

Música binaural y logro educativo: evidencia con datos longitudinales y cuasiexperimentales

Binaural music and educational attainment: Evidence from longitudinal and quasi-experimental data

Dr. Edgar Demetrio TOVAR-GARCÍA. Profesor Titular. Universidad Panamericana, México (dtovar@up.edu.mx). Investigador Asociado. Universidad Nacional de Investigación · Escuela Superior de Economía, Rusia (etovar@hse.ru).

Resumen:

Este artículo investiga el impacto de la música binaural de fondo en el logro educativo dentro del contexto de un experimento natural. En el estudio, participaron 73 estudiantes de una escuela de negocios universitaria, con un máximo de 707 observaciones en 16 puntos en el tiempo. Los estudiantes fueron divididos en tres grupos (Microeconomía A y B, y Economía Internacional) y categorizados, además, como grupos de control y experimentales en diferentes etapas de los cursos. Todos los estudiantes asistieron a clases desde enero hasta junio de 2021, con la adición de música binaural como tratamiento en la primera o segunda parte de los cursos (divididos en tres partes). Después de cada clase, los estudiantes completaban un examen rápido (*quiz*) de opción múltiple diseñado para evaluar su aprendizaje durante la clase. Mediante pruebas *t* para comparaciones de medias y técnicas econométricas de datos de panel,

se descubrió que las puntuaciones de los grupos experimentales fueron significativamente más altas que las de los grupos de control. En general, se observó que la música binaural aumentaba las puntuaciones de los exámenes rápidos entre 8 y 20 puntos básicos.

Palabras clave: economía, logro educativo, música binaural, experimento natural, estudios longitudinales

Abstract:

This article investigates the impact of background binaural music on educational attainment within the context of a natural experiment. In a university business school, 73 undergraduate students participated in this study, providing a maximum of 707 observations at 16 points in time. The students were divided into three

groups (Microeconomics A and B, and International Economics) and were further categorized into control and experimental groups at different stages of the courses. All students attended classes from January to June 2021, with the addition of binaural music as a treatment in either the first or second part of the courses (divided into three parts). After each lecture, students completed a multiple-choice quiz designed to assess their learning during

the lecture. Utilizing t-tests for mean comparisons and panel data econometric techniques, the study found that the scores of the experimental groups were significantly higher than those of the control groups. Overall, binaural music was observed to increase quiz scores by 8 to 20 basis points.

Keywords: economics, educational attainment, binaural music, natural experiment, longitudinal studies

1. Introducción

Ganar y mantener la atención de los estudiantes son preocupaciones importantes a la hora de enseñar teoría económica en la universidad al igual que debería ser el caso para muchas otras materias. Es bien sabido que las generaciones *millennial* y *posmillennial* (nativos digitales) tienen dificultades para prestar atención durante las clases (Koponen, 2019; Sharma *et al.*, 2020). Este desafío se volvió particularmente complejo durante y poco después del covid-19, en especial con los modelos de enseñanza híbrida actuales, que involucran a estudiantes tanto presenciales como en línea (Keržič *et al.*, 2021; Nieto-Escamez y Roldán-Tapia, 2021). Para atraer la atención, hay diversas estrategias pedagógicas útiles, como bromear, formular preguntas interesantes, fomentar las actividades en equipo, ejercicios y exámenes rápidos (Briscoe *et al.*, 2022; Castillo-Montoya, 2019; Halawa *et al.*, 2020; Schroeder *et al.*, 2007). En este contexto, la música se ha destacado como una herramienta útil para concentrarse y estudiar, incluso en el aula (Dosseville *et al.*, 2012).

La música puede evocar emociones y mejorar el estado de ánimo, lo que contribuye a una mayor concentración, motivación y bienestar general, lo cual tiene un impacto positivo en el rendimiento académico (Mega *et al.*, 2014; Pekrun *et al.*, 2002). Además, escuchar música o participar en actividades musicales puede reducir los niveles de estrés y ansiedad, algo que influye en la capacidad del estudiante para concentrarse y rendir bien en el ámbito académico (Algailani *et al.*, 2023; McBride y Greeson, 2023; Ye *et al.*, 2019). En particular, se ha demostrado que la música clásica instrumental reduce el estrés (Pelletier, 2004) y es útil para resolver tareas matemáticas (Pavlyugina *et al.*, 2012). Es importante destacar que la evidencia empírica sugiere su impacto positivo en la enseñanza (los estudiantes aprenden mejor) (Dosseville *et al.*, 2012).

En la investigación educativa, la relación entre música y cognición es un tema de creciente interés (Holmes, 2021). Sin embargo, la evidencia sobre el impacto de la música

en el rendimiento cognitivo es mixta y varía según el tipo de música, la tarea que se esté realizando y la población en estudio (Cheah *et al.*, 2022). En general, la literatura sugiere que la música tiene efectos positivos en diferentes aspectos del rendimiento académico (Antony *et al.*, 2018; Ishiguro *et al.*, 2023).

Dicho esto, recientemente, la música binaural ha ganado popularidad en las redes sociales por su eficiencia y eficacia para mejorar la memoria y la concentración a la hora de estudiar. De esta manera, los pulsos binaurales han alcanzado a una audiencia más amplia al incorporar esta tecnología en la música y afirmar su utilidad para mejorar la concentración (Filimon, 2010; Rahman *et al.*, 2021; Sharma *et al.*, 2017). En general, los pulsos binaurales pueden influir en los estados emocionales, en las respuestas fisiológicas y en las funciones cognitivas, lo que hace que la música binaural (el enmascaramiento de pulsos binaurales con música) sea un tema de estudio relevante debido a sus potenciales efectos en la memoria, la atención, el estrés, la ansiedad, la percepción del dolor y muchos otros aspectos (García-Argibay *et al.*, 2019). No obstante, los pulsos binaurales también han sido criticados por su potencial para causar incomodidad (Rahman *et al.*, 2021).

Con la aparición de nuevas tecnologías y herramientas pedagógicas, el uso de estímulos auditivos en el rendimiento cognitivo también se ha convertido en un tema de creciente interés (Cheah *et al.*, 2022; Dosseville *et al.*, 2012; Hallam y Price, 1998; Hickey *et al.*, 2020). La investigación actual contribuye a esta literatura al examinar el impacto de la música binaural de fondo en

el rendimiento educativo, evaluado a través de puntuaciones de exámenes rápidos (*quizzes*) de opción múltiple aplicados después de las clases, en diferentes momentos. Es importante destacar que esta investigación se basa en un experimento natural, lo que la diferencia de la investigación basada en encuestas autoinformadas que caracteriza gran parte de la literatura existente. Para este estudio, la pandemia por covid-19 y la necesidad de innovar en el proceso de enseñanza-aprendizaje permitieron el uso de música binaural en clase. Ello proporcionó datos longitudinales y cuasiexperimentales cuyo análisis favorece el impacto positivo de la música binaural en los resultados educativos. Por lo tanto, esta investigación aumenta la credibilidad al explorar en profundidad la influencia potencial de la música binaural en el rendimiento cognitivo en entornos educativos del mundo real.

El resto del artículo está estructurado de la siguiente manera. La sección 2 presenta una revisión de la literatura sobre educación, música y pulsos binaurales. La sección 3 describe el método: participantes, materiales, procedimiento y análisis de datos (estadísticas descriptivas, prueba *t* para comparaciones de medias y modelos de regresión con datos de panel). La sección 4 muestra los resultados principales y la sección 5 los discute, además de subrayar las limitaciones y líneas futuras de investigación. Para finalizar, se concluye con algunas recomendaciones.

2. Revisión de la literatura

La educación musical está asociada con la creatividad (Burnard y Younker, 2004;

Gershon y Ben-Horin, 2014). La naturaleza improvisada de las actividades musicales y la exploración de varios elementos musicales contribuyen al desarrollo de habilidades de pensamiento creativo. Ello influye de forma positiva en la resolución de problemas y en las habilidades de pensamiento crítico, lo cual es necesario para el éxito académico (Albar y Southcott, 2021; Burnard y Younker, 2004). Además, la educación musical está vinculada al desarrollo socioemocional (Blasco-Magraner *et al.*, 2022; Ilari, 2020); en particular, apoya el desarrollo infantil, donde las experiencias musicales colaborativas, como las presentaciones en grupo, ayudan en el desarrollo de habilidades interpersonales, trabajo en equipo y empatía (Ilari *et al.*, 2019). Estas habilidades sociales son relevantes para el desarrollo general de los estudiantes y pueden influir en el éxito académico. Del mismo modo, el aprendizaje de un instrumento musical está vinculado a habilidades cognitivas, incluyendo memoria, atención y habilidades espaciotemporales (Rose *et al.*, 2019; Suárez *et al.*, 2016).

En la literatura, también se enfatiza la asociación positiva entre la educación musical y la competencia matemática (Gillanders y Casal, 2020; Guhn *et al.*, 2019; Jaschke *et al.*, 2013). La música implica comprender patrones, ritmos y proporciones, habilidades que pueden transferirse al razonamiento matemático. En general, los estudiantes que participan en la educación musical exhiben buenas habilidades matemáticas (Baker *et al.*, 2023; Brazhnikova, 2016).

El impacto emocional y psicológico de la música en los estudiantes es otra área

importante de estudio (Algailani *et al.*, 2023; Cheah *et al.*, 2022; McBride y Greeson, 2023; Mega *et al.*, 2014; Pekrun *et al.*, 2002; Ye *et al.*, 2019). La música afecta a las emociones y la exposición a la música está asociada con una mejora del estado de ánimo y una reducción de los niveles de estrés y ansiedad. Ello influye de forma positiva en la capacidad del estudiante para concentrarse, involucrarse y rendir bien en el ámbito académico (Mega *et al.*, 2014; Pekrun *et al.*, 2002).

No obstante, la relación entre la música y el logro académico es compleja y varios hallazgos están sujetos a debate (Cheah *et al.*, 2022). Por ejemplo, el efecto Mozart (Rauscher *et al.*, 1993) se refiere a hallazgos que indican que escuchar la música de Mozart, en particular la *Sonata para dos pianos en re mayor, K. 448*, compuesta en 1781, puede mejorar a corto plazo ciertos tipos de tareas mentales, conocidas como *razonamiento espaciotemporal* (Beauvais, 2015; Stough *et al.*, 1994). El efecto Mozart no se limita a la música clásica o a la música del compositor vienés, y no está exento de críticas (Nantais y Schellenberg, 1999; Thompson *et al.*, 2001; Waterhouse, 2006).

