



Condiciones acústicas en las Instituciones Educativas: una revisión de literatura

Acoustic conditions in Educational Institutions: a literature review

Jose Luis Orjuela Flérez, Suraima Tapia Rojas
Corporación Universitaria Latinoamericana, Colombia

Open Access

Editor

Nadia León
Corporación Universitaria Latinoamericana

Correspondencia

jlorjuelaf@ul.edu.co

Recibido: 11 de enero de 2022

Aceptado: 20 de abril de 2022

Publicado: 1 junio de 2022

Distribuido por:

Creative Commons CC-
BY 4.0



© Copyright
2022 Enfoque Latinoamericano

Resumen

Por lo tanto, en esta investigación se planteó como objetivo: Realizar una revisión de la literatura relacionada con conceptos, normas y criterios utilizados en el diseño y condiciones acústicas de las aulas de clase en las Instituciones Educativas. Para ello, se revisaron libros, artículos científicos, tesis académicas, manuales y modelos relacionados con la temática acústica, enfocada en la relación con el desempeño de estudiantes y de la salud de los profesores. Se concluyó que: (i) Hay relación directamente proporcional entre las condiciones acústicas de las aulas de clase y la salud vocal de los docentes, así como con el estrés en los mismos. (ii) Hay relación directamente proporcional entre las condiciones acústicas de las aulas de clase y el rendimiento cognitivo de los estudiantes, así como de su inteligibilidad del habla. (iii) En países en vías de desarrollo la normatividad aplicable al diseño acústico de las Instituciones Educativas es deficiente con relación a las de países desarrollados.

Palabras clave: Acústica, diseño, condición.

Abstract

Therefore, in this research the objective was: To carry out a review of the literature related to concepts, norms and criteria used in the design and acoustic conditions of classrooms in Educational Institutions. For this, books, scientific articles, academic theses, manuals and models related to the acoustic theme were reviewed, focused on the relationship with the performance of students and the health of teachers. It was concluded that: (i) There is a directly proportional relationship between the acoustic conditions of the classrooms and the vocal health of the teachers, as well as with the stress in them. (ii) There is a directly proportional relationship between the acoustic conditions of the classrooms and the cognitive performance of the students, as well as their speech intelligibility. (iii) In developing countries, the regulations applicable to the acoustic design of Educational Institutions are deficient in relation to those of developed countries.

Keywords: Acoustics, design, condition.

Introducción

Tal como afirma Murillo & Martínez (2012), el clima académico “es uno de los factores que mejor explican el desempeño académico de los estudiantes; sin embargo, hay unos elementos del clima poco estudiados pero que juegan un importante papel en el aprendizaje: las condiciones ambientales del aula” (p.1).

En ese mismo sentido, (Duran et al. (2021) en su investigación encontró que:

Se cuenta con una cantidad significativa de estudios en calidad acústica de los recintos educativos los cuales han puesto en evidencia que, en su mayoría, se requieren mejoras en la arquitectura y materiales de las instituciones educativas, lo cual se ha abordado principalmente con la aplicación de tratamientos con materiales de absorción. Así mismo, se evidenció que la calidad acústica puede tener impactos en la percepción de bienestar y en la salud de los estudiantes y profesores y que, porcentajes significativos de esta población percibe el ruido como un factor perturbador. (p. 86)

Por lo anterior, se plantea como objetivo Realizar una revisión de la literatura relacionada con conceptos, normas y criterios utilizados en el diseño y condiciones acústicas de las aulas de clase en las Instituciones Educativas.

De igual manera, gracias a la Sección del libro titulada Acústica del Aula: Necesidad de Aulas Inteligentes para Solucionar los Efectos de la Contaminación Sonora sobre el Personal Docente, Sánchez et al., (2020) permite destacar que los docentes tienden a normalizar la contaminación sonora que soportan en el aula durante su actividad laboral, aspecto importante en el momento de caracterizar las condiciones acústicas en las aulas de clase. Igualmente, se destaca como aporte más importante que esta investigación propone como solución que las aulas inteligentes pueden ser una solución, ya que mediante el uso de tecnologías como la inteligencia artificial se puede ayudar a regular los factores ambientales del aula y mejorar el bienestar del alumnado y el equipo docente.

La importancia de este tema es definido por Aguilar (2019), quien afirma que:

Desde que la comunicación oral es el principal medio que utilizamos para aprender, la acústica se vuelve uno de los atributos más importantes del diseño arquitectónico de las aulas. Las condiciones acústicas adversas en las aulas afectan negativamente el aprendizaje, el desempeño y el desarrollo cognitivo de los estudiantes.

Asimismo, en la revisión de la literatura se encontró que Paterlini & Garzón (2018) en la investigación titulada Comodidad ambiental en aulas escolares, aporta un pormenorizado análisis de situación de los factores que influyen en el ambiente del aula, con la finalidad de aportar líneas de acción para las políticas públicas de tres ciudades capitales colombianas: Bogotá (departamento de Cundinamarca), Medellín (departamento de Antioquia) y Cali (departamento del Valle del Cauca). Lo anterior para lograr un amplio beneficio en el bienestar —entendido también como comodidad— de las comunidades educativas de las escuelas de estas ciudades. De igual manera, permite tener una visión integral del acondicionamiento ambiental que implica considerar aspectos funcionales y técnicos, los cuales se deben integrar de manera armoniosa con elementos culturales, psicológicos y significativos para que toda la obra vaya hacia un fin: lograr el confort integral del ser humano que habita los espacios exteriores e interiores.

Por otro lado, Mealings (2016), tras realizar una revisión de los estándares acústicos nacionales e internacionales para el aula, y una revisión de literatura académica y estudios experimentales que evalúan cómo el ruido y la reverberación afectan el habla de los niños, recomendó a las Instituciones educativas cumplir con las recomendaciones relevantes en las aulas de la escuela primaria que ayudarán a garantizar que todos los niños puedan aprender de manera efectiva en todos los entornos educativos, y que también ayudarán minimizar los problemas de salud vocal de los maestros.

Metodología

Para desarrollar el objetivo establecido, se realizó una búsqueda de 60 documentos en total, los cuales consisten en libros, artículos científicos, tesis académicas, manuales y modelos en diferentes bases de datos, de los cuales 11 de ellos corresponden al año 2021, 15 fueron publicados en el año 2020, 10 documentos fueron publicados en el año 2019, 9 en el año 2018, 3 en el 2017, 6 documentos en el año 2016, dos en el año 2015 y el resto de los documentos revisados, en años posteriores con argumentos aún vigentes, habiendo sido el más antiguo de ellos publicado en el año 2010.

