



Multidisciplinary Health Education Journal

EDITORIAL COMMITTEE FOR THIS ISSUE:

Dra. Myriam Vilegas Berzunza / Dr. J. Jesús Padilla Frausto
Editorial Managers
journalmhe@gmail.com

AREA COEDITORS:

National associate editors:

- Microbiology / clinical toxicology area
Dr. Joaquin L. Urquidez Galicia
Cinvestav. México
- Immunology and medical area
Dr. Daniel Rojas Castro
Universidad de Colima, México
- Education and learning sciences area
Dra. Claudia Luz Navarro Villarruel
Universidad de Guadalajara, México
- Biotechnology and food sciences area
Dra. Martha María Arévalo Sánchez
Universidad Autónoma de Chihuahua,
México

International associate editors:

- Epidemiology area
Dra. Myriam Vilegas Berzunza
Universidade Estadual Paulista, Brasil
- Legal area
Dra. Herminia Gutiérrez Rojas
Universidad de Granada, España
- Health education area
Yu George Ph.D.
University of Texas at Austin, EEUU

GUEST CO-EDITORS / REVIEWERS FOR THIS ISSUE:

- Dr. José Agustín Navarro Gómez, Universidad de Colima, México
- Dr. Eduardo Picand Torrijo, Universidad de las Palmas de Gran Canaria, España
- Dr. Ernesto Lagos Llamas, Universidad Autónoma de Sinaloa, México
- Dra. Rosa María Martínez López, Universidad Autónoma de Querétaro, México
- Phyllis N. Della, Ph.D., Haverford College, Pennsylvania, EEUU
- Dr. Juan Ignacio Pereyra Roldan, Universidad Nacional de Rosario, Escuela de Ciencias de la Educación, Provincia de Santa Fe, Argentina
- Dra. Francisca González Gil, Universidad de Salamanca, España
- Dr. Oscar Silva Marrufo, Universidad Tecnológica de Rodeo, Durango, México
- Dra. Eladia Marcano de Blanco, Caracas, Venezuela.
- Dr. Jaime Padilla Anzaldo, Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador
- Dra. Mónica Herrero Vázquez, Universidad de Oviedo, España
- Christopher Miller, Ph.D., University of North American Global Studies, Texas, EEUU
- Dra. Danny Francis Gómez Romero, University Johnson & Wales, Venezuela
- Dr. Iván Gómez Samudio. Fundación Social, Educativa y Cultural del Claustro Gómez, Panamá
- Dra. María Elena Mamani Choque, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia
- Dr. Franklin Jesús Pacheco Coello, Universidad de Carabobo, Venezuela
- Dra. Claudia Luz Navarro Villarruel, Universidad de Guadalajara, México
- Dr. Diego Paul Moreno Parra Ceo, Asuntos Regulatorios, Ecuador
- Dra. Elvia Cecilia Freire Cedillo, Universidad Central del Ecuador, Ecuador
- Dr. Joaquin L. Urquidez Galicia, Cinvestav. México
- Rebecca Johnson, Ph.D., Pacific International Education Center, California, EEUU
- Dr. Andrés Felipe Gallego Hurtado, Corporación Universitaria Minuto de Dios, Colombia
- Dra. Melissa García Condori, Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba, Bolivia

ORIGINAL ARTICLE / ARTÍCULO ORIGINAL

Aulas Inteligentes y Rendimiento Académico en Estudiantes de Medicina de la Universidad Privada Abierta Latinoamericana, Cochabamba, Bolivia

Smart Classrooms and Academic Performance in Medical Students at the Universidad Privada Abierta Latinoamericana in Cochabamba, Bolivia

Rommer Alex Ortega-Martínez¹, María Elena López Aguayo², Juan Eduardo Hinojosa Orlandini³, María Regina Duran Ramírez⁴ y Marcelo Gutiérrez Panozo⁵

¹Vicerrector de investigación, innovación y desarrollo institucional; Hospital Obrero N.º 2 de la Caja Nacional de Salud; Cochabamba, Bolivia

²Coordinadora de investigación Cochabamba; Universidad Privada Abierta Latinoamericana; Cochabamba, Bolivia

³Coordinador de investigación Oruro; Universidad Privada Abierta Latinoamericana; Cochabamba, Bolivia

⁴Estudiante de Bioquímica y Farmacia; Universidad Privada Abierta Latinoamericana; Cochabamba, Bolivia

⁵Estudiante de Medicina; Universidad Privada Abierta Latinoamericana; Cochabamba, Bolivia

Article history:

Received May 8, 2026

Received in revised form
May 11, 2026

Accepted May 12, 2026

Available online

June 30, 2026

* Corresponding author:

Rommer Alex Ortega-Martinez

Electronic mail address:

rommeralexo@gmail.com

ORCID: [https://orcid.org/0000-](https://orcid.org/0000-0001-8702-3405)