Por lo común, integrar la música en los currículos educativos puede apoyar el interés y la participación de los estudiantes (Algailani *et al.*, 2023; Baker *et al.*, 2023; Hallam y Price, 1998; Ishiguro *et al.*, 2023). La motivación que produce una experiencia musical positiva tiene efectos indirectos beneficiosos en el logro educativo al promover un entorno de aprendizaje activo y comprometido. Dosseville *et al.* (2012)

presentan evidencia del impacto positivo de la música clásica en el rendimiento académico de los estudiantes universitarios durante el aprendizaje. Este género de música (su tempo, su tonalidad, sus modos, etc.) parece influir de manera favorable en el entorno de aprendizaje y en los estados afectivos de los estudiantes. Así, los ayuda a comprender las lecciones y a mejor los resultados generales del aprendizaje.

En general, la literatura apoya el impacto positivo de la música en los resultados educativos, pero se deben reconocer los desafíos potenciales, incluyendo problemas relacionados con la asignación de recursos, el interés de los estudiantes y la integración de la música en diversos entornos educativos. En este contexto, la música binaural ha surgido recientemente y es crucial comprender sus beneficios y desafíos potenciales en los entornos educativos, lo cual es esencial para educadores, responsables de políticas e investigadores.

2.1. Pulsos binaurales

Los pulsos binaurales son dos sonidos de frecuencias ligeramente diferentes, uno para cada oído, procesados por el cerebro de tal manera que se crea la sensación (ilusión) de un tercer sonido (Filimon, 2010; Garcia-Argibay *et al.*, 2019; Ingendoh *et al.*, 2023; Lee-Harris *et al.*, 2018; Orozco *et al.*, 2020; Sharma *et al.*, 2017). Heinrich Wilhelm Dove (1803–1879) descubrió los pulsos binaurales en 1839 y Gerald Oster (1918-1993) los comprobó en el encefalógrafo (Filimon, 2010). El cerebro libera impulsos eléctricos, ondas cerebrales, que determinan los estados de consciencia. Estas ondas se clasifican en cuatro tipos fun-

damentales: delta, theta, alfa y beta, pero la frecuencia gamma también se menciona en la literatura (Filimon, 2010).

Se afirma que el cerebro responde a los estímulos de pulsos binaurales sincronizando sus propios ciclos eléctricos con el audio (Sharma *et al.*, 2017). Aunque debatida, la hipótesis de sincronización de ondas cerebrales establece que los estímulos externos a frecuencias específicas hacen que la actividad electrocortical del cerebro oscile a esas mismas frecuencias. Estas respuestas cerebrales pueden medirse, principalmente, mediante dos estrategias: respuestas auditivas de estado estable o respuestas auditivas de seguimiento de frecuencia (Ingendoh *et al.*, 2023; Orozco *et al.*, 2020). De este modo, «los efectos cognitivos de los pulsos binaurales se atribuyen a su capacidad para inducir oscilaciones neuronales a la frecuencia del pulso a través de frecuencias de sincronización hemisférica diferencial» (Orozco *et al.*, 2020, p. 2). Sin embargo, la evidencia sugiere que los efectos de los pulsos binaurales están influenciados por factores como la frecuencia, la duración de la exposición y el tipo de enmascaramiento utilizado para dichos pulsos (Garcia-Argibay *et al.*, 2019; Orozco *et al.*, 2020).

Dicho esto, se espera que los pulsos binaurales faciliten el cambio de un estado de consciencia a otro. Hoy en día, los individuos se sitúan, de forma predominante, en la frecuencia de ondas beta; esta resulta útil para el pensamiento analítico porque es un estado de alerta, pero también implica tensión, ansiedad y estrés. En consecuencia, el cerebro tiende a

intentar transformar las ondas beta en ondas alfa, que están asociadas con la calma y con una mente receptiva, y que apoya la concentración mental y el proceso de aprendizaje (Filimon, 2010; Sharma *et al.*, 2017).

Con base en un metaanálisis, García-Argibay *et al.* (2019) encontraron que los pulsos binaurales pueden influir en los estados mentales y en la cognición. Las evidencias sugieren que la exposición a pulsos binaurales conduce a cambios psicofisiológicos, como la reducción de los niveles de ansiedad y estrés, y un aumento de la creatividad. Además, los pulsos binaurales están asociados con mejoras en la memoria, la atención y la percepción del dolor (García-Argibay *et al.*, 2019; Orozco *et al.*, 2020).

De manera similar, se ha estudiado el papel de la música binaural (música incrustada con pulsos binaurales) en varios campos, como la musicoterapia para mejorar la salud de las personas (Filimon, 2010; Rahman *et al.*, 2021). La evidencia sugiere que la música binaural disminuye la ansiedad en pacientes quirúrgicos (por ejemplo, en aquellos sometidos a cirugía de cataratas) (Wiwatwongwana *et al.*, 2016) y ayuda a manejar la hipertensión (Wichian *et al.*, 2021). Bae *et al.* (2023) demostraron sus efectos reductores de la ansiedad en pacientes quirúrgicos.

Si bien la música binaural, es decir, «sonidos grabados binauralmente, pulsos binaurales, un tempo lento y cambios graduales» (Lee-Harris *et al.*, 2018 p. 1), a menudo se asocia con la relajación, la

reducción del estrés y de la ansiedad y la mejora de la concentración, no hay investigaciones científicas específicas sobre su impacto en el rendimiento académico. Sin embargo, podemos asumir efectos potenciales basados en investigaciones relacionadas.

Niveles bajos de estrés influyen de forma positiva en la atención y el rendimiento cognitivo. En consecuencia, los estudiantes que experimentan niveles bajos de estrés pueden estar mejor equipados para concentrarse, estudiar eficazmente y rendir bien académicamente (Algailani *et al.*, 2023; McBride y Greeson, 2023; Ye *et al.*, 2019). De manera similar, la ansiedad puede interferir con el rendimiento académico, por ejemplo, y afectar de modo negativo la atención, la memoria y las habilidades de resolución de problemas. Por lo tanto, niveles bajos de ansiedad crean condiciones para un aprendizaje efectivo y un rendimiento académico (Pekrun *et al.*, 2002). Además, escuchar música binaural también puede mejorar el estado de ánimo y aumentar la motivación (Lee-Harris *et al.*, 2018), afectando positivamente el compromiso académico y la perseverancia frente a los desafíos para el logro académico (Mega *et al.*, 2014; Pekrun *et al.*, 2002).

Cabe señalar que, principalmente, la evidencia anecdótica apoya los efectos positivos de la música binaural en la concentración y la relajación para el estudio. En consecuencia, se necesita una investigación científica rigurosa para establecer una causalidad clara y cuantificar el alcance de estos efectos. Como con cualquier intervención, es aconsejable considerar las

necesidades individuales, las preferencias y el contexto en el que se utiliza la música binaural en relación con las actividades académicas. A medida que la investigación en este campo continúe avanzando, el estudio de la relación entre la música binaural y el rendimiento académico contribuirá a la mejora continua de las prácticas educativas. Es importante destacar que las preferencias individuales desempeñan un papel significativo y que no todos pueden beneficiarse o disfrutar de la música binaural (Rahman *et al.*, 2021). En este contexto, este artículo contribuye a la literatura al examinar el impacto de la música binaural en los resultados educativos de estudiantes universitarios en las asignaturas de economía internacional y microeconomía y construyendo datos longitudinales a partir de un experimento natural en tiempos de covid-19.

3. Método

La inteligencia artificial fue utilizada de forma ocasional en distintas secciones del artículo con el único propósito de mejorar la redacción y legibilidad (OpenAI, 2023).

La crisis del covid-19 representó una sucesión de nuevos desafíos en todos los niveles educativos, exigiendo innovaciones pedagógicas (Keržič *et al.*, 2021; Nieto-Escamez y Roldán-Tapia, 2021). En consecuencia, se exploraron diferentes estrategias para captar y mantener la atención de los estudiantes, incluida la utilización de música de fondo al inicio del confinamiento (de marzo a diciembre de 2020). Esta decisión fue resultado de

la necesidad de elegir entre ruido o música debido a las perturbaciones presentes en el entorno del hogar, como bebés que lloran o interrupciones inesperadas. Al comienzo, se empleó música instrumental clásica para reducir el estrés basándose en investigaciones existentes (Pelletier, 2004) y los efectos positivos observados tanto en las clases (Dosseville *et al.*, 2012) como en las tareas de resolución de problemas matemáticos (Pavlyugina *et al.*, 2012), así como el efecto Mozart (Beauvais, 2015). Sin embargo, debido a las exigencias de la crisis, la exploración de estrategias llevó al descubrimiento de la música binaural (Filimon, 2010; Rahman *et al.*, 2021; Sharma *et al.*, 2017). Este cambio de música clásica a música binaural resultó en una experiencia positiva y mejorando el rendimiento académico promedio de los estudiantes. No obstante, esta percepción se basaba únicamente en evidencia anecdótica, lo que generó un estudio piloto para recopilar datos. Además, los estudiantes no objetaron el uso de música de fondo; por el contrario, la apoyaron. En consecuencia, se tomó la decisión de documentar y formalizar este experimento natural de manera sistemática en el primer semestre de 2021 (de enero a junio de 2021), lo que permitió la recolección de datos como se describe a continuación.¹

3.1. Participantes

La muestra incluye a 73 estudiantes de pregrado, que estaban inscritos en los cursos de Microeconomía (dos grupos: micro A y micro B) y Economía Internacional. Así, los participantes se dividían en tres grupos diferentes: Microeconomía A ($n = 27$;

15 mujeres y 12 hombres; edad promedio: 20.5), Microeconomía B ($n = 25$; 9 mujeres y 16 hombres; edad promedio: 20.6), y Economía Internacional ($n = 21$; 3 mujeres y 18 hombres; edad promedio: 21.4). Los estudiantes de Microeconomía eran de primer año de pregrado en negocios/administración, y los estudiantes de Economía Internacional eran de tercer año. El idioma de instrucción era inglés y las clases comenzaron el 18 de enero y finalizaron el 20 de mayo del año 2021 (con exámenes finales a principios de junio), de acuerdo con el calendario académico de la Universidad Anónima.

