. Por una parte, la imagen aumentada permite al alumnado interactuar con elementos visuales tridimensionales que facilitan, de algún modo, la comprensión de conceptos abstractos y su constitución histórica y práctica. Por otra, el sonido binaural, con su gran capacidad de recrear experiencias auditivas tridimensionales, fomenta la escucha activa, la atención y la inmersión sensorial, aspectos clave en la formación musical. Por tanto, integrar ambas tecnologías en el aula universitaria, a lo largo de los tres estudios, no solo amplifica

sus beneficios individuales, también crea un entorno multisensorial que potencia la motivación, la creatividad y la asimilación de contenidos curriculares.

De igual forma, la unidad temática de esta investigación se justifica, a su vez, por la coherencia con los objetivos y contenidos de la Educación Musical universitaria, ya que entre sus fines se encuentra el desarrollo competencias transversales, tecnológicas y creativas en el alumnado. Así, los contenidos abordados en cada estudio –como la música jazz y el diseño del vinilo– han sido seleccionados cuidadosamente para alinearse con los temas específicos de la asignatura, garantizando de esta manera, la pertinencia curricular de la investigación. Además, estos contenidos permiten reflexionar sobre la importancia de conectar las tecnologías más actuales con el patrimonio cultural y artístico.

Asimismo, desde un punto de vista metodológico, se ha comprobado cómo la elección de esta unidad temática permite implementar un diseño progresivo, donde cada tecnología se introduce de manera gradual y complementaria. Por consiguiente, el método facilita al alumnado la adquisición de un dominio paulatino de cada recurso antes de acceder a la experiencia educativa tridimensional e inmersiva que conlleva la combinación de ambas tecnologías. Así, pues, los tres estudiosos, aunque autónomos en su diseño y objetivos específicos, esta interrelacionados a través de una visión común que aborda cómo estas herramientas pueden transformar la Educación Musical universitaria desde una nueva perspectiva adaptada a los retos –tecnológico-educativos– del siglo XXI.

1.3. Estado de la cuestión

El marco teórico de esta tesis doctoral se apoya en investigaciones previas que han explorado estas tecnologías aplicadas al ámbito educativo, especialmente en lo referente a la realidad aumentada, el sonido binaural y su combinación. A continuación, se describe de forma precisa el estado de la cuestión para cada una de las áreas abordadas en los tres estudios.

Realidad aumentada en la Educación Musical

La realidad aumentada ha sido objeto de numerosos estudios que analizan su aplicabilidad y beneficios en el ámbito educativo, tanto a nivel nacional como internacional. Bacca et al. (2014) llevaron a cabo una revisión sistemática en la que evidenciaron la capacidad de la RA para enriquecer las dinámicas de enseñanza-aprendizaje, al fomentar una experiencia interactiva y personalizada para el alumnado. De manera similar, Barroso y Gallego (2016)

analizaron el impacto de la RA en la educación superior, concluyendo que su implementación mejora significativamente la comprensión de conceptos complejos y motiva al alumnado a participar activamente en el proceso formativo.

En el contexto de la educación universitaria, los estudios de Cabero y García (2016) han proporcionado una base teórica sólida al explorar desde los fundamentos conceptuales de la RA hasta la construcción de entornos tridimensionales específicos para diferentes disciplinas educativas. Su investigación destaca cómo la RA puede superar las limitaciones de los recursos educativos tradicionales mediante la creación de experiencias inmersivas. Por su parte, Cabero y Puentes (2020) analizaron las características, percepciones y usos de la RA en diversos contextos educativos, destacando su potencial para la innovación pedagógica en disciplinas como la música. Cabe señalar que esta tecnología ha sido aplicada en distintos niveles y entornos educativos (Cabero y Fernández, 2018; Cabero y García, 2016; Cabero et al., 2018; Silva-Díaz et al., 2024), pero es en la educación universitaria donde ha adquirido un papel especialmente transformador.

Otros trabajos relevantes incluyen las investigaciones de Villalustre y del Moral (2016), quienes documentaron experiencias interactivas con realidad aumentada en el aula, y de Montenegro-Rueda y Fernández-Cerezo (2022), quienes abordaron específicamente su implementación en la educación superior. Además, Higaldo-Cajo et al. (2021) analizaron la RA como recurso de apoyo en el proceso de enseñanza-aprendizaje, mientras que Maquilón Sánchez (2017) examinó su capacidad para fomentar propuestas de innovación educativa. Estas contribuciones teóricas no solo contextualizan la tecnología en el ámbito educativo, sino que también justifican su implementación en esta investigación, especialmente al abordar contenidos específicos como el diseño del vinilo y su relación con la música jazz.