0001-8702-3405

ABSTRACT

Introduction: Smart classrooms represent an educational innovation strategy aimed at integrating technological resources, pedagogical interaction, and more dynamic learning environments. However, their perceived usefulness and relationship with academic performance require context-specific evidence in medical education. This study aimed to evaluate the perceived usefulness of smart classrooms and its association with academic performance among medical students at a private university in Cochabamba, Bolivia. **Methods:** An observational, analytical, comparative, cross-sectional study was conducted among 153 medical students, distributed between smart classrooms $n = 77$ and traditional classrooms $n = 76$. A structured questionnaire with Likert-type items was administered to assess technological use, motivation, participation, perceived learning, satisfaction/recommendation, teaching innovation, and global usefulness. Academic performance was measured using the authorized final grade. Between-group comparisons, effect sizes, adjusted linear models, and logistic regression for high perceived usefulness were performed. **Results:** Students in smart classrooms showed higher mean scores across all perceptual dimensions. The largest differences were observed in technological use $d = 1.149$ and global usefulness $d = 0.887$. The proportion of students reporting high perceived usefulness was greater in smart classrooms than in traditional classrooms 75.3% vs. 51.3%, and this association remained significant after adjustment for age and sex adjusted OR = 2.57; 95% CI: 1.24-5.30; $p = 0.011$. No robust association was observed between classroom type and final grade. **Discussion:** Smart classrooms were associated with a better perception of educational usefulness, although no consistent evidence of improvement in academic performance was found.

Keywords: Academic Performance; Educational Technology; Education, Medical; Perception; Students, Medical

RESUMEN

Introducción: Las aulas inteligentes representan una estrategia de innovación educativa orientada a integrar recursos tecnológicos, interacción pedagógica y ambientes de aprendizaje más dinámicos. Sin embargo, su utilidad percibida y su relación con el rendimiento académico requieren evidencia contextualizada en educación médica. El objetivo fue evaluar la utilidad percibida de las aulas inteligentes y su asociación con el rendimiento académico en estudiantes de Medicina de una universidad privada de Cochabamba, Bolivia. **Métodos:** Estudio observacional, analítico, comparativo y transversal en 153 estudiantes de Medicina, distribuidos en aula inteligente $n = 77$ y aula

tradicional $n = 76$. Se aplicó un cuestionario estructurado con ítems tipo Likert para evaluar uso tecnológico, motivación, participación, aprendizaje percibido, satisfacción/recomendación, innovación docente y utilidad global. El rendimiento académico fue medido mediante la nota final autorizada. Se emplearon comparaciones entre grupos, tamaños de efecto, modelos lineales ajustados y regresión logística para alta utilidad percibida. Resultados: Los estudiantes del aula inteligente presentaron medias superiores en todas las dimensiones perceptuales. Las mayores diferencias correspondieron a uso tecnológico $d = 1.149$ y utilidad global $d = 0.887$. La proporción de alta utilidad percibida fue mayor en el aula inteligente que en el aula tradicional 75.3% vs. 51.3%, manteniéndose significativa tras ajustar por edad y sexo OR ajustado = 2.57; IC95%: 1.24-5.30; $p = 0.011$. No se observó una asociación robusta entre tipo de aula y nota final. Discusión: Las aulas inteligentes se asociaron con una mejor percepción de utilidad educativa, aunque sin evidencia consistente de mejora en el rendimiento académico.

Palabras clave: Tecnología Educativa; Educación Médica; Estudiantes de Medicina; Rendimiento Académico; Percepción.

INTRODUCCIÓN

La transformación digital de la educación superior ha dejado de ser un recurso complementario para convertirse en una dimensión central de la formación universitaria. Este cambio se aceleró después de la pandemia por COVID-19, cuando las instituciones tuvieron que reorganizar sus formas de enseñar, aprender y evaluar. Sin embargo, la evidencia reciente insiste en que la tecnología educativa no debe entenderse como un fin en sí mismo, sino como una herramienta cuyo valor depende de su pertinencia pedagógica, del acceso equitativo, de la preparación docente y de su capacidad para fortalecer la interacción humana en el aprendizaje (1,2).

En este contexto, las aulas inteligentes representan una de las expresiones más visibles de la innovación educativa contemporánea. Estos espacios combinan infraestructura tecnológica, conectividad, recursos multimedia e interacción pedagógica para favorecer ambientes de aprendizaje más dinámicos, participativos y centrados en el estudiante. Estudios recientes han señalado que las preferencias de los estudiantes hacia las aulas inteligentes se relacionan con mayores niveles de compromiso, participación y percepción de utilidad; no obstante, estos efectos dependen del diseño instruccional, la mediación docente y la forma en que la tecnología se integra al proceso formativo (3,4).

En América Latina, la digitalización de la educación superior ocurre en un escenario de oportunidades, pero también de brechas. La conectividad, la disponibilidad de recursos, las competencias digitales y las condiciones institucionales siguen siendo factores que influyen en la apropiación real de las tecnologías educativas. Por ello, evaluar las aulas inteligentes en contextos locales resulta necesario para evitar asumir que la incorporación tecnológica produce, por sí misma, mejores aprendizajes o mayor rendimiento académico (5,6).