3.2. Material

3.2.1. Clase en línea

Debido a las restricciones de covid-19, se utilizó Moodle como plataforma de aprendizaje y Google Meet para las clases en línea. Las lecciones de Microeconomía A eran los lunes y los miércoles, comenzaban a las 11:00 am y terminaban a las 12:30 pm, con 1 hora y 15 minutos de clase combinada con diapositivas sincronizadas; los últimos 15 minutos se utilizaban para responder preguntas generales (si era necesario). Microeconomía B era los viernes. La clase comenzaba a las 9:15 am, con un descanso de 10:30 am a 11:00 am, y terminaba la clase a las 12:30 pm; de nuevo, los últimos 15 minutos se dedicaban a preguntas generales. En el caso de Economía Internacional, las lecciones eran los martes y jueves, de 7:00 am a 8:45 am, con 1 hora y 30 minutos de clase combinada con diapositivas sincronizadas. Los últimos 15 minutos se destinaban a responder preguntas generales. Los estudiantes ya

habían recibido sus clases en un contexto muy similar en el año 2020, por lo que estaban familiarizados con el procedimiento. Además, cabe señalar que los grupos eran pequeños y la clase no es tradicional porque los estudiantes participan de forma activa en la clase.

Los temas enseñados en microeconomía son básicos y es basan en el libro de texto de Parkin. El curso se divide en tres partes. La primera incluye los capítulos sobre oferta y demanda, elasticidad y teoría del consumidor. La segunda, los capítulos sobre la teoría de la empresa, la producción y los costos. En la tercera parte, el curso termina con los capítulos sobre estructuras de mercado (Parkin, 2019). En el caso de Economía Internacional, se utiliza el libro de texto de Krugman. La primera parte contiene capítulos sobre la teoría del comercio internacional, por ejemplo, la ventaja comparativa, el modelo Heckscher-Ohlin y las economías de escala. La segunda parte incluye capítulos sobre política comercial y finanzas internacionales. En la tercera parte, el curso termina con capítulos sobre política macroeconómica abierta (Krugman *et al.*, 2018).

3.2.2. Examen rápido de opción múltiple

Al final de cada clase de las primeras y segundas partes de los cursos, en cinco minutos, los estudiantes respondieron un examen rápido de opción múltiple (*multiple-choice quiz*, o MCQ) en Moodle, que se creó a partir del material de la clase. Todos contestaron las mismas preguntas, asignadas de forma aleatoria, y se prohibió el retroceso para evitar que copiaran. Se informó a los estudiantes que los resultados de los

MCQ constituían el 30 % de sus calificaciones en los exámenes parciales (parciales uno y dos). En realidad, los cuestionarios representaban solo el 10 % de la calificación final de acuerdo con el programa del curso, según el cual muchas otras tareas y exámenes parciales se tenían en cuenta para la calificación final. Sin embargo, no se hizo hincapié en esta cifra del 10 %, pues se pretendía que los estudiantes se esforzaran al máximo en cada *quiz* debido al peso del 30 %.

En el caso de Microeconomía, cada MCQ constaba de tres preguntas, dos de ellas del tipo verdadero/falso y una del tipo opción múltiple (cuatro respuestas, de las cuales una era correcta), en una escala de calificación de 0 a 100, donde la pregunta de opción múltiple equivalía a 40 puntos. En el caso de Economía Internacional, las tres preguntas eran de opción múltiple (cinco respuestas, de las cuales una era correcta), en una escala de calificación de 0 a 100, donde el valor de la pregunta más difícil (en opinión de expertos) era de 40 puntos. En total, hubo 11 MCQ en el caso de Microeconomía (seis en el primer parcial y cinco en el segundo parcial) y 16 MCQ en el de Economía Internacional (ocho en cada parcial).

Se siguieron las recomendaciones típicas encontradas en libros de texto metodológicos para redactar las preguntas: evitar vaguedades, evitar preguntas excesivamente complicadas, evitar enunciados negativos y usar una gramática correcta. No obstante, los tipos de preguntas de los MCQ de Microeconomía y Economía Internacional eran diferentes, debido a la

formación de los estudiantes en economía y los requisitos de sus programas de estudio. Los estudiantes de Microeconomía debieron aprobar un curso introductorio de economía e historia del pensamiento económico. Los de Economía Internacional, además, tuvieron que hacer lo propio con los cursos de microeconomía y macroeconomía.

Cabe señalar que el tercer parcial de los cursos tuvo una dinámica pedagógica completamente diferente. Los estudiantes tenían la tarea de presentar temas y artículos científicos, complementados con el uso de recursos multimedia, incluidos vídeos, memes y cuestionarios de Kahoot. Además, con respecto al examen final, aproximadamente el 80 % de las preguntas estaban relacionadas con temas cubiertos en el tercer parcial, mientras que el 20 % restante se centró en material de los primeros y segundos parciales.

3.2.3. Música

Los pulsos binaurales presentan dos frecuencias cercanas a cada oído, por separado. Por su parte, la música binaural, audio grabado mediante la técnica de pulsos binaurales, ya presenta la frecuencia resultante al sumar cada tono antes de la presentación. Como resultado, la música binaural se convierte en monaural y llega a ambos oídos al mismo tiempo (Orozco *et al.*, 2020). De esta manera, este tipo de música se utilizó como música de fondo, reproducida a volúmenes bajos para asegurar que no perturbara la clase. Es importante destacar que Garcia-Argibay *et al.* (2019) muestran resultados de meta-regresión que sugieren que no parece ser

necesario enmascarar los pulsos binaurales con ruido blanco o ruido rosa en términos de efectividad. Por lo tanto, la elección del método de enmascaramiento (ruido blanco, ruido rosa, música) puede no influir de modo significativo en la efectividad de los pulsos binaurales, lo que ofrece cierta flexibilidad con respecto a cómo estos se presentan en diversos entornos.

Así, la música binaural representa la condición de tratamiento en comparación con la condición de control sin música. Si bien los estudiantes no fueron informados de manera expresa sobre la presencia de música (aunque obviamente la notaron), sí la escucharon durante unos minutos antes de iniciar y durante la clase. Entre las diversas opciones disponibles en YouTube, se seleccionó una pieza musical de Greenred Productions con una frecuencia de pulsos binaurales en alfa. La elección se produjo después de una lluvia de ideas en la que se consideraron factores como el número de vistas, *likes* y comentarios.²

3.2.4. Pruebas previas sobre economía

Al comienzo del semestre, todos los estudiantes completaron exámenes generales sobre economía para controlar el conocimiento previo de la materia. En el caso de Microeconomía, los estudiantes respondieron en 75 minutos un examen con 18 preguntas sobre los temas básicos de los capítulos 1 y 2 del libro de texto de Parkin. Contestaron las mismas preguntas, asignadas de forma aleatoria, y se prohibió el retroceso para evitar que copiaran. Para la evaluación, se empleó una escala de 0 a 100 (Microeconomía A: media (ME) = 75.19, desviación estándar

(SD) = 13.41; Microeconomía B: ME = 82.71, SD = 16.83).

De manera similar, en el caso de Economía Internacional, los estudiantes respondieron tres exámenes. Dos de ellos sobre microeconomía, el primero sobre temas básicos (mismo examen que para los estudiantes de Microeconomía) (ME = 52.63, SD = 8.94), y el segundo sobre oferta, demanda y elasticidad (20 preguntas, ME = 57.63, SD = 16.17). La tercera prueba fue sobre macroeconomía: oferta agregada, demanda agregada, modelo IS-LM y políticas fiscales y monetarias (25 preguntas, ME = 48.42, SD = 15.13).

3.2.5. Cuestionario de antecedentes

Después de los exámenes parciales y antes de que comenzaran los temas del tercer parcial, todos los estudiantes completaron un cuestionario de antecedentes para proporcionar variables de control (ver Tabla 1). Además de datos generales, proporcionaron información y opiniones (en escalas de calificación de 10 puntos) sobre la música de fondo, la dificultad de las preguntas de opción múltiple, las dificultades debido al covid, problemas técnicos o de internet, preocupaciones lingüísticas y promedio de calificaciones (GPA). No fue hasta ese momento cuando los estudiantes fueron informados sobre el uso de la música y los planes para utilizar sus datos con fines de investigación (exclusivamente y bajo condición de anonimato). En consecuencia, los estudiantes dieron su consentimiento por escrito para utilizar sus resultados de MCQ y los datos de antecedentes. Un estudiante se negó y fue eliminado del análisis.

TABLA 1. Cuestionario de antecedentes.

		Micro A		Micro B		Economía Internacional	
		ME	SD	ME	SD	ME	SD
Q1	¿Notaste si se reprodujo música de fondo durante las sesiones antes del primer examen parcial? (1 = Sí / 0 = No)	0.93	0.26	1.00	0.00	0.95	0.21
Q2	Si lo notaste, en una escala del 0 al 10, donde 0 representa «nada en absoluto» y 10 representa «mucho», ¿hasta qué punto te molestó esta música? Por favor, escribe un número (si no lo notaste, escribe -1).	1.63	2.15	1.40	2.12	2.95	3.39
Q3	Si notaste la música, ¿tienes algún comentario sobre la música mencionada?	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Q4	¿Notaste que, durante las sesiones, antes del segundo examen parcial, tu profesor no reprodujo la música de fondo mencionada? (1 = Sí / 0 = No)	0.67	0.47	N/A	N/A	0.67	0.47
Q5	En una escala del 0 al 10, donde 0 es «muy fácil» y 10 es «muy difícil», ¿qué tan difíciles fueron los <i>quizzes</i> que respondiste al final de cada lección?	6.00	1.59	6.24	1.27	7.67	1.25
Q6	En una escala del 0 al 10, donde 0 es «muy fácil» y 10 es «muy difícil», ¿crees que fue posible hacer trampa al responder el <i>quiz</i> , en concreto, recibir las preguntas o respuestas de alguien más?	5.67	2.80	7.84	1.46	7.95	1.99
Q7	En una escala del 0 al 10, donde 0 es «totalmente en desacuerdo» y 10 es «totalmente de acuerdo», ¿crees que fue necesario prestar atención en clase para poder responder correctamente el <i>quiz</i> ?	9.41	0.91	9.36	1.05	9.19	1.53