Sonido binaural y su aplicabilidad educativa

En lo referente al sonido binaural, la literatura existente se ha centrado principalmente en sus características técnicas y acústicas (Boren 2018; Roginska, 2018; Stephan, 2009; Stecker y Gallun, 2012; Torres, 2009; Wenzel et al., 2018; Wilson y Krishnan, 2005), lo que proporciona una base sólida para su aplicación en la Educación Musical. El trabajo de Torres (2009) destacó la experiencia del sonido binaural en la publicidad sonora, explorando cómo este recurso permite generar una percepción espacial inmersiva para captar la atención del oyente. Rodríguez (2011), por su parte, analizó el sonido binaural y lo distinguió del sonido holofónico, subrayando su capacidad para recrear espacios acústicos tridimensionales

mediante principios psicoacústicos avanzados. Una referencia clave es el estudio de Roginska y Geluso (2017), quienes describieron con precisión los métodos de grabación, edición y análisis del sonido binaural, lo que ha permitido avanzar en su uso tanto en el ámbito técnico como en aplicaciones educativas. Además, la investigación de Vechiatti et al. (2019) abordó el desarrollo de sistemas holofónicos para registrar y analizar parámetros acústicos, destacando cómo este tipo de tecnologías puede enriquecer la experiencia auditiva.

Sin embargo, y a pesar de estas contribuciones, son escasos los estudios que implementan el sonido binaural como un recurso didáctico en la Educación Musical universitaria. Este vacío teórico es relevante para esta tesis que busca explorar cómo el sonido binaural puede fomentar la escucha activa, la atención y la inmersión sensorial en el alumnado, aspectos clave para su desarrollo competencial en el ámbito musical.

Combinación de realidad aumentada y sonido binaural

La combinación de la realidad aumentada y el sonido binaural como herramientas pedagógicas integradas representa un área de investigación aún poco explorada, lo que confiere a esta tesis un carácter novedoso e innovador. Estudios previos han analizado los beneficios de cada tecnología por separado, como los trabajos de Cabero y García (2016), Cabero et al. (2018) y Silva-Díaz et al. (2024) en el caso de la realidad aumentada, y los de Torres (2009), Rodríguez (2011) y Roginska y Geluso (2017) en el caso del sonido binaural. Sin embargo, son muy escasas las investigaciones que integren ambas herramientas en un enfoque tridimensional e inmersivo que enriquezca la enseñanza musical universitaria.

La investigación de Silva-Díaz et al. (2024) señala la importancia de combinar tecnologías educativas para promover experiencias educativas más dinámicas y motivadoras, aunque no aborda específicamente su aplicación en el ámbito musical. Por ello, este tercer estudio de la tesis busca cubrir ese vacío, demostrando cómo la sinergia entre la imagen aumentada y el sonido binaural puede transformar las prácticas pedagógicas tradicionales, al proporcionar un entorno de aprendizaje multisensorial, inmersivo y significativo.

En conjunto, los estudios revisados destacan el potencial de la realidad aumentada y el sonido binaural como recursos esenciales en el ámbito educativo. No obstante, esta tesis propone una contribución original al integrar ambas tecnologías como una única herramienta pedagógica que combina lo visual y lo auditivo en la enseñanza musical universitaria. De este modo, la investigación, además de aportar al avance del conocimiento científico también



responde a las demandas de innovación educativa en un mundo caracterizado por la constante evolución tecnológica.







2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para exponer los resultados y la discusión de esta tesis doctoral se incluyen los artículos en su versión final, tal como fueron enviados a las revistas en las que han sido publicadas. De esta forma, pueden consultarse directamente en esta memoria o a través de los enlaces DOI y Handle habilitados para ello.



ESTUDIO I

Rodríguez López, R. Ángel. (2024). Realidad Aumentada (RA): una nueva dimensión para la Educación Musical universitaria. *EDUCA. Revista Internacional Para La Calidad Educativa*, 4(2), 217–238. <https://hdl.handle.net/10630/36036> / <https://doi.org/10.55040/educa.v4i2.121>