Revisión de literatura

Condiciones Acústicas en el aula de clases

En primer lugar, se destaca lo mencionado por Sala & Rantala (2016), quien afirmó que:

Las aulas escolares son espacios de aprendizaje para niños y lugares de trabajo donde la herramienta más importante de un maestro, su voz, está sujeta a una carga considerable. Debido a que el ruido tiene varios efectos perjudiciales en el funcionamiento humano, incluida la producción y percepción del habla, un ambiente silencioso y una buena acústica en las aulas son importantes.

Pacheco et al., (2021), al realizar una comparación entre las condiciones acústicas de las aulas de clase de Reino Unido y países latinoamericanos como Perú y Chile, así como la legislación relacionada con diseño acústico, concluyeron que en Latinoamérica “aún existe un déficit importante en el desarrollo de normas que permitan la evaluación acústica completa en centros educativos” (p. 43). De igual manera, aseguran que:

Como se vio en el caso de estudio de Reino Unido, las exigencias de la norma de regulación acústica establecidas por el Boletín de Construcción 93 impulsan a mejorar el desempeño acústico de los edificios escolares construidos, pues tras la implementación de la norma se duplicó la cantidad de escuelas que cumplen con los estándares de tiempo de reverberación y nivel de ruido interior. Sin embargo, esto depende también de la capacidad de control por parte del estado y el nivel de compromiso por parte de los contratistas para respetar las regulaciones. (p. 43)

No obstante, la deficiencia en las condiciones acústicas en las Instituciones Educativas no es exclusiva de Latinoamérica, sino que en un estudio realizado en Nigeria, se encontró que:

Hoy en día, tanto el gobierno como las organizaciones no gubernamentales han prestado atención a la eficacia de la enseñanza y el aprendizaje en Kano en particular y en Nigeria en general. El desarrollo físico y socioeconómico de la ciudad genera diferentes actividades como la producción (dinamización actividades industriales), el tráfico, la construcción, las actividades religiosas, etc., este desarrollo es el resultado de crecimiento de la población. Estas actividades conducirán a la contaminación acústica en particular y la contaminación ambiental en general. Además, no todas las escuelas del área de la ciudad están ubicadas alrededor de las áreas residenciales, zona industrial, tráfico y plazas de mercado. Deben tomarse medidas para evitar tales problemas a fin de tener un ambiente propicio para un proceso de enseñanza y aprendizaje eficaz. (Said et al., 2021)

Por su parte, García & Sengés (2020) determinaron que:

Los niveles sonoros de las aulas se ven afectados por la reflexión de las ondas sonoras en las superficies, de paredes, techos y pisos. Dado el tiempo de reverberación obtenidos en las aulas de la Facultad de Arquitectura y por medio de las entrevistas realizadas, se concluye que los estudiantes tienden a sufrir ciertos inconvenientes para el total entendimiento de las clases. (p. 23)

Asimismo, Pillay & Vieira, (2020) cuya investigación se llevó a cabo en África del Sur, en un valioso aporte por cuanto plantea la importancia de las condiciones acústicas adecuadas en el correcto funcionamiento de la voz de los docentes, lo cual tendrá repercusiones en su salud y en la calidad de la educación que se imparte en el aula. concluyeron que:

En un país en desarrollo, las escuelas son instituciones únicas en términos de estructura y, por lo tanto, se requiere investigación adicional para determinar qué estructuras de edificios puede ser beneficioso para futuros edificios escolares. Las conclusiones podrían ayudar a los países en desarrollo en la formulación de políticas que se alineen con las mejores prácticas para la adaptación acústica entornos educativos que benefician tanto a los maestros como a los alumnos.

Con relación a los métodos o mecanismos de medición, Korsavi et al. (2020), luego de evaluar la comodidad general de los niños dentro de los aspectos individuales de comodidad térmica, visual y de sonido, aportó metodologías, procedimientos, estrategias y conceptos relacionados con las condiciones de las aulas de clase, incluyendo las acústicas.

Por su lado, Peng et al. (2020) en la investigación titulada ‘Comparative study of acoustical indices and speech perception of students in two primary school classrooms with an acoustical treatment’, obtuvo resultados que muestran que exceder la reverberación de baja frecuencia en el aula puede enmascarar significativamente las señales del habla y tener un efecto en la percepción del habla del estudiante en el aula, aunque los criterios tradicionales de RT y C a frecuencias medias son similares. El principal aporte de esta investigación son los cuestionarios que se pueden aplicar en las Instituciones Educativas del Atlántico con el fin de determinar los índices acústicos objetivos y la percepción subjetiva del habla de los estudiantes en dos aulas diferentes antes y después de un tratamiento acústico.

Jose Luis Orjuela Flérez, Suraima Tapia Rojas

En otro aspecto, el ruido en el salón de clases no solo puede ser causado por mal diseño arquitectónico, sino por su ubicación. Ejemplo claro de lo mencionado son las conclusiones a las cuales llegaron Wen et al. (2019), siendo estas las siguientes:

1. El tráfico es la fuente de ruido que más afecta a la calidad acústica de las escuelas secundarias de carretera.
2. El ruido del tráfico rodado y las bocinas de los coches son los ruidos más molestos.
3. La exposición a clases más altas de carreteras resulta en una reducción del rendimiento y la satisfacción de los estudiantes.
4. Se obtiene y prueba un modelo de regresión entre la exposición objetiva al ruido y la evaluación subjetiva.

Como confirmación de lo anterior, se encuentra la investigación titulada Choice of the optimal acoustic design of a school classroom and experimental verification, cuyos argumentos son similares. (Russo & Ruggiero, 2019)

Consecuencias de condiciones acústicas deficientes en el Aula de Clases

Como efectos de condiciones acústicas deficientes en el aula de clases, todos los autores estudiados establecieron correlación con estrés o problemas de voz en los docentes, así como bajo rendimiento académico en los estudiantes e ininteligibilidad en el habla, tal como se expone a continuación.