Q8	En una escala del 0 al 10, donde 0 es «muy fácil» y 10 es «muy difícil», ¿qué tan difícil ha sido para ti estudiar la materia (específicamente la clase de economía) como resultado de la crisis de covid-19?	7.37	1.57	7.76	1.50	7.14	1.49
Q9	En una escala del 0 al 10, donde 0 es «muy fácil» y 10 es «muy difícil», ¿qué tan difícil ha sido para ti estudiar la materia debido a problemas con la conexión a internet, audio, micrófono u otros problemas técnicos?	5.89	2.56	6.40	1.88	3.95	2.94
Q10	¿Qué dispositivo usaste normalmente para asistir a la clase en línea? Computadora / <i>laptop</i> = 1, Teléfono = 2, Tableta = 3, Otro = 4.	1.13	0.42	1.22	0.57	1.21	0.40
Q11	En una escala del 0 al 10, donde 0 es «muy fácil» y 10 es «muy difícil», ¿qué tan difícil ha sido para ti estudiar la materia porque el idioma de instrucción es el inglés?	4.52	2.85	3.60	3.09	4.00	3.48
Q12	¿Es el inglés tu lengua materna? (1 = Sí / 0 = No)	0.07	0.26	0.08	0.27	0.00	0.00
Q13	En una escala del 0 al 10, donde 0 es «muy bajo» y 10 es «muy alto», ¿qué tan bueno consideras tu nivel de inglés, en especial técnico, para entender sobre economía?	7.85	1.18	7.68	1.59	7.95	1.62
Q14	¿Cuál fue tu promedio de calificaciones (GPA) el semestre pasado?	8.79	0.41	8.34	0.70	8.43	0.45
Q15	Hasta ahora, ¿cuál es tu promedio de calificaciones (GPA) este semestre?	8.68	0.46	8.19	0.76	8.19	0.63

Notas. *ME*: media; *SD*: desviación estándar. N/A: no aplica. Los estudiantes de Microeconomía B escucharon la música en la segunda parte del curso. GPA: promedio de calificaciones (escala de 0 a 10).

3.3. Procedimiento

En el caso de Microeconomía, se utilizó música binaural durante las clases del grupo A en la primera parte del curso, lo que convirtió al grupo B en el grupo de control. Más adelante, en la segunda parte del curso, se empleó música binaural durante las clases del grupo B, con el grupo A actuando como grupo de control. De esta manera, uno y otro funcionaron como grupos de tratamiento y control, lo que permitió realizar comparaciones intra e intergrupales. Con respecto a Economía Internacional, se utilizó música binaural en las clases durante el primer parcial. Las puntuaciones de los *quizzes* del segundo parcial se emplearon como datos para el grupo de control, de forma que solo fue posible realizar comparaciones intertemporales (ver Tabla 2).

Evidentemente, los estudiantes no asistieron a la misma clase. Aunque se hizo todo lo posible por que cada tema lo explicara de igual forma el mismo instructor, así como por evitar proporcionar información adicional que pudiera ayudar a un grupo sobre el otro en la respuesta de los *quizzes*, cada clase difería debido a la participación de los estudiantes. Esta es una limitación de este estudio; sin embargo, la estrategia se implementó en condiciones reales. Además, el uso de datos de panel ofreció mayores grados de libertad, mayor variabilidad, reducción de colinealidad, eficiencia y lo más importante: control sobre el efecto del investigador mediante el control de variables invariantes en el tiempo.

TABLA 2. Diseño de las comparaciones realizadas.

	Parcial 1	Parcial 2	
Microeconomía A	Condición experimental	Condición de control	Comparación intragrupo
Microeconomía B	Condición de control	Condición experimental	Comparación intragrupo
Microeconomía A <i>versus</i> B	Comparación intergrupo	Comparación intergrupo	
Economía Internacional	Condición experimental	Condición de control	Comparación intragrupo

3.4. Análisis de datos

Para evaluar el impacto de la música binaural en las puntuaciones de los *quizzes* (MCQ), primero, se utilizó un análisis estadístico descriptivo y pruebas *t* para comparar las medias entre los grupos experimental y de control (incluyendo las observaciones intertemporales para el análisis intragrupo).³ En segundo lugar, se emplearon modelos de regresión con una variable dicotómica

codificada como 1 para el tratamiento, así como los exámenes iniciales sobre economía y varias otras variables del cuestionario de antecedentes como variables de control. Los coeficientes de correlación entre las variables independientes fueron bajos (ver Tabla 3). Sin embargo, no todas las variables independientes posibles se introdujeron al mismo tiempo en los modelos de regresión debido a preocupaciones de multicolinealidad.

TABLA 3. Matriz de correlaciones.

	MCQ puntaje	Tratamiento	Q1	Q2	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Q14	Q15	Micro 1	Micro 2	Macro
MCQ puntaje (quiz)	1																		
Tratamiento	0.16	1																	
Q1	-0.06	-0.01	1																
Q2	-0.06	0.002	0.13	1															
Q4	-0.001	0.00	0.19	0.12	1														
Q5	-0.23	-0.004	0.12	0.32	-0.15	1													
Q6	-0.18	-0.03	0.05	-0.07	-0.02	0.30	1												
Q7	-0.02	0.01	0.02	-0.10	0.11	0.10	0.38	1											
Q8	-0.02	-0.005	0.18	0.27	-0.05	0.24	0.19	0.18	1										
Q9	0.15	-0.002	0.01	0.004	-0.22	-0.13	-0.17	-0.22	0.12	1									
Q10	0.01	-0.01	0.05	0.01	-0.06	-0.15	-0.04	-0.16	0.01	0.19	1								
Q11	-0.07	0.01	0.07	0.31	0.13	0.07	-0.06	0.02	0.17	0.33	0.03	1							
Q12	0.12	0.005	0.02	-0.06	-0.07	-0.08	-0.12	-0.10	-0.17	0.13	-0.09	-0.12	1						
Q13	0.06	0.001	-0.01	0.30	-0.20	0.17	0.00	-0.16	0.09	-0.17	-0.02	-0.45	0.16	1					
Q14	0.14	0.02	0.04	0.16	-0.11	-0.15	-0.14	-0.09	0.18	0.12	-0.16	-0.08	0.00	0.29	1				
Q15	0.18	0.02	-0.04	-0.001	-0.06	-0.22	-0.13	0.10	0.07	0.20	-0.12	-0.11	0.11	0.14	0.56	1			
Prueba de micro 1	0.29	-0.01	-0.04	-0.10	-0.18	-0.32	-0.03	-0.001	0.04	0.46	-0.05	0.11	0.19	0.00	0.11	0.13	1		
Prueba de micro 2	-0.06	0.00		-0.45	-0.01	-0.25	0.29	0.20	-0.07	-0.52	0.05	-0.27		-0.12	-0.07	-0.27	-0.04	1	
Prueba de macro	0.09	0.00		-0.30	-0.01	0.08	0.13	0.07	0.11	-0.55	-0.07	-0.57		0.47	0.10	-0.07	-0.16	0.42	1

Nota: consulte la Tabla 1 para la definición de las variables Q1 a Q15.

En consecuencia, se presentan cinco modelos básicos de regresión representados en las ecuaciones (1) a (5), los cuales se estimaron utilizando efectos aleatorios para permitir la inclusión de variables invariantes en el tiempo (también respaldado por la prueba de Hausman).

MCQ representa la puntuación de los cuestionarios por materia según el subíndice. El subíndice Primer parcial Microeconomía A vs. B se refiere a la comparación

intergrupar donde Microeconomía A recibió el tratamiento (escuchar música binaural) y Microeconomía B fue el grupo de control. El subíndice Segundo parcial Microeconomía A vs. B indica la comparación intergrupar donde Microeconomía A fue el grupo de control y Microeconomía B recibió el tratamiento. El subíndice i ($i = 1, \dots, n$) y el subíndice t ($t = 1, \dots, t$) señalan la sección transversal y la dimensión temporal. X representa las variables de control, β representa los coeficientes por estimar y e y v son los términos de error.

$$MCQ_{it} \text{ Puntaje Microeconomía A} = \beta_0 + \beta_1 \text{Tratamiento}_{it} + X'\beta_n + e_j + v_{jt} \quad (1)$$

$$MCQ_{it} \text{ Puntaje Microeconomía B} = \beta_0 + \beta_1 \text{Tratamiento}_{it} + X'\beta_n + e_j + v_{jt} \quad (2)$$

$$MCQ_{it} \text{ Puntaje primer parcial Microeconomía A vs. B} \\ = \beta_0 + \beta_1 \text{Tratamiento}_{it} + X'\beta_n + e_j + v_{jt} \quad (3)$$

$$MCQ_{it} \text{ Puntaje segundo parcial Microeconomía A vs. B} \\ = \beta_0 + \beta_1 \text{Tratamiento}_{it} + X'\beta_n + e_j + v_{jt} \quad (4)$$

$$MCQ_{it} \text{ Puntaje Economía Internacional} = \beta_0 + \beta_1 \text{Tratamiento}_{it} + X'\beta_n + e_j + v_{jt} \quad (5)$$

4. Resultados

Las estadísticas descriptivas y las pruebas t para comparar dos medias se muestran en la Tabla 4. En el caso de las comparaciones intragrupo entre Microeconomía A y B, las pruebas t indican medias estadísticamente diferentes, aunque con resultados contradictorios. En concreto, para Microeconomía A, la evidencia sugiere puntuaciones de MCQ más altas para el grupo de control, es decir, puntuaciones más altas para el segundo parcial sin música. Por el contrario, para Microeconomía B, la evidencia sugiere puntuaciones de MCQ más altas para el grupo de tratamiento, es decir, puntuaciones más altas para el segundo parcial con música.

En el caso de las comparaciones intergrupo entre Microeconomía A y B, para el primer parcial, la comparación de medias entre Microeconomía A ($ME = 89.16$) y

Microeconomía B ($ME = 82.17$) indica puntuaciones significativamente más altas para el grupo de tratamiento (Microeconomía A) que para el grupo de control (Microeconomía B). Sin embargo, en el segundo parcial, la comparación de medias entre Microeconomía A ($ME = 94.10$) y Microeconomía B ($ME = 90.23$) señala puntuaciones más altas para el grupo de control (Microeconomía A) con un nivel de significancia del 8% (por lo tanto, una diferencia insignificante para valores p más estrictos).