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

Resumen

La tecnología ha transformado profundamente el panorama educativo universitario en la última década desarrollando herramientas y recursos que enriquecen la enseñanza-aprendizaje. Entre ellas, la realidad aumentada (RA) se destaca como una tecnología emergente que combina elementos virtuales con el entorno físico, creando experiencias interactivas y enriquecidas. Este estudio, enmarcado en una investigación-acción, explora la aplicabilidad de la RA en la educación musical universitaria específicamente en la asignatura de Educación Musical del Grado de Educación Primaria. Se desarrollaron sesiones prácticas donde los estudiantes interactuaron con contenidos de música jazz a través de RA, evaluando así la experiencia educativa mediante cuestionarios pre y post intervención. En las sesiones, los estudiantes utilizaron sus dispositivos móviles para acceder a diseños tridimensionales relacionados con la música jazz. Los datos obtenidos del primer cuestionario revelan un conocimiento limitado y confuso sobre la RA entre los participantes, mientras que el postest muestra una mejora significativa en la comprensión y apreciación de los contenidos musicales tras la intervención. Los resultados indican que la RA facilita la comprensión y asimilación de contenidos musicales, además de incrementar el interés y la participación del alumnado. Al mismo tiempo, la RA demuestra ser una herramienta eficaz para captar la atención de los estudiantes y hacer el aprendizaje más dinámico y atractivo. La implementación de esta tecnología en la educación musical universitaria presenta un gran potencial para innovar las prácticas pedagógicas y mejorar la calidad del aprendizaje.

Palabras clave: realidad aumentada; educación musical; innovación educativa; tecnologías educativas; educación universitaria.

Abstract

Technology has profoundly transformed the university educational landscape in the last decade by developing tools and resources that enrich teaching-learning. Among them, augmented reality (AR) stands out as an emerging technology that combines virtual elements with the physical environment, creating interactive and enriched experiences. This study, framed within an action-research framework, explores the applicability of AR in university music education, specifically in the subject of Music Education in the Primary Education Degree. Practical sessions were developed where students interacted with jazz music content through AR, evaluating the educational experience through pre- and post-intervention questionnaires. In the sessions, students used their mobile devices to access three

dimensional designs related to jazz music. The data obtained from the first questionnaire reveal limited and confused knowledge about AR among the participants, while the post-test shows a significant improvement in the understanding and appreciation of musical content after the intervention. The results indicate that AR facilitates the understanding and assimilation of musical content, as well as increasing students' interest and participation. At the same time, AR proves to be an effective tool for capturing students' attention and making learning more dynamic and engaging. The implementation of this technology in university music education has great potential to innovate pedagogical practices and improve the quality of learning.

Keywords: augmented reality; music education; educational innovation; educational technologies; higher education.



ESTUDIO II

Rodríguez López, R. A. (2024). El sonido binaural en la educación musical universitaria: más allá de los límites auditivos tradicionales. *Etica@net. Revista científica electrónica de Educación y Comunicación en la Sociedad del Conocimiento*, 24(2), 477-498. <https://hdl.handle.net/10630/36039> / <https://dx.doi.org/10.30827/eticanet.v24i2.31342>

Resumen

Con el rápido desarrollo de las Tecnologías de la Información y la Comunicación, la composición, la producción y el diseño sonoro se han visto especialmente beneficiados como recursos didácticos para enseñanza musical universitaria. Es en este contexto músico educativo donde emana un procedimiento sonoro que, gracias a sus características técnicas y acústicas, se convierte en un instrumento fundamental para la mejora de la audición activa en el alumnado universitario, el sonido binaural. En este sentido, el objetivo principal de esta investigación es el de aprovechar las peculiaridades sonoras del sonido binaural como herramienta para potenciar la escucha activa en los estudiantes universitarios. Para ello, esta investigación-acción se aborda a partir de un método cuantitativo basado en la técnica de recogida de información a través de diferentes cuestionarios –pre y postest–, realizados por un total de 332 estudiantes universitarios que cursan la asignatura de Educación Musical en el Grado de Educación Primaria de la Universidad de Málaga. Los resultados revelan el potencial de este fenómeno auditivo para enriquecer la experiencia sonora y promover una escucha más activa y consciente.

Abstract

With the rapid development of Information and Communication Technologies, composition, production and sound design have been especially benefited as didactic resources for university music teaching. It is in this musical-educational context where emanates a sound procedure that, thanks to its technical and acoustic characteristics, becomes a fundamental instrument for the improvement of active listening in university students, the binaural sound. In this sense, the main objective of this research is to take advantage of the sound peculiarities of binaural sound as a tool to enhance active listening in university students. For this purpose, this action-research is approached from a quantitative method based on the technique of collecting information through different questionnaires -pre and posttest-, carried out by a total of 332 university students taking the subject of Music Education in the Degree of Primary Education at the University of Malaga. The results reveal the potential of this auditory phenomenon to enrich the sound experience and promote a more active and conscious listening.

Palabras Clave: Sonido binaural, Educación musical universitaria; Escucha activa; Tecnología musical.