Mohamed, (2021) concluyó en su investigación que:

En distintas investigaciones y estudios realizados relacionados con el espacio educativo, hemos observado que elementos, como la edificación, las condiciones de luz y ventilación, los efectos de un ruido eventual, el aislamiento contra el frío y el calor, la estética, la distribución del mobiliario y la dotación de equipos y materiales, influyen positiva o negativamente en el proceso educativo. (p. 113)

De igual manera, Acero & Bustos (2011)

La exposición a un alto nivel de ruido durante un tiempo prolongado genera graves consecuencias clínicas y psicológicas. Para los docentes, además, causa un desgaste en la voz y en los estudiantes, se presentan problemas de aprendizaje. En las nuevas construcciones de colegios distritales no se ha tenido en cuenta dichos efectos, por lo cual se debe hacer frente a este problema. (p.19)

En igual sentido, se encontró que la suposición de que una acústica interior deficiente afecta negativamente a la atmósfera socioemocional de la clase se basó en estudios previos sobre los efectos del ruido y la reverberación en la salud y bienestar en los docentes. Los estudios de entrevistas han demostrado que el ruido es uno de los importantes fuentes de estrés en los profesores. Claramente, los maestros que se sienten estresados difícilmente podrán interactuar con los niños de manera tan paciente y amigable como los maestros que no lo hacen. (Klatte et al., 2010)

En el mismo orden de ideas, una investigación realizada en Italia concluyó que los niños más pequeños son más susceptibles a los efectos perjudiciales del ruido en las aulas escolares que los niños mayores, y que sus logros académicos se ven afectados. Nuestros hallazgos tienen implicaciones para el aprendizaje en el aula porque los diferentes tipos de ruido ambiental afectaron el rendimiento de los niños de manera diferente, dependiendo de la complejidad de la tarea en cuestión. (Caviola et al., 2021)

Igualmente, Thompson et al., (2021) después de una síntesis cualitativa, concluyó que

Hubo evidencia de alta calidad para una asociación entre el ruido ambiental y el deterioro cognitivo en adultos de mediana a mayor, evidencia de calidad moderada para una asociación entre el ruido de los aviones y la lectura y el lenguaje en los niños, y evidencia de calidad moderada contra una asociación entre el ruido de los aviones y el funcionamiento ejecutivo en los niños. En general, la literatura apoyó otros resultados cognitivos, pero con evidencia de calidad baja o muy baja. (p. 1)

Por otro lado, los resultados de una investigación realizada por Yang & Mak, (2021) en China, revelaron que la inteligibilidad del habla aumenta con el aumento del valor del Nivel de Reducción del ruido simplificado para todos los grupos de edad.

Otras consecuencias, se pueden entender a través de la investigación de Subramaniam & Ramamurthy (2020), quienes, al estudiar las características acústico-fonéticas de seis hablantes para dos modos diferentes de la presentación del discurso en un entorno de clase típico, así como las modificaciones del habla realizadas en el aula bajo el modo de conferencia, el estilo de hablar difiere en la presencia de Aula típica BGN (funcionamiento de ventiladores de techo), determinaron que los resultados proporcionan información sobre las fuentes de variabilidad y sus efectos sobre la inteligibilidad del habla se correlacionan.

De igual manera, Wilson et al. (2020), concluyeron en una investigación realizada en aulas de clases de primaria en Australia, que:

Condiciones acústicas en las Instituciones Educativas: una revisión de literatura

El alto porcentaje de aulas que devuelven medidas acústicas insatisfactorias respalda los llamamientos de larga data y en curso en todo el mundo para mejorar sistemáticamente la acústica en el aula. Concluimos con sugerencias prácticas para mitigar los problemas acústicos identificados en estas aulas.

Sobre la investigación de Wilson et al. (2020) se destaca que aporta conocimiento y conclusiones concretas sobre las condiciones acústicas en el aula de clase, plenamente aplicables a las Instituciones Educativas del Atlántico.

En similar sentido, Redman et al. (2020) en su investigación titulada *Work-Related Communicative Profile of Voice Teachers: Effects of Classroom Noise on Voice and Hearing Abilities*, determinaron que:

En seis de las ocho aulas, el nivel de ruido medido fue más alto que las recomendaciones de seguridad establecidas por el Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional. El nivel de ruido de fondo y el tiempo de reverberación en las aulas cumplían con las recomendaciones de las normas nacionales. No se encontró un patrón claro que comparara las mediciones previas y posteriores de la calidad de la voz consistente entre los géneros. En todos los sujetos, los niveles de presión sonora significan un aumento, y la desviación estándar de la frecuencia fundamental disminuyó, lo que indica asociación con la fatiga vocal. Estudios previos relacionan estos cambios con el aumento de la fatiga vocal. Los resultados audiométricos revelaron que siete de cada ocho instructores tienen pérdida auditiva neurosensorial. (pp. 11-12)

Esta investigación es relevante por cuanto aborda una brecha en la investigación al cuantificar las condiciones acústicas del lugar de trabajo del profesor de voz y relacionarlos con los niveles de ruido medidos en su entorno, que pueden afectar la voz y la audición del maestro.

En la misma línea, Gheller et al. (2020), afirmaron que:

La calidad acústica de las aulas es crucial para las habilidades de escucha de los niños y, en consecuencia, para su aprendizaje. Las habilidades de escucha en los niños aún se están desarrollando, y un entorno con características acústicas inadecuadas puede crear problemas adicionales en la percepción del habla y el reconocimiento fonético. El ruido de fondo o la reverberación pueden causar problemas de procesamiento auditivo y un mayor esfuerzo cognitivo. (p. 1)

Asimismo, Levandoski & Zannin (2020) encontraron que:

La calidad de vida de los maestros, así como las principales causas de malestar acústico, no provienen de una fuente fuera del aula, los pasillos y las clases de educación física. En cambio, se originan dentro del aula y son causadas por los estudiantes durante el horario escolar; la intensidad vocal de los profesores supera los límites de tolerabilidad tanto en los centros educativos que proporcionan confort acústico como en los que no lo hacen. (p. 1)

Otro aspecto que se debe considerar es que, tal como descubrieron Massonnié et al. (2020):

Los niños que reportan dificultades auditivas y de conmutación experimentaron más interferencias y molestias por el ruido. Los niños que tenían una mayor propensión a la divagación mental también experimentaron más interferencia del ruido, pero se molestaron por el ruido solo en la medida en que produjo interferencia: la relación entre la divagación mental y la molestia por ruido fue indirecta, y no directa, como fue el caso de las dificultades auditivas y de cambio reportadas. Sugerimos que la distinción entre molestia e interferencia tiene relevancia teórica, empírica y práctica para la investigación educativa.