Por su parte, en el caso de Economía Internacional (comparación intragrupo), se evidencia una diferencia estadísticamente significativa en las medias que favorece al grupo de tratamiento. La media de puntuación en el segundo parcial fue 58.05, mientras que la media de puntuación en el primer parcial (con música) fue 76.67.

TABLA 4. Estadísticas descriptivas y pruebas *t* de dos muestras (con igual varianza).

Microeconomía A

Grupo	Obs.	Media	Error estándar	Desviación estándar	[95% intervalo de conf.]	
Control (0)	117	94.10	1.26	13.59	91.61	96.59
Tratamiento (1)	143	89.16	1.42	16.93	86.36	91.96
Combinado	260	91.38	0.97	15.68	89.47	93.30
Diferencia		4.94	1.93		1.13	8.75
Diferencia = media (0) - media (1)				Grados de libertad = 258		
Ho = 0				Ha ≠ 0 : Pr(T > t) = 0.01		
t = 2.55						

Microeconomía B

Grupo	Obs.	Media	Error estándar	Desviación estándar	[95% intervalo de conf.]	
Control (0)	106	82.17	2.55	26.22	77.12	87.22
Tratamiento (1)	87	90.23	1.93	17.98	86.40	94.06
Combinado	193	85.80	1.67	23.17	82.51	89.09
Diferencia		-8.06	3.31		-14.59	-1.53
Diferencia = media (0) - media (1)				Grados de libertad = 191		
Ho = 0				Ha ≠ 0 : Pr(T > t) = 0.02		
t = -2.43						

Microeconomía primer parcial A vs. B (grupo B de control)

Grupo	Obs.	Media	Error estándar	Desviación estándar	[95% intervalo de conf.]	
Control (0)	106	82.17	2.55	26.22	77.12	87.22
Tratamiento (1)	143	89.16	1.42	16.93	86.36	91.96
Combinado	249	86.18	1.37	21.62	83.49	88.88
Diferencia		-6.99	2.74		-12.39	-1.59
Diferencia = media (0) - media (1)				Grados de libertad = 247		
Ho = 0				Ha ≠ 0 : Pr(T > t) = 0.01		
t = -2.55						

Microeconomía segundo parcial A vs. B (grupo A de control)

Grupo	Obs.	Media	Error estándar	Desviación estándar	[95% intervalo de conf.]	
Control (0)	117	94.10	1.26	13.59	91.61	96.59
Tratamiento (1)	87	90.23	1.93	17.98	86.40	94.06
Combinado	204	92.45	1.10	15.69	90.28	94.62
Diferencia		3.87	2.21		-0.48	8.23
Diferencia = media (0) - media (1)				Grados de libertad = 202		
Ho = 0				Ha ≠ 0 : Pr(T > t) = 0.08		
t = 1.75						

Economía Internacional

Grupo	Obs.	Media	Error estándar	Desviación estándar	[95% intervalo de conf.]	
Control (0)	154	58.05	2.33	28.97	53.44	62.66
Tratamiento (1)	159	76.67	2.17	27.32	72.39	80.95
Combinado	313	67.51	1.67	29.61	64.22	70.80
Diferencia		-18.61	3.18		-24.88	-12.35
Diferencia = media (0) - media (1)				Grados de libertad = 311		
Ho = 0				Ha ≠ 0 : Pr(T > t) = 0.00		
t = -5.85						

La Tabla 5 muestra los principales resultados de regresión de los modelos básicos. En general, los resultados de regresión se alinean con los hallazgos de las pruebas *t*; ello indica que la evidencia no respalda la efectividad del tratamiento en el caso de Microeconomía A, como se observa en el análisis intragrupo (columna 1). Parece que la música tuvo un efecto negativo en las puntuaciones de MCQ, pues la puntuación promedio se redujo en, aproximadamente, cinco puntos. Por el contrario, en el grupo de tratamiento, sí se aprecia un impacto positivo, con un aumento promedio de ocho puntos en el caso de Microeconomía B, como se observa en el análisis intragrupo (columna 2).

En el primer parcial (columna 3), donde Microeconomía A sirve como grupo de tratamiento y Microeconomía B como grupo de control, el análisis intergrupo indica un impacto positivo del tratamiento, que asciende a aproximadamente ocho puntos. Por el contrario, en el segundo parcial (columna 4), donde Microeconomía B está designado como el grupo de tratamiento y Microeconomía A como el grupo de control, el coeficiente de tratamiento carece de significancia estadística.

En el caso de Economía Internacional (columna 5), los resultados de regresión sugieren un impacto positivo del tratamiento de alrededor de 20 puntos. También es notable que la mayoría de las variables de control son estadísticamente significativas solo en el caso de Economía Internacional. En otras palabras, la mayoría de las variables de control carecen

de relevancia para explicar las puntuaciones de MCQ. Esto tiene sentido si se considera que es el contenido de la clase lo que debería explicar los resultados de los *quizzes*.

Como pruebas adicionales de robustez, el análisis se replicó utilizando efectos fijos (sin variables de control que son invariantes en el tiempo) y los coeficientes del tratamiento fueron cualitativamente los mismos. Asimismo, el análisis se replicó incluyendo diferentes combinaciones de variables de control (para ello, se utilizaron las preguntas en la Tabla 1) y dicotómicas temporales. El uso de estas últimas afectó de forma negativa a la relevancia del tratamiento, pero quedó claro que las dicotómicas temporales se superponían a él, pues presentaban significancia estadística y el signo esperado en los tiempos del tratamiento (excepto para Microeconomía A). Además, en el caso de Microeconomía, el análisis se replicó utilizando submuestras de género y los hallazgos fueron los mismos (no se recogen en las tablas).

Debido a la naturaleza de las puntuaciones de los MCQ, que podrían tender a proporcionar variables discretas (en especial en el caso de Microeconomía debido a las preguntas de verdadero/falso), el análisis de regresión se replicó utilizando regresiones logísticas. Los MCQ con una puntuación de 100 se codificaron como 1 y como 0 en caso contrario. Estos resultados se informan en la Tabla 6. En general, los hallazgos principales son similares; en el caso de Microeconomía, la evidencia es mixta.

TABLA 5. Resultados de regresión.

	(1) Microeconomía A	(2) Microeconomía B	(3) Primer parcial Microeconomía A vs. B	(4) Segundo parcial Microeconomía A vs. B	(5) Economía Internacional
Tratamiento	-5.01***	8.32**	8.12***	-4.03	20.48***
Q2 (música molesta)	0.18	1.05	0.31	-0.08	1.00
Q7 (prestar atención)	0.02	-2.55	-1.00	-0.11	-0.30
Q8 (problemas covid-19)	-0.18	1.53	-0.57	0.62	-4.08***
Q13 (problemas con inglés)	0.54	0.90	1.57	0.40	-0.89
Q15 (GPA semestre actual)	-1.08	5.13	0.21	1.97	7.88***
Prueba de micro 1	0.03	0.03	0.03	0.004	0.20
Prueba de micro 2					-0.14
Prueba de macro					0.42**
Constante	98.04***	39.69	76.99***	70.24***	5.04
Observaciones	249	172	232	189	286
<i>n</i> x <i>t</i>	23 x 11	17 x 11	40 x 6	39 x 5	19 x 16
<i>r</i> ²	0.03	0.06	0.05	0.03	0.19

Nota: efectos-aleatorios regresión GLS. (*) [**] and {***} indican significancia estadística en los niveles de (10%) [5%] y {1%}.

TABLA 6. Resultados de la regresión logística.

	(1) Microeconomía A	(2) Microeconomía B	(3) Primer parcial Microeconomía A vs. B	(4) Segundo parcial Microeconomía A vs. B	(5) Economía Internacional
Tratamiento	-0.85***	0.52 ^ψ	0.15	-0.56	1.67***
Q2 (música molesta)	0.05	0.08	0.07	-0.02	-0.04
Q7 (prestar atención)	-0.02	-0.26	-0.01	-0.16	0.07
Q8 (problemas covid-19)	-0.07	0.13	-0.09	0.10	-0.23*
Q13 (problemas con inglés)	0.10	0.09	0.16	0.05	0.05
Q15 (GPA semestre actual)	-0.17	0.39	-0.06	0.24	0.40*
Prueba de micro 1	0.002	0.0003	-0.002	0.003	0.02
Prueba de micro 2					-0.005
Prueba de macro					0.01
Constante	2.72	-2.07	0.60	-0.24	-5.51**
Observaciones	249	172	232	189	286
<i>n x t</i>	23 x 11	17 x 11	40 x 6	39 x 5	19 x 16

Notas: las regresiones logísticas reportan coeficientes. La razón de probabilidades se calcula como $\exp(\beta)$, donde β representa el coeficiente de regresión. (*), (**), (***) indican significancia estadística en los niveles de (10%), (5%) y (1%), ψ valor- $p = 0.126$

5. Discusión

Los resultados son robustos con respecto a Economía Internacional. En cambio, la evidencia es algo mixta en el caso de los grupos de Microeconomía. Es posible que el tipo de MCQ utilizados para medir el rendimiento académico en estas clases no fuera el más apropiado, sobre todo en cuanto a las preguntas de verdadero/falso, donde los estudiantes tienen un 50% de probabilidad de adivinar la respuesta correcta. Sobre esta cuestión, poco se puede hacer, ya que los *quizzes* están preparados con el programa de estudios en mente más que con el propósito de realizar un diseño experimental para probar el impacto de la música binaural. Es importante recordar que los datos de esta investigación provienen de un experimento natural.

A la luz del argumento, el cuestionario de antecedentes proporciona más información para explicar los problemas en el caso de Microeconomía y a favor de la música binaural. Hay una pregunta abierta: «¿tienes algún comentario sobre la música mencionada?». En general, a los estudiantes les gustó la música. Los comentarios más comunes fueron del tipo «relajante», «me relajó», «me gustó», «me gustó, atrajo la atención en clase», «me pareció una buena idea; personalmente, no me molestó ni nada, al contrario, fue cómodo», «es una música muy tranquila que, después de escucharla un rato, me olvido de ella». Estos comentarios coinciden con hallazgos empíricos previos que sugieren que la música binaural contribuye a la relajación, en particular en los jóvenes (Lee-Harris *et al.*, 2018).