ESTUDIO III

Rodríguez López, R. Ángel. (2024). Educación Musical en 3D: la integración del sonido binaural y la realidad aumentada en el aula universitaria. *Aula De Encuentro*, 26(2), 254-273. <https://hdl.handle.net/10630/36163> / <https://doi.org/10.17561/ae.v26n2.9155>

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 postest. 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 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.*



3. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Aunque los resultados obtenidos en esta investigación demuestran el alto potencial pedagógico de la realidad aumentada y el sonido binaural en la Educación Musical universitaria –tanto en su versión conjunta como individual–, su implementación en el aula también ha dejado entrever una serie de limitaciones que es necesario exponer aquí para garantizar su efectividad y adopción generalizada.

En primer lugar, una de las principales barreras que se han identificado durante la puesta en práctica de los recursos tecnológicos es la incapacidad de muchos dispositivos, algunos de ellos de última generación, para reproducir correctamente los diseños tridimensionales utilizados en las actividades. De hecho, este problema, fue señalado por un 40,4% de los encuestados, quienes indicaron que, aunque la realidad aumentada y el sonido binaural pueden enriquecer significativamente las dinámicas de enseñanza-aprendizaje, su efectividad depende en gran medida de la disponibilidad de dispositivos compatibles y de alta calidad. Entre los factores más influyentes destacan el modelo, el año y el estado del smartphone, así como la calidad de los auriculares. Por tanto, este dato refuerza las conclusiones de Vechiatti et al. (2019), quienes destacaron que el éxito en la implementación de tecnologías inmersivas está intrínsecamente relacionado con la infraestructura tecnológica disponible. Así, pues, es fundamental considerar otras estrategias que garanticen el acceso equitativo a dispositivos adecuados, especialmente en contextos donde las limitaciones económicas puedan restringir su uso.

Otro desafío importante es la sincronización del sonido binaural con la imagen en 3D, una problemática recurrente en las actividades que combinaron ambas tecnologías. La desincronización entre las dimensiones auditiva y visual puede afectar la inmersión y la experiencia de aprendizaje del alumnado, limitando el impacto educativo de estas herramientas. Este aspecto técnico requiere un enfoque más riguroso en el diseño y la implementación de los recursos tecnológicos. Debemos asegurar que ambas dimensiones operen de manera armoniosa para proporcionar una experiencia educativa inmersiva y coherente.

Además, las dificultades de conectividad representan otro obstáculo significativo. La dependencia de redes estables y de alta velocidad para ejecutar aplicaciones de realidad aumentada y audio binaural de manera fluida es una limitación que afecta no solo a los entornos educativos con recursos limitados, sino también a contextos urbanos donde las

infraestructuras tecnológicas pueden ser insuficientes. De forma más específica, durante el estudio se identificaron problemas de conexión tanto a la red wifi como de la propia red móvil de los dispositivos. En estos casos, una cobertura insuficiente traía problemas para la representación del diseño completo. Este desafío pone de manifiesto la necesidad de diseñar soluciones tecnológicas que no dependan exclusivamente de la conectividad en tiempo real o que sean más robustas frente a las interrupciones.

Otro aspecto que considerar es la curva de aprendizaje asociada al uso de estas tecnologías, tanto para el alumnado como para el profesorado. Mientras que los estudiantes pueden mostrar entusiasmo al interactuar con estas herramientas, la falta de familiaridad inicial con las mismas puede generar frustración y requerir un tiempo adicional para su correcta adopción. Asimismo, el profesorado, como principal mediador en el proceso educativo, necesita formación especializada para integrar eficazmente estas tecnologías en su práctica pedagógica. Por ende, este aspecto subraya la importancia de desarrollar programas de capacitación docente que aborden tanto los aspectos técnicos como los pedagógicos del uso de tecnologías inmersivas.

Finalmente, aunque esta investigación confirma el alto potencial educativo de la combinación entre la realidad aumentada y el sonido binaural (45,5%), también evidencia la necesidad de proponer otro punto de vista que contemple tanto los aspectos pedagógicos como las limitaciones tecnológicas. La implementación de estas herramientas en el ámbito universitario debe ir acompañada de estrategias que aseguren su sostenibilidad, equidad y adaptabilidad. Esto incluye desde la inversión en infraestructura tecnológica hasta el desarrollo de materiales educativos más accesibles y la promoción de políticas que garanticen la inclusión de todo el alumnado, independientemente de sus circunstancias.

Como decimos, aunque la propuesta didáctica tridimensional presentada en esta investigación constituye un avance significativo en la enseñanza musical universitaria, los desafíos tecnológicos y pedagógicos identificados subrayan la necesidad de seguir trabajando en la mejora y optimización de estas herramientas. Abordar estas limitaciones será clave para garantizar que las tecnologías inmersivas puedan cumplir su promesa de transformar las dinámicas educativas y ofrecer experiencias de aprendizaje verdaderamente inclusivas.