Adicionalmente, Astolfi et al. (2019) expuso que:

Varios estudios han demostrado hasta ahora que la mala acústica dentro de las aulas afecta negativamente a los procesos de enseñanza y aprendizaje, especialmente en los grados más bajos de educación. Sin embargo, la medida en que la exposición al ruido o la reverberación excesiva afectan el bienestar de los niños en la escuela en su primera infancia aún no tiene respuesta, así como su conciencia de la alteración del ruido. (p. 1)

Para continuar con las consecuencias de condiciones acústicas deficientes en el aula de clases, , Ortega, (2019), aseguró que:

A nivel internacional la literatura reporta prevalencias sobre las alteraciones vocales en profesores, en el caso de Polonia alrededor de 2 a 3 veces más frecuente en las mujeres docentes que en no docentes (69% vs. 36%). En España, se ha encontrado una prevalencia del 57% de disfonía en docentes: 20,2% por lesiones orgánicas, 8,1% por laringitis crónica y 28, % por disfonía funcional. Otra investigación realizada en Barcelona refiere que un 63% y un 68% de los maestros de enseñanza pública y privada respectivamente han sido diagnosticados con algún deterioro de la voz. Dentro de los estudios realizados en Italia se reporta una prevalencia significativamente mayor en los docentes que ejercen, en comparación con los no docentes (8,7% vs 2,9%), en este país también se realizó un estudio donde se reportó una proporción más elevada de trastornos de la voz en las mujeres docentes. (p. 1)

Finalmente, Ortega, (2019), determinó que:

Jose Luis Orjuela Flérez, Suraima Tapia Rojas

A nivel latinoamericano, se encontró en Chile un estudio descriptivo transversal realizado a 402 profesores de Santiago evaluados mediante un Protocolo Vocal y un Protocolo de Riesgos Psicosociales (SUSESO), la prevalencia de disfonía en el grupo estudiado correspondió al 75,5% de la muestra, incluyendo alteraciones leves y moderadas. Así mismo, en Venezuela un estudio transversal en el cual participaron 438 docentes (43 Hombres y 395 Mujeres) determinó una prevalencia de disfonía de 90,4% datos obtenidos de la realización de una historia ocupacional a los sujetos. Por otra parte, en un estudio observacional descriptivo llevado a cabo en Argentina con 238 docentes, se encontró una prevalencia de patología vocal de 16,8%, sin hallar diferencias estadísticamente significativas según la edad y el sexo. (p. 1)

A propósito de latinoamérica, en una investigación realizada en Argentina, Ferreyra et al. (2019) obtuvieron como resultados que:

Las aulas han sido construidas sin considerar criterios acústicos, generando ambientes inadecuados para el proceso de enseñanza-aprendizaje. Esta situación, interfiere tanto en el desempeño académico de los alumnos, como en la salud de los docentes. En este trabajo se analizan los principales factores acústicos intervinientes en dicho proceso, tales como: geometría y materiales del recinto, ruido de fondo, tiempos de reverberación y relación señal/ruido.

En igual sentido, Phadke et al. (2019) exponen que las consecuencias en las voces de los maestros debido al ruido de las malas condiciones de las escuelas y las aulas requiere soluciones para la mejora futura de las condiciones en las escuelas egipcias. Este estudio puede ayudar a futuros estudios que se centren en el desarrollo de directrices para la mejor planificación de las escuelas egipcias en términos de mejora de la infraestructura y la arquitectura, teniendo en cuenta así la salud general y vocal de los maestros.

Con relación a los estudiantes, Aguilar & Tilano (2019), quienes evaluaron el rendimiento acústico de varias aulas de primaria y secundaria en escuelas públicas de Medellín, Colombia, concluyeron que la causa del bajo rendimiento acústico parece ser un diseño arquitectónico inapropiado que prioriza la ventilación natural sobre el aislamiento acústico del aula y la falta de materiales de absorción de sonido para controlar la reverberación del aula. A igual conclusión llegaron Martins et al. (2019) luego de medir los niveles de presión sonora en las aulas de una universidad y verificar la autopercepción del ruido en el entorno educativo y su influencia en las actividades realizadas por estudiantes y profesores.

Otras consecuencias fueron las halladas por Rodríguez (2018) en una investigación que buscaba evaluar las condiciones acústicas de las aulas de clase ubicadas en tres ciudades del país (Medellín, Bogotá y Cali) para determinar el impacto acústico que estos tienen sobre el proceso de enseñanza-aprendizaje, la salud de los docentes y el rendimiento cognitivo de los estudiantes, concluyendo que las instituciones no cumplen con las normativas, lo que hace necesario el desarrollo de un proceso de gestión de ruido para controlar los problemas acústicos que se presentan en las aulas de los diferentes colegios estudiados.

En ese mismo sentido, Zuluaga, 2018; Benjumea, 2018; Peng & Wu, 2018; Rodríguez, 2018; Zapata et al., 2018; Denison & Anderson, 2018; Baruch et al., 2018; Durup, 2017 coinciden en que en las aulas de clases que no cumplen con la normatividad de ruido aplicable a las aulas de clase, los estudiantes tienen menor rendimiento académico, lo cual encuentra apoyo en los resultados de otros autores que afirman haber encontrado relación entre las condiciones acústicas y la salud de los docentes, así como con el rendimiento cognitivo de los estudiantes.

Aunado a lo anterior, Casas et al., 2015; Guevara, 2015 & Bartí, 2013 destacan la necesidad de cumplir con la normatividad aplicable en el diseño de aulas escolares, de tal manera que se logren las condiciones acústicas adecuadas tanto para estudiantes y docentes.

En igual orden de ideas, Dongre et al. (2017) concluyó que:

La génesis del ruido de fondo elevado puede atribuirse tanto a fuentes de ruido internas como externas. Por tanto, es particularmente importante para abordar las fuentes de ruido internas y externas en el proceso de diseño de aulas de clima tropical.