Sin embargo, algunos estudiantes también mencionaron cierto tipo de incomodi-

dad (un estudiante de Economía Internacional, cuatro estudiantes de Microeconomía A y dos estudiantes de Microeconomía B). En el caso de los estudiantes de Microeconomía, muchas veces, el comentario negativo sobre la música se relacionó con la calidad de la conexión a internet y del sonido; por ejemplo: «se distorsionaba por el micrófono y se oía mal», «un poco molesto por la plataforma, sería mejor que cada estudiante reprodujera esa música por su cuenta», «a veces, el volumen de la música era muy alto, me hubiera gustado otro tipo de música (más instrumental), pero eso ya es un caso individual», «se oía mal y de vez en cuando llegaba a molestar». Por lo tanto, en Microeconomía, los resultados mixtos de los efectos de la música binaural en el rendimiento académico podrían estar relacionados con la calidad de la conexión a internet y del sonido.

En general, las preguntas abiertas del cuestionario de antecedentes y los resultados estadísticos y de regresión apoyan la expectativa de una influencia positiva de la música binaural en el rendimiento académico. Dado que no existen otros estudios con un objetivo similar, no es posible comparar y discutir los resultados actuales con la literatura previa específica de este tipo de música. No obstante, los resultados parecen estar en línea con el efecto Mozart y sus implicaciones socioculturales, aunque hay que tener cuidado de no interpretarlos como poderes mágicos (Beauvais, 2015). Además, los hallazgos son consistentes con estudios que sugieren una correlación positiva entre la música, la concentración, la relajación, el estado de ánimo y los resultados educativos (Antony *et al.*, 2018; Dosseville *et al.*,

2012; Ishiguro *et al.*, 2023; Pavlyugina *et al.*, 2012). En particular, coinciden con el papel de la música clásica instrumental en las clases, que mejora el ambiente de aprendizaje y conduce a mejores puntuaciones en las pruebas, lo cual contribuye, en última instancia, a un mayor logro educativo (Dosseville *et al.*, 2012).

Por lo tanto, la música binaural ayuda a concentrarse y mejora el rendimiento académico. Además, sus efectos positivos son a largo plazo, prácticamente durante todo un semestre. Algunos estudios anteriores han utilizado música clásica y datos de una sola clase o ejercicio, con lo que han proporcionado resultados en un único punto en el tiempo y a corto plazo (Dosseville *et al.*, 2012; Pavlyugina *et al.*, 2012).

Sin embargo, está claro que no todos los estudiantes disfrutan de la música binaural (dado los comentarios generales de los estudiantes citados con anterioridad), lo cual coincide con estudios previos (Rahman *et al.*, 2021). Múltiples factores pueden estar afectando las emociones y respuestas de los oyentes a la música binaural; la literatura ha enfatizado la familiaridad y las preferencias (Lee-Harris *et al.*, 2018). Además, la evidencia sugiere que no todos los individuos responden de igual manera a la misma música binaural, ya que presentan diferentes estados de ondas cerebrales (Sharma *et al.*, 2017). Por lo tanto, incluso cuando cabría sugerir usar la música en el proceso tradicional de enseñanza-aprendizaje en el aula, híbrida o no, es más importante que los estudiantes sean conscientes del impacto positivo de la música binaural para concentrarse y, por ende, para estudiar. Por lo

tanto, como algunos participantes comentaron a modo individual en el cuestionario de antecedentes, cada estudiante debería reproducir, mientras estudia, aquella música que encaje con sus preferencias personales.

5.1. Limitaciones clave de esta investigación y futuras investigaciones

Primero, aunque los datos de panel ofrecen numerosas ventajas y tanto las variables dependientes como las independientes se miden directamente, ciertas variables de control incluidas en el análisis, como el promedio de calificaciones, los problemas de internet y los problemas con el idioma, son observacionales y autoinformadas. Segundo, las variables explicativas que son invariables en el tiempo o cambian con lentitud, como las variables psicológicas, el estatus socioeconómico (educación, ocupación e ingresos de los padres), el capital cultural y el capital social, no se observan de forma directa en el conjunto de datos. En su lugar, se controlan mediante datos de panel y un diseño cuasiexperimental. Sin embargo, sería deseable incluir estas variables en futuras investigaciones. Además, debido a la naturaleza en línea de las clases, no fue posible asegurar que los estudiantes estuvieran atentos tanto a las explicaciones del profesor como a la música. En consecuencia, la causalidad sigue siendo una preocupación potencial. Por lo tanto, para controlar mejor la causalidad, se requiere una investigación adicional que emplee una muestra más grande y diseños experimentales estrictos, y que aborde con sumo cuidado los problemas éticos. No obstante, a favor de esta investigación, cabe destacar que los comentarios generales de los estudiantes sobre la música coinciden con los hallazgos estadísticos. La mayoría de los

estudiantes reconocieron que la música binaural es relajante y los ayuda a concentrarse.

La investigación futura también debería evaluar el papel de otros géneros musicales, sus asociaciones con diferentes materias y sus efectos a lo largo de diferentes períodos de tiempo. Así, cabría analizar la relación entre las preferencias musicales y el rendimiento académico. Además, nuevos estudios podrían proporcionar información adicional sobre los beneficios de la música binaural al examinar sus efectos en diversos contextos. Por ejemplo, probar el impacto de la música binaural en el lugar de trabajo, sobre todo en aquellos que requieren niveles altos de concentración. En definitiva, sería interesante desarrollar otro tipo de estudios de intervención que utilicen música binaural para apoyar los principales hallazgos de esta investigación y contribuir al desarrollo de políticas públicas. En otras palabras, «la música está presente en la vida cotidiana de los humanos y puede ser utilizada para aumentar la eficiencia de muchos tipos de actividad profesional» (Pavlyugina *et al.*, 2012, p. 354).

6. Observaciones finales

El aula ha estado cambiando durante los últimos 20 años y ha incorporado nuevas herramientas para ayudar en el proceso de enseñanza-aprendizaje, como proyectores, computadoras e internet. En general, el proceso de enseñanza-aprendizaje evoluciona con el tiempo, pero la pandemia ha acelerado cambios imprevistos, en particular en los avances tecnológicos (Keržič *et al.*, 2021; Nieto-Escamez y Roldán-Tapia, 2021). En este contexto, los hallazgos de esta investigación pueden agregarse a la extensa lista

de nuevas y positivas estrategias didácticas. La evidencia sugiere que la música binaural puede ser muy útil como herramienta didáctica en el aula, ya sea virtual o no, o como una táctica adicional para que los estudiantes se concentren y estudien en casa. En consecuencia, de acuerdo con el presente estudio, se recomienda el uso de música binaural de fondo en el aula, de manera análoga a la música utilizada durante el ejercicio físico o las compras en el centro comercial. Sin embargo, los instructores deben regular su uso según las señales o gestos de los estudiantes que indiquen incomodidad. Esta estrategia puede ayudar a los alumnos a concentrarse en la clase, sobre todo a quienes precisan descansos frecuentes o tienen períodos de atención más cortos (Bradbury, 2016).

Notas

¹ El conjunto de datos para la replicación y los resultados directos del *software* están disponibles en el siguiente enlace: <https://figshare.com/s/73b74b06ecb488cba7d4>

² Esta pieza está disponible en el siguiente enlace: <https://www.youtube.com/watch?v=mg7netw1JuMyt=3439s>

³ Solo en este momento, en los grupos de Microeconomía, se observó que algunos estudiantes respondieron los quizzes (MCQ) muy rápido (en algunos casos, después de unos pocos segundos) de forma sistemática. Por lo tanto, estas observaciones fueron eliminadas del análisis (como valores atípicos). En cambio, en la clase de Economía Internacional, los estudiantes incluso solicitaron uno o dos minutos adicionales para responder los MCQ.

Contribución del autor

Edgar Demetrio Tovar-García: Análisis formal; Administración del proyecto; Conceptualización; Curación de datos; Escritura (borrador original); Escritura (revisión y edición); Investigación; Metodología; Recursos; *Software*; Validación; Visualización.

Agradecimientos

El autor desea agradecer a todos los estudiantes que participaron en este estudio y a dos revisores anónimos por sus comentarios. Este artículo fue completado en cumplimiento parcial de la Especialidad en Competencias Didácticas en la Universidad Panamericana, Guadalajara, México. El autor también agradece al director del Laboratorio Internacional de Economía Experimental y del Comportamiento, así como a todos los participantes en la XIV Conferencia Internacional sobre Educación Superior en la Universidad Nacional de Investigación Escuela Superior de Economía, Moscú. La investigación fue preparada dentro del marco del Programa de Investigación Básica en la Universidad Nacional de Investigación Escuela Superior de Economía.

Intereses en competencia

El autor declara no tener intereses financieros, profesionales o personales que pudieran haber influido en la ejecución o presentación del trabajo descrito en este manuscrito. La selección musical utilizada en este estudio fue compuesta y grabada por Greenred Productions, pero está disponible gratuitamente para el público. Por lo tanto, Greenred Productions no tiene conflicto de interés financiero.

Aprobación ética

La aprobación ética no se solicitó debido a problemas de acceso a los comités de revisión ética durante la pandemia de covid-19. Dada la crisis y los procesos de enseñanza en línea, este enfoque se alinea con los re-

quisitos de la institución donde se realizó la investigación y con las herramientas didácticas generales que esta respalda. Además, el estudio conllevó una intervención no invasiva de música de fondo, con la colaboración voluntaria de los participantes, como lo demuestra su apoyo para su implementación (y su consentimiento por escrito). Los estudiantes no informaron efectos adversos u objeciones durante el estudio.

Es importante destacar la ausencia de condiciones experimentales que pudieran plantear riesgos para el bienestar de los participantes. Ello refuerza la noción de un estudio seguro y conducido de forma ética. En general, la respuesta de los participantes fue positiva y no se observaron resultados negativos en el proceso de investigación. De ello se infiere que no se asociaron daños significativos con la participación en este estudio ni con su posterior publicación. Por último, cabe señalar que los datos recolectados se utilizaron de manera agregada y anónima.

Consentimiento informado

Todos los participantes proporcionaron consentimiento informado por escrito.