4. CONCLUSIONES

Como se ha expuesto en líneas anteriores, esta tesis doctoral pone de manifiesto cómo las nuevas tecnologías, en particular la realidad aumentada y el sonido binaural, tienen la capacidad de transformar las dinámicas pedagógicas de la enseñanza-aprendizaje en la Educación Musical universitaria. A través de tres estudios interrelacionados se han analizado y puesto en práctica estas tecnologías desde una perspectiva tanto individual como en su integración combinada. De esta forma, se constata tanto su alto potencial educativo como las barreras que aún deben superarse para lograr su adopción efectiva completa y sin interrupciones. Por todo ello, las conclusiones de esta investigación destacan las oportunidades que estas herramientas ofrecen y, a su vez, plantean un marco de reflexión sobre las condiciones necesarias para su implementación viable, equitativa y accesible en el aula universitaria.

En primer lugar, los resultados sobre la realidad aumentada subrayan su capacidad para captar la atención del alumnado y facilitar la comprensión de conceptos complejos mediante representaciones visuales e interactivas. La integración de esta tecnología en actividades educativas, como la historia de la música jazz representada a través del vinilo y el tocadiscos, demuestra ser eficaz para motivar al alumnado y enriquecer su aprendizaje. No obstante, tal y como se pueden observar en la publicación de los tres estudios, la investigación también revela una limitada familiaridad inicial con esta tecnología entre los estudiantes, lo que pone de relieve la necesidad de una formación previa que permita maximizar su aprovechamiento.

En esta misma línea, a lo largo del estudio se identificaron obstáculos técnicos significativos, como la incompatibilidad de ciertos dispositivos para reproducir diseños tridimensionales, una barrera señalada por un 40,4% de los participantes. Estos desafíos técnicos, junto con la necesidad de actividades pedagógicas cuidadosamente diseñadas, son aspectos clave para garantizar la aplicabilidad y el éxito de la de la realidad aumentada en el aula universitaria. A pesar de estas limitaciones, la investigación evidencia diversos beneficios educativos, como el incremento del interés por la actividad, una mayor claridad en la adquisición de conocimientos y una mejor asimilación de los contenidos musicales. En consecuencia, los resultados obtenidos confirman el valor de la realidad aumentada como un recurso altamente eficaz para facilitar, como decimos, el aprendizaje de conceptos, potenciar la implicación del alumnado y, no menos importante, enriquecer la enseñanza de la Educación Musical universitaria.



Por su parte, el sonido binaural ha demostrado ser una herramienta tan efectiva como la realidad aumentada, aunque en este caso, centrada en fortalecer la escucha activa y la inmersión auditiva del alumnado. Así, se constata cómo este recurso auditivo que recrea una percepción tridimensional del sonido permite enriquecer la experiencia educativa al añadir una capa sensorial-auditiva que trasciende los métodos tradicionales de enseñanza enfocados en la escucha activa. Sin embargo, el estudio ha puesto de relieve una brecha importante entre el conocimiento teórico y la práctica educativa en relación con este fenómeno sonoro. Aproximadamente el 40% del alumnado desconocía inicialmente el concepto de sonido binaural, a pesar de la prevalencia de tecnologías de escucha envolvente en contextos contemporáneos, como el cine, los medios de comunicación e, incluso, las redes sociales.

De forma que, a través de las actividades prácticas de escucha diseñadas, los estudiantes lograron identificar y discriminar una serie de características específicas del sonido binaural, tales como; la percepción tridimensional del sonido, la localización espacial en un entorno de 360°, la separación auditiva de fuentes sonoras, la sensación de realismo e inmersión, la propia diferencia entre el sonido estéreo y binaural y el efecto de proximidad y distancia dependiendo de cómo han sido grabados y procesados los sonidos en formato binaural. Por consiguiente, esto sugiere que la experiencia directa con esta tecnología puede cerrar esa brecha y potenciar una mayor apreciación de sus cualidades únicas.

No obstante, también se identificaron retos técnicos, como la falta de sincronización entre el sonido binaural y los elementos visuales tridimensionales, así como problemas relacionados con la conectividad, la accesibilidad de los dispositivos necesarios y, en particular, el modelo de los auriculares. Estos últimos, según sus características (cerrados, abiertos, con cancelación de ruido o de respuesta en frecuencia limitada, entre otras), influyeron directamente en la calidad de la percepción binaural, determinando así el grado de inmersión y la precisión en la localización espacial del sonido. Esta variabilidad en los dispositivos utilizados por el alumnado evidenció la necesidad de estandarizar el equipamiento o proporcionar recomendaciones específicas para garantizar una experiencia auditiva óptima y uniforme en contextos educativos.