Propuestas para mejorar las condiciones acústicas en las aulas de clase

Para evitar las posibles consecuencias de las condiciones acústicas en el aula de clases, encontradas por los autores, "se necesita una acústica adecuada en el aula que dé como resultado una excelente inteligibilidad del habla para facilitar el aprendizaje en la educación superior" (Van den Heuij et al., 2021)

Como propuestas para mejorar el panorama planteado con relación a las condiciones acústicas en las Instituciones Educativas y sus efectos, Villares & Cardona, (2021) aseguran que :

Para mejorar las condiciones acústicas de las aulas se pueden diseñar cambios estructurales relativamente económicos, ya sea recubrir alguna de las paredes con material absorbente altamente poroso, romper la continuidad de superficies planas extensas,

Condiciones acústicas en las Instituciones Educativas: una revisión de literatura

instalar cortinas delante de los ventanales, etc. Paralelamente, se debe fomentar la higiene acústica, reduciendo el tiempo y volumen de uso de auriculares, realizando descansos periódicos y evitando la exposición prolongada a ambientes con ruidos elevados, además de recomendar revisiones auditivas periódicas. (p.7)

Otra propuesta importante fue la realizada por Zhang et al. (2021) quienes introdujeron una nueva forma, el control individual, para mejorar la acústica del aula, la cual "podría acortar el tiempo de reverberación y aumentar el índice de transmisión del habla, y las mejoras causadas por las marquesinas controladas individualmente fueron más obvio que causado por los paneles del techo" (p. 1). Al respecto, vale la pena destacar que esta investigación complementa las investigaciones sobre las condiciones acústicas en el aula de clases y más allá de las causas o caracterización de estas, propone una solución basada en el control individual con el cual se busca mejorar la acústica en el aula. Sirve como base para considerar soluciones a las condiciones acústicas deficientes en las aulas escolares.

Ahora, si la deficiencia en las condiciones acústicas en el aula de clases afecta a todos los que se encuentra en el mismo, también afecta a estudiantes con condiciones especiales. Es por ello que Wilson et al., (2021) propusieron Amplificación de campo de sonido (SFA), la cual, en sus palabras:

Podría usarse como un ajuste inclusivo en el aula para apoyar a algunos estudiantes de primaria con y sin Trastorno del espectro autista (TEA) al poner potencialmente a esos estudiantes en una mejor posición para aprender, pero su aprendizaje aún debe tener lugar con el tiempo y se necesitan expectativas realistas de lo que razonablemente se puede lograr solo con campo de sonido (SFA). (p. 9)

En este punto vale la pena mencionar que Gómez et al., (2020) propusieron un Prototipo electrónico de un sonómetro-registrador que permita realizar la medición, a lo largo del tiempo, del nivel de ruido ambiental presente en un determinado espacio, ya sea aula, taller, laboratorio, gimnasio o espacio común; y de un sistema telemático de envío, almacenamiento, visualización y análisis de datos de ruido registrados, lo cual es muy útil para monitorear el nivel de ruido, como condición acústica en el aula de clases.

Asimismo, Yang & Mak, (2020) propusieron un modelo de evaluación IEQ de cuatro capas para aulas universitarias basado en métodos de evaluación integral difusa (FCE), el cual es eficaz para evaluar la satisfacción general en los salones de clases. Puede ayudar a las autoridades a gestionar los tratamiento y mejorar la calidad ambiental interior. Los métodos también se pueden emplear en otras universidades y escuelas. También es útil para el diseño de ambientes interiores basado en la predicción propuesta para aulas. Además, los modelos y fórmulas de predicción propuestos son un enfoque eficaz para evaluar el impacto de los aspectos de IEQ.

En igual sentido, (Castro et al., 2016) aseguró que "diversas investigaciones han señalado la necesidad de modificar los espacios de aprendizaje para favorecer las condiciones de salud-trabajo-vida de los docentes y para mejorar las condiciones de aprendizaje de los estudiantes. Dichas modificaciones implican cambios arquitecturales". (p.1) Lo expuesto es apoyado por las investigaciones de Shih et al. (2016) & Pinho et al. (2016)

De igual manera, Abdullah et al. (2020)

La calidad acústica en términos de RT-60 se representa mediante el uso de la fórmula de Sabine. Desde los Resultados de este estudio, se propone un tablero de yeso para pared y madera contrachapada de 12 mm de espesor para techo para proporcionar un potencial mejor material acústico reemplazando el material de absorción existente en salones de clases desocupados. El resultado de la simulación usando Odeón muestra que el valor de RT-60 es 0.43. Esto se debe a la simulación Odeón utilizando el valor medio del coeficiente de absorción para encontrar el RT-60. Una vez más, Los cálculos se realizan utilizando la ecuación de Sabine aplicando el valor del coeficiente de absorción a una frecuencia de 1000 Hz solamente. El valor obtenido es de 0,34 s y está comprobado que todavía se encuentra en la categoría de acústica débil. (p. 7)

En ese mismo aspecto, Lauria et al., (2020), genera conciencia sobre la necesidad de evaluar y mejorar las condiciones del ambiente en conjunto, siendo estas: calidad del aire interior, parámetros térmicos, acústicos y de iluminación, luego de concluir que:

Es necesario explorar, comprender y abordar los diversos descriptores ambientales del bienestar humano, tanto los que son medibles como los que no lo son. Aunque difícil, es necesario aceptar el desafío de la complejidad e ir más allá de los enfoques parciales o deterministas, que, en acústica, se expresan como métricas basadas en decibelios- para tender hacia un enfoque holístico basado en la relación adaptativa entre los seres humanos y el entorno (físico, social, cultural) en el que viven.

Otras propuestas para mejorar las condiciones acústicas, aplicables a las Instituciones educativas, propuestas por Quesada (2019), son las siguientes:

1. Es necesario capacitar al docente para poder utilizar herramientas tecnológicas que le permitan al estudiante involucrarse más en la dinámica de la clase a fin de aprovechar tantos los recursos físicos como didácticos con que cuenta el centro educativo.

Jose Luis Orjuela Flérez, Suraima Tapia Rojas

2. Promover ambientes lúdicos dentro del aula, evitar esa transmisión unidireccional de conocimientos docente-estudiante. Mover los pupitres, sentarse en el suelo, hacer círculos de conversación, jugar y divertirse para aprender de manera significativa con los alumnos.
3. Los docentes de centros educativos cuya infraestructura no ayuda a tener ambientes limpios acústicamente, deben manejar estrategias metodológicas y disciplinarias que les permitan ayudar a los estudiantes a moderar el volumen de su voz al hablar.
4. Por último, muchas veces lo que se aprende fuera de las aulas es más enriquecedor que lo que se estudia en una pizarra o en un libro, por lo que se motiva al educador a utilizar las zonas verdes, canchas, y otros espacios dentro de la infraestructura educativa para desarrollar parte de sus clases no solo en el salón de clases.