Datos disponibles en: <https://figshare.com/s/73b74b06ecb488cba7d4>

Referencias bibliográficas

Albar, S. B., y Southcott, J. E. (2021). Problem and project-based learning through an investigation lesson: Significant gains in creative thinking behaviour within the Australian foundation (preparatory) classroom [Aprendizaje basado en problemas y proyectos a través de una lección de investigación: mejoras significativas en el comportamiento de pensamiento creativo dentro del aula australiana]

- de fundamentos (preparatoria)]. *Thinking Skills and Creativity*, 41, 100853. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2021.100853>
- Algalani, U. F., Tigabu, B. M., Rahim, Y. R., Alzbeede, A. A., y Alshaikhli, L. O. (2023). The impact of music on stress reduction and academic performance of dental students [El impacto de la música en la reducción del estrés y el rendimiento académico de los estudiantes de odontología]. *Cureus*, 15 (10), e46554. <https://doi.org/10.7759/cureus.46554>
- Antony, M., Priya, V. V., y Gayathri, R. (2018). Effect of music on academic performance of college students [Efecto de la música en el rendimiento académico de los estudiantes universitarios]. *Drug Invention Today*, 10 (10), 2093-2096.
- Bae, J., Yoo, S., Kim, H., Kim, Y., Kim, J.-T., Lim, Y.-J., y Kim, H.-S. (2023). Effect of real-time binaural music on sedation with dexmedetomidine during spinal anesthesia: A triple-arm, assessor-blind, randomized controlled trial [Efecto de la música binaural en tiempo real sobre la sedación con dexmedetomidina durante la anestesia raquídea: ensayo controlado aleatorizado, ciego y con tres brazos de evaluación]. *Journal of Clinical Anesthesia*, 84, 110997. <https://doi.org/10.1016/j.jclinane.2022.110997>
- Baker, D., Hallam, S., y Rogers, K. (2023). Does learning to play an instrument have an impact on change in attainment from age 11 to 16? [¿Influye el aprendizaje de un instrumento en la evolución de los resultados escolares entre los 11 y los 16 años?]. *British Journal of Music Education*, 40 (3), 297-310. <https://doi.org/10.1017/S0265051723000116>
- Beauvais, C. (2015). The 'Mozart effect': A sociological reappraisal [El 'efecto Mozart': una reevaluación sociológica]. *Cultural Sociology*, 9 (2), 185-202. <https://doi.org/10.1177/1749975514557096>
- Blasco-Magraner, J. S., Marín-Liéban, P., y Botella-Nicolás, A. M. (2022). Efectos de la educación musical en el desarrollo emocional de adolescentes entre 10 y 18 años. Una revisión sistemática. *Música Hodie*, 22, e68847. <https://doi.org/10.5216/mh.v22.68847>
- Bradbury, N. A. (2016). Attention span during lectures: 8 seconds, 10 minutes, or more? [Capacidad de atención durante las clases: ¿8 segundos, 10 minutos o más?]. *Advances in Physiology Education*, 40 (4), 509-513. <https://doi.org/10.1152/advan.00109.2016>
- Brazhnikova, Y. A. (2016). Innovative technique of working with music text by symmetry operations [Técnica innovadora de trabajo con texto musical mediante operaciones de simetría]. *Integration of Education*, 20 (4), 507-521. <https://doi.org/10.15507/1991-9468.085.020.201604.507-521>
- Briscoe, J. R., Daugherty, C. D., Terui, S., y Goldsmith, J. V. (2022). Theory in praxis: Using the modified version of the Social Network Strategy (mSNS) as a pedagogical tool for understanding [La teoría en la práctica: uso de la versión modificada de la Estrategia de Redes Sociales (mSNS) como herramienta pedagógica para comprender]. *Communication Teacher*, 36 (4), 281-288. <https://doi.org/10.1080/17404622.2022.2035420>
- Burnard, P., y Younker, B. A. (2004). Problem-solving and creativity: Insights from students' individual composing pathways [Resolución de problemas y creatividad: perspectivas de los itinerarios individuales de composición de los alumnos]. *International Journal of Music Education*, 22 (1), 59-76. <https://doi.org/10.1177/0255761404042375>
- Castillo-Montoya, M. (2019). Professors' pedagogical strategies for teaching through diversity [Estrategias pedagógicas de los profesores para enseñar a través de la diversidad]. *The Review of Higher Education*, 42 (5), 199-226. <https://doi.org/10.1353/rhe.2019.0050>
- Cheah, Y., Wong, H. K., Spitzer, M., y Coutinho, E. (2022). Background music and cognitive task performance: A systematic review of task, music, and population impact [Música de fondo y rendimiento en tareas cognitivas: una revisión sistemática del impacto de la tarea, la música y la población]. *Music y Science*, 5, 1-44. <https://doi.org/10.1177/20592043221134392>
- Dosseville, F., Laborde, S., y Scelles, N. (2012). Music during lectures: Will students learn better? [Música durante las clases: ¿Aprenderán mejor los alumnos?]. *Learning and Individual Differences*, 22 (2), 258-262. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2011.10.004>
- Filimon, R. C. (2010). Beneficial subliminal music: Binaural beats, hemi-sync and metamusic [Música subliminal beneficiosa: pulsos binaurales, hemi-sync y metamúsica]. En V. Munteanu, R. Raducanu, G. Dutica, A. Croitoru, & V.E. Balas (Eds.), *Recent Advances in Acoustics & Music. Proceedings of the 11th WSEAS International Conference on Acoustics and Music: Theory and Applications (AMTA '10)* (pp. 103-108). WSEAS Press. <http://wseas.us/e-library/conferences/2010/Iasi/AMTA/AMTA-18.pdf>
- García-Argibay, M., Santet, M. A., y Reales, J. M. (2019). Efficacy of binaural auditory beats in cognition, anxiety, and pain perception: A meta-analysis [Eficacia de los ritmos auditivos binaurales en la

- cognición, la ansiedad y la percepción del dolor: un metaanálisis]. *Psychological Research*, 83 (2), 357-372. <https://doi.org/10.1007/s00426-018-1066-8>
- Gershon, W. S., y Ben-Horin, O. (2014). Deepening inquiry: What processes of making music can teach us about creativity and ontology for inquiry based science education [Profundizar en la indagación: lo que los procesos de creación musical pueden enseñarnos sobre creatividad y ontología para la enseñanza de las ciencias basada en la indagación]. *International Journal of Education and the Arts*, 15 (19), 38.
- Gillanders, C., y Casal De La Fuente, L. (2020). Enhancing mathematical thinking in early childhood through music [Potenciar el pensamiento matemático en la primera infancia a través de la música]. *Pedagogies*, 15 (1), 60-79. <https://doi.org/10.1080/1554480X.2019.1673167>
- Guhn, M., Emerson, S. D., y Gouzouasis, P. (2019). A population-level analysis of associations between school music participation and academic achievement [Un análisis a nivel de población de las asociaciones entre la participación en la música escolar y el rendimiento académico]. *Journal of Educational Psychology*, 112 (2), 308-328. <https://doi.org/10.1037/edu0000376>
- Halawa, S., Hsu, Y.-S., Zhang, W.-X., Kuo, Y.-R., y Wu, J.-Y. (2020). Features and trends of teaching strategies for scientific practices from a review of 2008-2017 articles [Características y tendencias de las estrategias de enseñanza de prácticas científicas a partir de una revisión de artículos de 2008-2017]. *International Journal of Science Education*, 42 (7), 1183-1206. <https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1752415>
- Hallam, S., y Price, J. (1998). Can the use of background music improve the behaviour and academic performance of children with emotional and behavioural difficulties? [¿Puede el uso de música de fondo mejorar el comportamiento y el rendimiento académico de los niños con dificultades emocionales y de conducta?]. *British Journal of Special Education*, 25 (2), 88-91. <https://doi.org/10.1111/1467-8527.t01-1-00063>
- Hickey, P., Barnett-Young, A., Patel, A. D., y Race, E. (2020). Environmental rhythms orchestrate neural activity at multiple stages of processing during memory encoding: Evidence from event-related potentials [Los ritmos ambientales orquestan la actividad neuronal en múltiples etapas de procesamiento durante la codificación de la memoria: evidencias a partir de potenciales relacionados con eventos]. *PLoS ONE*, 15 (11), e0234668. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0234668>
- Holmes, S. (2021). The wider cognitive benefits of engagement with music. En A. Creech, D. A. Hodges, S. Hallam (Eds.), *Routledge international handbook of music psychology in education and the community [Manual internacional Routledge de psicología musical en la educación y la comunidad]*. Routledge.
- Ilari, B. (2020). Longitudinal research on music education and child development: Contributions and challenges [Investigación longitudinal sobre educación musical y desarrollo infantil: aportaciones y retos]. *Music and Science*, 3, 1-21. <https://doi.org/10.1177/2059204320937224>
- Ilari, B., Perez, P., Wood, A., y Habibi, A. (2019). The role of community-based music and sports programmes in parental views of children's social skills and personality [El papel de los programas comunitarios de música y deporte en las opiniones de los padres sobre las habilidades sociales y la personalidad de los niños]. *International Journal of Community Music*, 12 (1), 35-56. https://doi.org/10.1386/ijcm.12.1.35_1
- Ingendoh, R. M., Posny, E. S., y Heine, A. (2023). Binaural beats to entrain the brain? A systematic review of the effects of binaural beat stimulation on brain oscillatory activity, and the implications for psychological research and intervention [¿Latidos binaurales para entrenar el cerebro? Revisión sistemática de los efectos de la estimulación con ritmos binaurales en la actividad oscilatoria cerebral y sus implicaciones para la investigación y la intervención psicológicas]. *PLOS ONE*, 18 (5), e0286023. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0286023>
- Ishiguro, C., Ishihara, T., y Morita, N. (2023). Extracurricular music and visual arts activities are related to academic performance improvement in school-aged children [Las actividades extraescolares de música y artes visuales están relacionadas con la mejora del rendimiento académico en niños en edad escolar]. *Npj Science of Learning*, 8 (1), 7. <https://doi.org/10.1038/s41539-023-00155-0>
- Jaschke, A. C., Eggermont, L. H. P., Honing, H., y Scherder, E. J. A. (2013). Music education and its effect on intellectual abilities in children: A systematic review [La educación musical y su efecto en las capacidades intelectuales de los niños: una revisión sistemática]. *Reviews in the Neurosciences*, 24 (6), 665-675. <https://doi.org/10.1515/revneuro-2013-0023>
- Keržič, D., Alex, J. K., Pamela Balbontín Alvarado, R., Bezerra, D. da S., Cheraghi, M., Dobrowolska, B., Faghamigbe, A. F., Faris, M. E., França, T.,