El tercer estudio, que combinó la realidad aumentada y el sonido binaural en un entorno tridimensional, representa la culminación de los hallazgos previos al integrar las fortalezas de ambas tecnologías. Aquí, se demuestra que este nuevo entorno audiovisual fue particularmente valorado por el alumnado, con un alto porcentaje de participantes destacando la calidad gráfica, la sincronización del audio y la interactividad del diseño



tridimensional como factores clave para su efectividad pedagógica. Los resultados obtenidos afirman que esta combinación, además de incrementar la motivación y el interés del alumnado, también mejora su comprensión y asimilación de contenidos musicales. Sin embargo, el estudio también revela que el 97% de los estudiantes no había tenido experiencias previas con estas tecnologías combinadas, lo que sugiere un terreno inexplorado y con alto potencial para la innovación educativa universitaria. Sin lugar a duda, estos hallazgos refuerzan la necesidad de seguir investigando en cómo integrar de manera efectiva las tecnologías visuales y auditivas inmersivas en el ámbito de la educación superior.

A pesar de las oportunidades identificadas, esta investigación también recalca la importancia de abordar las limitaciones tecnológicas y pedagógicas que aún persisten. Entre ellas, la falta de infraestructuras adecuadas, la necesidad de dispositivos compatibles y la capacitación insuficiente de estudiantes y docentes para manejar estas herramientas representan desafíos significativos. Por lo tanto, garantizar la sostenibilidad de estas propuestas educativas implica una inversión en tecnología y nuevo un enfoque que integre y contemple la formación docente, el diseño de actividades accesibles y la reducción de barreras económicas y tecnológicas.

Cabe añadir, en términos metodológicos, que el empleo de la Investigación-Acción utilizado en los tres estudios ha sido fundamental para reflexionar sobre las posibilidades y desafíos de estas tecnologías en contextos reales. De modo que permitió evaluar el impacto inmediato de las actividades y, conjuntamente, proporcionó una estructura para identificar áreas de mejora y ajustar las intervenciones a las necesidades del alumnado. La participación activa de los estudiantes en este proceso fue clave para garantizar la relevancia y efectividad de las actividades diseñadas.

En suma, esta tesis doctoral representa un avance significativo en el campo de la Educación Musical universitaria al demostrar cómo la realidad aumentada y el sonido binaural, tanto de manera individual como combinada, pueden enriquecer las prácticas pedagógicas y ofrecer una experiencia educativa más inmersiva, interactiva y motivadora. Aunque persisten retos importantes, los hallazgos de esta investigación confirman el potencial transformador de estas tecnologías y establecen un punto de partida para futuras investigaciones que profundicen en su impacto y aplicación en otros contextos educativos. Por lo tanto, este trabajo además de aportar al conocimiento científico plantea una reflexión crítica sobre las condiciones necesarias para garantizar que las nuevas tecnologías emergentes puedan cumplir su promesa de transformar la educación y adaptarla a las demandas del siglo XXI.