Otro aporte importante es el de Montoya & San Juan (2018) quienes afirmaron que:

El diseño del edificio y su entorno se convierten en un hecho fundamental, en donde los principios de equilibrio bioclimático, así como de eficiencia energética deben hacer parte del análisis en las primeras etapas proyectuales. En este sentido, es importante generar estudios específicos, que aporten conclusiones y recomendaciones para poder definir estrategias y desarrollar políticas de intervención en el sector.

Con el mismo objetivo, Nowoświat & Olechowska (2017) propusieron emplear la ecuación de Sabine, la cual es la fórmula más comúnmente aplicada en el proceso de diseño de acústica de habitaciones con el uso de métodos analíticos. La corrección de este modelo es indispensable para su aplicación en salas con campo acústico no difusivo. (p.1) Asimismo, otro aporte importante de esta investigación es el conocimiento sobre la simulación ODEON para la medición del tiempo de reverberación y el factor de corrección del modelo de Sabine para el mismo.

Con relación a las propuestas encontradas, es necesario mencionar que “Para mejorar el diseño del aula y poder dar recomendaciones sobre la colocación de superficies reflectantes, es necesario probar el efecto de los paneles en el habla a diferentes distancias del hablante y en diferentes ángulos” (Bottalico et al., 2016)

Conclusiones

En esta investigación se llevó a cabo una revisión de literatura a diferentes libros, artículos científicos, tesis, proyectos de grado, manuales y modelos con temáticas relacionadas con condiciones acústicas, con el fin de determinar: (i) causas, (ii) condiciones acústicas de diferentes Instituciones educativas de todos los continentes, (iii) modelos de procedimientos para diagnóstico de condiciones acústicas y (iv) propuestas tendientes a mejorar las condiciones acústicas en las aulas escolares.

Se concluyó que:

1. Hay relación directamente proporcional entre las condiciones acústicas de las aulas de clase y la salud vocal de los docentes, así como con el estrés en los mismos.
2. Hay relación directamente proporcional entre las condiciones acústicas de las aulas de clase y el rendimiento cognitivo de los estudiantes, así como de su inteligibilidad del habla.
3. En países en vías de desarrollo la normatividad aplicable al diseño acústico de las Instituciones Educativas es deficiente con relación a las de países desarrollados.
4. En países donde la normatividad aplicable al acústico de las Instituciones Educativas es clara y de estricto cumplimiento, las condiciones acústicas son adecuadas para el correcto desarrollo de las clases.
5. En la literatura revisada, se encuentran propuestas para mejorar las condiciones acústicas que van desde sensibilización hasta diseños arquitectónicos.

Referencias bibliográficas

Abdullah, R., Ismail, S., & Nik Dzulkefli, N. (2020). Potential acoustic treatment analysis using sabine formula in unoccupied classroom. *Journal of Physics: Conference Series*, 1529, 022031. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1529/2/022031>

Acero, L., & Bustos, C. (2011). Diseño acústico de las aulas de clase de la nueva construcción del colegio distrital “I.E.D República de Costa Rica” [Universidad de San Buenaventura]. <https://bit.ly/3zdp4br>

Aguilar, J. (2019). Una mirada a los criterios de diseño acústico de la infraestructura educacional en Chile. *Revista Ingeniería de Construcción*, 34(2), 115–123. <https://doi.org/10.4067/S0718-50732019000200115>

Aguilar, Juan, & Tilano, L. (2019). Measurement of Classroom Acoustic Parameters in the Public Schools of Medellin. *The International Journal of Acoustics and Vibration*, 24(1). <https://doi.org/10.20855/ijav.2019.24.11161>

Astolfi, A., Puglisi, G., Murgia, S., Minelli, G., Pellerey, F., Prato, A., & Sacco, T. (2019). Influence of Classroom Acoustics on Noise Disturbance and Well-Being for First Graders. *Frontiers in Psychology*, 10. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.02736>

Bartí, R. (2013). Barreras acústicas. In Editorial Club Universitario (Ed.), *Acústica Medioambiental Volumen II*. <https://bit.ly/3Ci8bhE>

Baruch, K., Majchrzak, A., Przysucha, B., Szelağ, A., & Kamisiński, T. (2018). The effect of changes in atmospheric conditions on the measured sound absorption coefficients of materials for scale model tests. *Applied Acoustics*, 141, 250–260. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2018.06.016>

Benjumea, J. (2018). Evaluación de parámetros acústicos de cinco aulas del colegio sol de oriente y su influencia en los componentes cognitivos de atención y memoria inmediata en estudiantes de sexto grado. [Universidad de San Buenaventura Colombia]. <https://bit.ly/2ZxNU9F>

Bottalico, P., Graetzer, S., & Hunter, E. (2016). Effects of speech style, room acoustics, and vocal fatigue on vocal effort. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 139(5), 2870–2879. <https://doi.org/10.1121/1.4950812>

Jose Luis Orjuela Flérez, Suraima Tapia Rojas

Casas, O., Betancur, C., & Montaña, J. (2015). Revisión de la normatividad para el ruido acústico en Colombia y su aplicación. *Ingeniería y Tecnología*, 11(1), 264–286. <https://bit.ly/3Apqum>

Castro, J., Chavarría, J., Parra, A., & González, S. (2016). Efectos del cambio acústico en el aula en el nivel de atención de los estudiantes universitarios. *Interdisciplinaria*, 33(2), 201–214. <https://bit.ly/3kvhT>

Caviola, S., Visentin, C., Borella, E., Mammarella, I., & Prodi, N. (2021). Out of the noise: Effects of sound environment on maths performance in middle-school students. *Journal of Environmental Psychology*, 73, 101552. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2021.101552>

Denison, M., & Anderson, B. (2018). Time reversal acoustics applied to rooms of various reverberation times. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 144(6), 3055–3066. <https://doi.org/10.1121/1.5080560>