- González-Fernández, B., Gonzalez-Robledo, L. M., Inasius, F., Kar, S. K., Lazányi, K., Lazăr, F., Machin-Mastromatteo, J. D., Marôco, J., Marques, B. P., Mejía-Rodríguez, O., ... Aristovnik, A. (2021). Academic student satisfaction and perceived performance in the e-learning environment during the COVID-19 pandemic: Evidence across ten countries [Satisfacción de los estudiantes académicos y rendimiento percibido en el entorno de aprendizaje electrónico durante la pandemia COVID-19: datos de diez países]. *PLOS ONE*, 16 (10), e0258807. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0258807>
- Koponen, J. (2019). The flipped classroom approach for teaching cross-cultural communication to millennials [El enfoque *flipped classroom* para la enseñanza de la comunicación intercultural a los millennials]. *Journal of Teaching in International Business*, 30 (2), 102-124. <https://doi.org/10.1080/08975930.2019.1663776>
- Krugman, P. R., Obstfeld, M., y Melitz, M. J. (2018). *International economics: Theory and policy [Economía internacional: Teoría y política]* (11th ed.). Pearson.
- Lee-Harris, G., Timmers, R., Humberstone, N., y Blackburn, D. (2018). Music for relaxation: A comparison across two age groups [Música para la relajación: una comparación entre dos grupos de edad]. *Journal of Music Therapy*, 55 (4), 439-462. <https://doi.org/10.1093/jmt/thy016>
- McBride, E. E., y Greeson, J. M. (2023). Mindfulness, cognitive functioning, and academic achievement in college students: The mediating role of stress [Música para la relajación: una comparación entre dos grupos de edad]. *Current Psychology*, 42 (13), 10924-10934. <https://doi.org/10.1007/s12144-021-02340-z>
- Mega, C., Ronconi, L., y De Beni, R. (2014). What makes a good student? How emotions, self-regulated learning, and motivation contribute to academic achievement [¿Qué hace a un buen estudiante? Cómo las emociones, el aprendizaje autorregulado y la motivación contribuyen al rendimiento académico]. *Journal of Educational Psychology*, 106 (1), 121-131. <https://doi.org/10.1037/a0033546>
- Nantais, K. M., y Schellenberg, E. G. (1999). The Mozart effect: An artifact of preference [El efecto Mozart: un artefacto de preferencia]. *Psychological Science*, 10 (4), 370-373. <https://doi.org/10.1111/1467-9280.00170>
- Nieto-Escamez, F. A., y Roldán-Tapia, M. D. (2021). Gamification as online teaching strategy during covid-19: A mini-review [La gamificación como estrategia de enseñanza en línea durante el covid-19: una minirevisión]. *Frontiers in Psychology*, 12, 648552. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.648552>
- Orozco, H. D., Dumas, G., y Lehmann, A. (2020). Binaural beats through the auditory pathway: From brainstem to connectivity patterns [Latidos binaurales a través de la vía auditiva: del tronco encefálico a los patrones de conectividad]. *ENeuro*, 7 (2), 1-18. <https://doi.org/10.1523/ENEURO.0232-19.2020>
- OpenAI. (2023). *ChatGPT (versión del 14 de marzo) [Modelo de lenguaje amplio]*. <https://chat.openai.com/chat>
- Parkin, M. (2019). *Microeconomics [Microeconomía]* (13th ed.). Pearson.
- Pavlyugina, R. A., Karamysheva, N. N., Sakharov, D. S., y Davydov, V. I. (2012). Influence of music on the solution of mathematical logical tasks [Influencia de la música en la resolución de tareas lógico-matemáticas]. *Human Physiology*, 38 (4), 354-360. <https://doi.org/10.1134/S0362119712030097>
- Pekrun, R., Goetz, T., Titz, W., y Perry, R. P. (2002). Academic emotions in students' self-regulated learning and achievement: A program of qualitative and quantitative research [Las emociones académicas en el aprendizaje autorregulado y el rendimiento de los estudiantes: un programa de investigación cualitativa y cuantitativa]. *Educational Psychologist*, 37 (2), 91-105. https://doi.org/10.1207/S15326985EP3702_4
- Pelletier, C. L. (2004). The effect of music on decreasing arousal due to stress: A meta-analysis [El efecto de la música en la disminución de la excitación debida al estrés: un metaanálisis]. *Journal of Music Therapy*, 41 (3), 192-214. <https://doi.org/10.1093/jmt/41.3.192>
- Rahman, J. S., Gedeon, T., Caldwell, S., y Jones, R. (2021). Can binaural beats increase your focus? Exploring the effects of music in participants' conscious and brain activity responses [¿Pueden los ritmos binaurales aumentar la concentración? Exploración de los efectos de la música en las respuestas conscientes y de actividad cerebral de los participantes]. *Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings, May*, 6. <https://doi.org/10.1145/3411763.3451813>
- Rauscher, F., Shaw, G., y Ky, C. (1993). Music and spatial task performance [Música y rendimiento en tareas espaciales]. *Nature*, 365, 611. <https://doi.org/10.1038/365611a0>
- Rose, D., Jones, A., y Heaton, P. (2019). Measuring the impact of musical learning on cognitive, behavioural and socio-emotional wellbeing development in children [Medir el impacto del aprendizaje musical en el desarrollo del bienestar cognitivo,

- conductual y socioemocional de los niños]. *Psychology of Music*, 47 (2), 284-303. <https://doi.org/10.1177/0305735617744887>
- Schroeder, C. M., Scott, T. P., Tolson, H., Huang, T.-Y., y Lee, Y.-H. (2007). A meta-analysis of national research: Effects of teaching strategies on student achievement in science in the United States [Un metaanálisis de la investigación nacional: efectos de las estrategias de enseñanza en el rendimiento de los alumnos de ciencias en Estados Unidos]. *Journal of Research in Science Teaching*, 44 (10), 1436-1460. <https://doi.org/10.1002/tea.20212>
- Sharma, M., Biros, D., Ayyalasomayajula, S., y Dalal, N. (2020). Teaching programming to the post-millennial generation: Pedagogic considerations for an IS course [Enseñar programación a la generación postmilenial: consideraciones pedagógicas para un curso de SI]. *Journal of Information Systems Education*, 31 (2), 96-105. <http://jise.org/Volume31/n2/JISEv31n2p96.html>
- Sharma, S., Rewadkar, S., Pawar, H., Deokar, V., y Lomte, V. M. (2017). Survey on binaural beats and background music for increased focus and relaxation [Encuesta sobre ritmos binaurales y música de fondo para aumentar la concentración y la relajación. En *2017 International Conference on Emerging Trends and Innovation in ICT*, (pp. 98-103). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ETICT.2017.7977018>
- Stough, C., Kerkin, B., Bates, T., y Mangan, G. (1994). Music and spatial IQ [Música y CI espacial]. *Personality and Individual Differences*, 17 (5), 695. [https://doi.org/10.1016/0191-8869\(94\)90145-7](https://doi.org/10.1016/0191-8869(94)90145-7)
- Suárez, L., Elangovan, S., y Au, A. (2016). Cross-sectional study on the relationship between music training and working memory in adults [Estudio transversal sobre la relación entre el entrenamiento musical y la memoria de trabajo en adultos]. *Australian Journal of Psychology*, 68 (1), 38-46. <https://doi.org/10.1111/ajpy.12087>
- Thompson, W. F., Schellenberg, E. G., y Husain, G. (2001). Arousal, mood, and the Mozart effect [Excitación, estado de ánimo y efecto Mozart]. *Psychological Science*, 12 (3), 248-251. <https://doi.org/10.1111/1467-9280.00345>
- Waterhouse, L. (2006). Multiple intelligences, the Mozart effect, and emotional intelligence: A critical review [Inteligencias múltiples, efecto Mozart e inteligencia emocional: una revisión crítica]. *Educational Psychologist*, 41 (4), 207-225. https://doi.org/10.1207/s15326985ep4104_1
- Wichian, S. N., Klaphajone, J., y Phrompayak, D. (2021). Effects of music embedded with binaural and superimposed beats controlling hypertension in older adults: A quasi experimental study [Efectos de la música incorporada con ritmos binaurales y superpuestos en el control de la hipertensión en adultos mayores: un estudio cuasiexperimental]. *Pacific Rim International Journal of Nursing Research*, 25 (3), 345-358.
- Wiwatwongwana, D., Vichitvejpaisal, P., Thaikruea, L., Klaphajone, J., Tantong, A., y Wiwatwongwana, A. (2016). The effect of music with and without binaural beat audio on operative anxiety in patients undergoing cataract surgery: A randomized controlled trial [Efecto de la música con y sin audio de ritmos binaurales sobre la ansiedad operatoria en pacientes sometidos a cirugía de cataratas: un ensayo controlado aleatorizado]. *Eye (Basingstoke)*, 30 (11), 1407-1414. <https://doi.org/10.1038/eye.2016.160>
- Ye, L., Posada, A., y Liu, Y. (2019). A review on the relationship between chinese adolescents' stress and academic achievement [Una revisión de la relación entre el estrés y el rendimiento académico de los adolescentes chinos]. *New Directions for Child and Adolescent Development*, 163, 81-95. <https://doi.org/10.1002/cad.20265>

Biografía del autor

Edgar Demetrio Tovar-García. Doctor en Economía por la Universidad de Barcelona. Ha trabajado como consultor a corto plazo para el Banco Mundial y ha ocupado cargos como profesor investigador en varias universidades en México y Rusia. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores de México (nivel II del SNII). Sus intereses de investigación incluyen la economía de la educación, la política lingüística, los aspectos económicos de la religión y el emprendimiento, entre otros. Sigue un enfoque de investigación diverso y multidisciplinario, con énfasis en las implicaciones políticas y el modelado econométrico, en especial en el análisis de regresión mediante datos de panel.



<https://orcid.org/0000-0002-8826-0004>