RECURSOS BIBLIOGRÁFICOS DESTACADOS

- Abdullayev, A. (2020). System Of Information and communication Technologies in the education. *Science and Wordword*, 2, 753. <https://doi.org/10.1136/bmj.2.4220.753-b>
- Adams Becker, S., Brown, M., Dahlstrom, E., Davis, A., DePaul, K., Díaz, V. y Pomerantz, J. (2018). *NMC Horizon Report: 2018 Higher Education Edition*. EDUCAUSE. <https://library.educause.edu/~media/files/library/2018/8/2018horizonreport.pdf>
- Aghaee, N., Hansson, H., Tedre, M., y Drougge, U. (2014). Learners' Perceptions on the Structure and Usefulness of e-Resources for the Thesis Courses. *European Journal of Open, Distance and E-Learning*, 17, 154 - 171. <https://doi.org/10.2478/eurodl-2014-0011>
- Akçayır, M. y Akçayır, G. (2017). Advantages and challenges associated with augmented reality for education: a systematic review of the literature. *Educational Research Re-view*, 20, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.edu.rev.2016.11.002>
- Alexander, B., Ashford-Rowe, K., Barajas-Murphy, N., Dobbin, G., Knott, J., McCormack, M., Pomerantz, J., Seilhamer, R., y Weber, N. (2019). *EDUCAUSE Horizon Report*. EDUCAUSE
- Bacca, J., Baldiris, S., Fabregat, R., Graf, S., y Kinshuk. (2014). Augmented Reality Trends in Education. *A Systematic Review of Research and Applications. Educational Technology & Society*, 17 (4), 133-149.
- Boren, B. (2018). History of 3D sound. En A. Roginska y P. Geluso (Eds.), *Immersive Sound: The Art and Science of Binaural and Multi-Channel Audio* (pp.40-62). Routledge
- Brown, M., McCormack, M., Reeves, J., Brooks, D. C., Grajek, S., Alexander, B., Bali, M., Bulger, S., Dark, S., Engelbert, N., Gannon, K., Gauthier, A., Gibson, D., Gibson, R., Lundin, B., Veletsianos, G., y Weber, N. (2020). *2020 EDUCAUSE Horizon Report: Teaching and Learning Edition*. EDUCAUSE. 236
- Cabero Almenara, J., Valencia-Ortiz, R. y Llorente-Cejudo, C. (2022). Ecosistema de tecnologías emergentes: realidad aumentada, virtual y mixta. *Tecnología, Ciencia y Educación*, 23, 7-22. <https://doi.org/10.51302/tce.2022.1148>
- Cabero Almenara, J., Vázquez-Cano, E., López Meneses, E. y Jaén Martínez, A. (2020). Formative possibilities of augmented technology. A diachronic study in university scenarios. *Revista Complutense de Educación*, 31(2), 142-152. <https://doi.org/10.5209/rced.61934>
- 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>



- 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>
- Cabero Almenara, J., y Puentes Puentes, A. (2020). La Realidad Aumentada: tecnología emergente para la sociedad del aprendizaje. *AULA, Revista de Humanidades y Ciencias Sociales*, 66 (2), 35-51 <https://doi.org/10.33413/aulahcs.2020.66i2.138>
- Cabero, J. y García, F. (Coords.) (2016). *Realidad aumentada. Tecnología para la formación*. Síntesis.
- Cabero, J., De la Honras, I. y Sánchez, J. M. (Coords.) (2018). *La Realidad aumentada como herramienta educativa. Aplicación a la Educación Infantil, Primaria, Secundaria y Bachillerato*. Pirámide
- 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.
- Calderon-Garrido D., Carrera X. y Gustems-Carnicer J. (2021). La presencia de las TIC en las asignaturas de música de los Grados de Maestro: un análisis de los planes docentes. *Revista Electrónica Complutense de Investigación en Educación Musical - RECIEM*, 18, 127-138. <https://doi.org/10.5209/reciem.64882>
- 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>
- 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>
- de Pablos Pons, J. (2018). Las tecnologías digitales y su impacto en la Universidad. Las nuevas mediaciones. *RIED-Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 21(2), 83–95. <https://doi.org/10.5944/ried.21.2.20733>



- Gimeno, C.; Sánchez-Azqueta, C.; Celma, S. y Aldea, C. (2016). Electrónica enREDada: An experience with a webinar program. En 2nd. International conference on higher education advances (HEAD'16). *Editorial Universitat Politècnica de València*. 78-83. <https://doi.org/10.4995/HEAD16.2015.2552>
- González-Pérez, A. (2016). Innovación tecnológica en la creación de recursos educativos. En J.A. Camisión, S. Soriano, L. Chano, J. Díaz (Eds.), *Experiencias de Innovación Docente En Los Estudios Jurídicos: Una Visión Práctica* (pp. 9–14). Servicio Publicaciones UEX. <https://bit.ly/3lTa50z>
- Higaldo-Cajo, B., Hidalgo-Cajo, D., Montenegro-Chanalata, M. y Hidalgo-Cajo, I. (2021). Realidad aumentada como recurso de apoyo en el proceso enseñanza- aprendizaje. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 24(3), 43-55. <https://doi.org/10.6018/reifop.465451>
- Joo Nagata, J., Martínez Abad, F., & García-Bermejo Giner, J. R. (2017). Realidad Aumentada y Navegación Peatonal Móvil con contenidos Patrimoniales: 237Percepción del aprendizaje. *RIED-Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 20(2), 93–118. <https://doi.org/10.5944/ried.20.2.17602>
- Kemmis, S. (2006). Participatory action research and the public sphere. *Educational Action Research*, 14(4), 459-476. <https://doi.org/10.1080/09650790600975593>
- LaValle, S. M. (2017). *Virtual Reality*. Cambridge University Press. Maquilón Sánchez, J.J., Mirete Ruiz, A.B. y Avilés Olmos, M. (2017). La Realidad Aumentada (RA). Recursos y propuestas para la innovación educativa. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 20(2), 183-203. <http://dx.doi.org/10.6018/reifop.20.1.290971>
- López Melgarejo, A. M., López Muñoz, N., y de Moya Martínez, M. del V. (2023). Musication: un recurso TIC para docentes de Música: Musication: an ICT resource for music teachers. *ENSAYOS. Revista De La Facultad De Educación De Albacete*, 38(1), 63–79. <https://doi.org/10.18239/ensayos.v38i1.3254>
- Marín-Díaz, V., Sampedro-Requena, B. E., Vega-Gea, E. M.^a y Ruiz-Palmero, J. (2022). Techno-pedagogical knowledge of secondary teachers about mixed reality. *Tecnología, Ciencia y Educación*, 23, 23-48. <https://doi.org/10.51302/tce.2022.1984>
- Martín Félez, D. (2020). Bandas sonoras y herramientas TIC como ejes principales de la didáctica de la música para futuros maestros de Educación Primaria. Recursos facilitados en el área «Fundamentos de la Educación Musical». *Popular Music Research Today: Revista Online De Divulgación Musicológica*, 2(2), 101–124. <https://doi.org/10.14201/pmrt.23920>