Dongre, A., Patil, A., Wahurwagh, A., Kothari, A., Burchundi, K., & Manohare, M. (2017). Acoustical characteristics of classrooms of tropical climate. *Applied Acoustics*, 121, 46–55. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2017.01.030>

Duran, A., Rodríguez, D., Jimeno, M., Meléndez, A., Mendoza, D., & Palacios, W. (2021). Condiciones acústicas en las aulas de clase: Una revisión de la literatura. *Investigación e Innovación En Ingenierías*, 9(2), 79–90. <https://bit.ly/3CIKBk3>

Durup, N. (2017). An investigation into the effects of classroom acoustics on teachers' voices [London South Bank University School of the Built Environment and Architecture]. <https://bit.ly/2XmkWZp>

Ferreira, S., Cravero, G., Longoni, H., López, J., Parada, M., & Díaz, M. (2019). Calidad Acústica de Aulas Universitarias: Análisis y Evaluación de Parámetros Acústicos de Recintos. *Revista Tecnología y Ciencia*, 35, 41–61. <https://doi.org/10.33414/rtyc.35.41-61.2019>

García, Y., & Sengés, J. (2020). Descripción de las causas que afectan las condiciones acústicas en aulas de la Facultad de Arquitectura de la ULEAM. *Revista Científica y Arbitrada Del Observatorio Territorial, Artes y Arquitectura: FINIBUS*, 3(6). <https://bit.ly/3mfmlLi>

Gheller, F., Lovo, E., Arsie, A., & Bovo, R. (2020). Classroom acoustics: Listening problems in children. *Building Acoustics*, 27(1), 47–59. <https://doi.org/10.1177/1351010X19886035>

Gómez, M., Guillén, M., Hernández, A., Herrera, M., Lajas, J., Montesinos, F., Ovejero, R., Pérez, A., Román, R., Rosa, F., Sánchez, Á., & Sánchez, J. (2020). Niveles de ruido y calidad acústica de aulas del IES Javier García Téllez. <https://bit.ly/3hG4b2H>

Guevara, W. (2015). La Contaminación Acústica y su Incidencia en el Aprendizaje del Séptimo Año de Educación Básica del Centro Educativo “Leopoldo Lucero” del Cantón Lago Agrio. [Universidad Tecnológica Equinoccial]. <https://bit.ly/2XStdF2>

Klatte, M., Hellbrück, J., Seidel, J., & Leistner, F. (2010). Effects of Classroom Acoustics on Performance and Well-Being in Elementary School Children: A Field Study. *Internoise*, 42(5), 659–692. <https://doi.org/10.1177/0013916509336813>

Korsavi, S., Montazami, A., & Mumovic, D. (2020). The impact of indoor environment quality (IEQ) on school children’s overall comfort in the UK; a regression approach. *Building and Environment*, 185, 107309. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107309>

Lauria, A., Secchi, S., & Vessella, L. (2020). Acoustic Comfort as a Salutogenic Resource in Learning Environments—A Proposal for the Design of a System to Improve the Acoustic Quality of Classrooms. *Sustainability*, 12(22), 9733. <https://doi.org/10.3390/su12229733>

Levandoski, G., & Zannin, P. (2020). Quality of Life and Acoustic Comfort in Educational Environments of Curitiba, Brazil. *Journal of Voice*. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2020.05.030>

Martins, F., Alves, B., & Mariano, H. (2019). Níveis de pressão sonora em salas de aula de uma Universidade e seus efeitos em alunos e professores. *CoDAS*, 31(4). <https://doi.org/10.1590/2317-1782/20182018093>

Massonnié, J., Frassetto, P., Mareschal, D., & Kirkham, N. (2020). Learning in Noisy Classrooms: Children’s Reports of Annoyance and Distraction from Noise are Associated with Individual Differences in Mind-Wandering and Switching skills. *Environment and Behavior*, 001391652095027. <https://doi.org/10.1177/0013916520950277>

Mealings, K. (2016). Classroom acoustic conditions: Understanding what is suitable through a review of national and international standards, recommendations, and live classroom measurements. <https://bit.ly/3zbKdCU>

Mohamed, F. (2021). Aula inteligente: definición y evolución. *Revista Didasc@Lia.*, 12(2). <https://bit.ly/3EwE9IT>

Jose Luis Orjuela Flérez, Suraima Tapia Rojas

Montoya, O., & San Juan, G. (2018). Calidad Ambiental de las Aulas de Colegios en el Trópico: Evaluación Subjetiva y Objetiva del Confort Térmico, Visual y Sonoro. *Avances En Energías Renovables y Medio Ambiente*, 22, 01.49-01.60. <https://bit.ly/3hK2a5A>

Murillo, J., & Martínez, C. (2012). Las condiciones ambientales en las aulas de Primaria en Iberoamérica y su relación con el desempeño académico. *Education Policy Analysis Archives/Archivos Analíticos de Políticas Educativas*, 20, 1–19. <https://bit.ly/3lv1p1d>

Nowoświat, A., & Olechowska, M. (2017). Estimation of Reverberation Time in Classrooms Using the Residual Minimization Method. *Archives of Acoustics*, 42(4), 609–617. <https://doi.org/10.1515/aoa-2017-0065>

Ortega, A. (2019). Relación entre el riesgo físico ruido, el índice de discapacidad vocal y el Índice de perturbación vocal integrado en docentes de una Institución Educativa Pública de la Ciudad de Cali en el año 2019 [Universidad del Valle]. <https://bit.ly/3EthM6e>

Pacheco, P., Cornejo, S., Escobar, A., Mayta, J., & Chávez, Á. (2021). Estudio comparativo del nivel sonoro admisible en centros educativos escolares según la Norma Nacional y de otros III países: Chile, Australia y Reino Unido [Pontificia Universidad Católica del Perú]. <https://bit.ly/3ly9Tot>

Paterlini, L., & Garzón, B. (2018). Confort Acústico en Aulas de Escuela en Tucumán, Argentina: Análisis, Evaluación y Concienciación. *XXVIII Encontro Da SOBRAC*. <https://doi.org/10.17648/sobrac-87078>

Peng, J., Lau, S.-K., & Zhao, Y. (2020). Comparative study of acoustical indices and speech perception of students in two primary school classrooms with an acoustical treatment. *Applied Acoustics*, 164, 107297. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2020.107297>

Peng, J., & Wu, S. (2018). Chinese speech intelligibility of children in noisy and reverberant environments. *Indoor and Built Environment*, 27(10), 1357–1363. <https://doi.org/10.1177/1420326X17716236>

Phadke, K., Abo-Hasseba, A., Švec, J., & Geneid, A. (2019). Influence of Noise Resulting From the Location and Conditions of Classrooms and Schools in Upper Egypt on Teachers' Voices. *Journal of Voice*, 33(5), 802.e1-802.e9. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2018.03.003>

Pillay, D., & Vieira, B. (2020). Noise, screaming and shouting: Classroom acoustics and teachers' perceptions of their voice in a developing country. *South African Journal of Childhood Education*, 10(1). <https://doi.org/10.4102/sajce.v10i1.681>

Pinho, P., Pinto, M., Almeida, R., Lopes, S., & Lemos, L. (2016). Aspects concerning the acoustical performance of school buildings in Portugal. *Applied Acoustics*, 106, 129–134. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2016.01.002>

Quesada, M. (2019). Condiciones de la infraestructura educativa en la Región Pacífico Central: los espacios escolares que promueven el aprendizaje en las aulas. *Revista Educación*, 43(1), 293–311. <https://doi.org/10.15517/revedu.v43i1.28179>

Redman, Y., Vercelli, C., Cantor, Lady, & Bottalico, P. (2020). Work-Related Communicative Profile of Voice Teachers: Effects of Classroom Noise on Voice and Hearing Abilities. *Journal of Voice*. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2020.05.021>

Rodríguez, M. (2018). Evaluación de la influencia de las condiciones acústicas de las aulas en tres ciudades del país en el rendimiento docente y estudiantil. [Universidad de San Buenaventura Colombia]. <https://bit.ly/3GATGJO>

Russo, D., & Ruggiero, A. (2019). Choice of the optimal acoustic design of a school classroom and experimental verification. *Applied Acoustics*, 146, 280–287. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2018.11.019>

Said, A., Bello, N., Khalil, M., & Bello, A. (2021). Assessment of The Effects of Noise Pollution on Students' Performance in Kano Metropolitan Local Government Areas. *International Journal of Environmental Pollution and Environmental Modelling*, 4(2), 76–84. <https://bit.ly/3bqL1KO>

Sala, E., & Rantala, L. (2016). Acoustics and activity noise in school classrooms in Finland. *Applied Acoustics*, 114, 252–259. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2016.08.009>

Sánchez, E., Colomo, E., Ruíz, J., & Sánchez, J. (2020). Acústica del Aula: Necesidad de Aulas Inteligentes para Solucionar los Efectos de la Contaminación Sonora sobre el Personal Docente. In UMA Editorial (Ed.), *Tecnologías educativas y estrategias didácticas (Primera, pp. 723–732)*. <https://bit.ly/3EnsYBy>

Shih, H.-Y., Chou, Y.-T., & Hsia, S.-Y. (2016). Improvement on acoustic characteristics of a small space using material selection. *Engineering Computations*, 33(6), 1800–1809. <https://doi.org/10.1108/EC-07-2015-0193>

Subramaniam, N., & Ramamurthy, K. (2020). Effect of mode of delivery and background noise on speech characteristics of talkers in a classroom environment. *Building Acoustics*, 27(2), 113–135. <https://doi.org/10.1177/1351010X19896346>

Jose Luis Orjuela Flérez, Suraima Tapia Rojas

Thompson, R., Smith, R., Bou, Y., Shen, C., Drummond, K., Teng, C., & Toledano, M. (2021). Noise pollution and human cognition: An updated systematic review and meta-analysis of recent evidence. *Environment International*, 158, 106905. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106905>

Van den Heuij, K., Goverts, T., Neijenhuis, K., & Coene, M. (2021). Challenging listening environments in higher education: an analysis of academic classroom acoustics. *Journal of Applied Research in Higher Education*, 13(4), 1213–1226. <https://doi.org/10.1108/JARHE-05-2020-0112>

Villares, C., & Cardona, G. (2021). Calidad Acústica de Nuestras Aulas ¿Dificultades de Audición? *Gaceta Audio*, 38, 8–12. <https://bit.ly/3Ci8bhE>

Wen, X., Lu, G., Lv, K., Jin, M., Shi, X., Lu, F., & Zhao, D. (2019). Impacts of traffic noise on roadside secondary schools in a prototype large Chinese city. *Applied Acoustics*, 151, 153–163. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2019.02.024>

Wilson, W., Downing, C., Perrykkad, K., Armstrong, R., Arnott, W., Ashburner, J., & Harper-Hill, K. (2020). The ‘acoustic health’ of primary school classrooms in Brisbane, Australia. *Speech, Language and Hearing*, 23(3), 189–196. <https://doi.org/10.1080/2050571X.2019.1637042>

Wilson, W., Harper-Hill, K., Armstrong, R., Downing, C., Perrykkad, K., Rafter, M., & Ashburner, J. (2021). A preliminary investigation of sound-field amplification as an inclusive classroom adjustment for children with and without Autism Spectrum Disorder. *Journal of Communication Disorders*, 93, 106142. <https://doi.org/10.1016/j.jcomdis.2021.106142>

Yang, D., & Mak, C. (2020). Relationships between indoor environmental quality and environmental factors in university classrooms. *Building and Environment*, 186, 107331. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107331>

Yang, D., & Mak, C. (2021). Effects of acoustical descriptors on speech intelligibility in Hong Kong classrooms. *Applied Acoustics*, 171, 107678. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2020.107678>

Zapata, C., Tilano, L., Arango, L., Rendon, L., Calonge, H., Coronado, J., Echevarría, N., Juan, G., Viegas, G., Sarmiento, L., Vanessa, N., Tafur, L., Ochoa, J., & Montoya, O. (2018). Comodidad ambiental en aulas escolares (Editorial Bonaventuriana (ed.)).

Zhang, D., Tenpierik, M., & Bluysen, P. (2021). Individual control as a new way to improve classroom acoustics: A simulation-based study. *Applied Acoustics*, 179, 108066. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2021.108066>

Zuluaga, J. (2018). Evaluación de las características acústicas que influyen en el confort acústico de aulas de clase en el rendimiento cognitivo de estudiantes a través del uso de una cabeza artificial [Universidad de San Buenaventura]. <https://bit.ly/2XpepNu>