- Matas, A. (2018). Diseño del formato de escalas tipo Likert: un estado de la cuestión. *REDIE. Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 20(1), 38-47.
<https://doi.org/10.24320/redie.2018.20.1.1347>
- 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
- Montenegro-Rueda, M. y Fernández-Cerero, J. (2022). Augmented reality in higher education: possibilities and challenges. *Tecnología, Ciencia y Educación*, 23, 95- 114.
<https://doi.org/10.51302/tce.2022.858>
- 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. *RiTE Revista interuniversitaria de investigación en tecnología educativa*, 15, 157-171.
<https://doi.org/10.6018/riite.578641>
- 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. *RiTE Revista interuniversitaria de investigación en tecnología educativa*, 15, 157-171.
<https://doi.org/10.6018/riite.578641>
- Nadler, J.T., Weston, R. Voyles, E.C. (2015). Stuck in the middle: The use and interpretation of mid-points in items on questionnaires. *The Journal of General Psychology*, 142(2), 71-89,
<https://doi.org/10.1080/00221309.2014.994590>
- Navarro F., Martínez, A. y Martínez, J. M. (2018). *Realidad virtual y realidad aumentada. Desarrollo de aplicaciones*. RA-MA.
- Pathak, B. K. (2016). Emerging online educational models and the transformation of traditional universities. *Electronic Markets*, 26(4), 315-321.
<https://link.springer.com/article/10.1007/s12525-016-0223-4>
- 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>
- 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. (2018). Binaural Audio Through Headphones. En A. Roginska y P. Geluso (Eds.), *Immersive Sound: The Art and Science of Binaural and Multi-Channel Audio* (pp.88-121). Routledge
- Roginska, A., y Geluso, P. (Eds.). (2018). *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>
- 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>
- 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>
- 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>
- Stecker, G., y Gallun, F. (2012). Binaural Hearing, Sound Localization, and Spatial Hearing. En Kelly I. Tremblay y Robert F. Burkard (Eds.), *Translational Perspectives in Auditory Neuroscience: Normal Aspects of Hearing*. Plural Publishing, 383-433. https://www.researchgate.net/publication/230717146_Binaural_Hearing_Sound_Localization_and_Spatial_Hearing
- Stephan, P. (2009). Binaural Recording Technology: A Historical Review and Possible Future Developments. *Acta Acustica United with Acustica* 95, 767–788. <https://doi.org/10.3813/AAA.918208>
- 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>
- Vidal, I. M. G., Cebreiro López, B., & Casal Otero, L. (2021). Nuevas competencias digitales en estudiantes potenciadas con el uso de Realidad Aumentada. Estudio piloto. *RIED-Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 24(1), 137–157. <https://doi.org/10.5944/ried.24.1.27501>
- Villalustre Martínez, L. y Del Moral Pérez, M^a. E. (Coords.) (2016). *Experiencias interactivas con realidad aumentada en las aulas*. Octaedro.
- Wenzel, E., Begault, D., y Godfroy-Cooper, M. (2018). Perception of Spatial Sound. En A. Roginska y P. Geluso (Eds.), *Immersive Sound: The Art and Science of Binaural and Multi-Channel Audio* (pp.8-39). Routledge
- Wilson J.R. y Krishnan A. (2005). Human frequency-following responses to binaural masking level difference stimuli. *Journal of the American Academy of Audiology*, 16, 184–195. <https://doi.org/10.3766/jaaa.16.3.6>