En educación médica, esta discusión adquiere especial relevancia. La formación de futuros médicos exige integrar conocimientos teóricos, razonamiento clínico, habilidades comunicacionales, aprendizaje visual y toma de decisiones. Diversas revisiones recientes muestran que la educación digital, el e-learning, la simulación, la realidad virtual, la inteligencia artificial y las estrategias híbridas pueden enriquecer la experiencia formativa; sin embargo, sus efectos sobre el rendimiento académico no siempre son uniformes y dependen de la calidad pedagógica de la intervención, del nivel de interacción y de la evaluación utilizada (7-12).

Desde esta perspectiva, resulta importante diferenciar entre percibir que una tecnología es útil y demostrar que esta se traduce en mejores resultados académicos. La utilidad percibida refleja la experiencia del estudiante, su motivación, satisfacción, participación y valoración del entorno educativo; mientras que el rendimiento académico constituye un desenlace más complejo, influido por factores individuales, docentes, curriculares e institucionales. Esta distinción es especialmente pertinente en

estudios sobre innovación educativa, donde los beneficios iniciales suelen observarse primero en la experiencia de aprendizaje antes que en indicadores objetivos como la nota final (13-15).

Por tanto, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar la utilidad percibida de las aulas inteligentes y su asociación con el rendimiento académico en estudiantes de Medicina de la Universidad Privada Abierta Latinoamericana, Cochabamba, Bolivia.

MATERIAL Y MÉTODOS

Diseño del estudio

Se realizó un estudio observacional, analítico, comparativo y de corte transversal, orientado a evaluar la utilidad percibida de las aulas inteligentes y su relación con el rendimiento académico en estudiantes de la carrera de Medicina. Se compararon dos grupos según el tipo de aula en la que recibían clases: aula inteligente y aula tradicional.

Población y ámbito de estudio

La población estuvo conformada por estudiantes de Medicina matriculados en asignaturas seleccionadas durante el periodo académico evaluado. Se incluyeron estudiantes de las asignaturas Expresión Oral, Imagenología I, Imagenología II, Inglés Técnico, Medicina Legal, Medicina Social y Parasitología. En el grupo expuesto al aula inteligente, las actividades académicas se desarrollaron en un entorno tecnológico equipado con pantalla interactiva OneScreen TL7 de 75 pulgadas con soporte móvil, gabinete/case desktop, accesorios de conectividad (hub USB-C, HDMI y cable de extensión RJ45), dos cámaras web, sistema de audio minicomponente 2.1, micrófono inalámbrico BOYALINK y combo de teclado y mouse inalámbrico Logitech; además, su configuración fue orientada a facilitar clases híbridas mediante la captación visual del docente y de los estudiantes, favoreciendo la interacción con recursos digitales y multimedia. La unidad de análisis fue el estudiante.

Criterios de inclusión y exclusión

Se incluyeron estudiantes matriculados en las asignaturas seleccionadas que aceptaron participar en la encuesta. Para el análisis del rendimiento académico, se consideraron únicamente aquellos estudiantes que autorizaron el uso anónimo de su nota final. Se excluyeron registros incompletos en las variables necesarias para cada análisis específico.

Variables del estudio

La variable de exposición principal fue el tipo de aula, categorizada como aula inteligente o aula tradicional. Los desenlaces principales fueron la nota final autorizada, como indicador de rendimiento académico, y la utilidad global percibida, construida a partir de los ítems del cuestionario. También se analizaron dimensiones específicas relacionadas con uso tecnológico, motivación, participación, aprendizaje percibido, satisfacción/recomendación e innovación docente.

Instrumento de recolección de datos

La información fue recolectada mediante un cuestionario estructurado dirigido a estudiantes. El instrumento incluyó preguntas sociodemográficas, académicas y ítems tipo Likert relacionados con la percepción del uso de recursos tecnológicos, motivación, participación, aprendizaje percibido, satisfacción e innovación docente en el aula. La escala de respuesta permitió cuantificar el grado de acuerdo o frecuencia percibida por los estudiantes.

Construcción de índices

Se construyeron índices por dimensiones mediante el promedio de los ítems correspondientes a cada componente del cuestionario. El índice de utilidad global percibida se calculó como el promedio general de los ítems incluidos en las dimensiones evaluadas. Para el análisis complementario, la utilidad global se categorizó como alta utilidad percibida cuando el puntaje promedio fue ≥ 4 , equivalente a una valoración favorable en la escala Likert.

Confiabilidad del instrumento

La consistencia interna de las dimensiones del cuestionario fue evaluada mediante el coeficiente alfa de Cronbach. Este análisis se realizó para valorar la confiabilidad de los índices construidos antes de su uso en los análisis comparativos y modelos estadísticos.

Análisis estadístico

Las variables categóricas se resumieron mediante frecuencias y porcentajes, mientras que las variables cuantitativas se describieron con media y desviación estándar. La comparación entre estudiantes de aula inteligente y aula tradicional se realizó mediante pruebas de diferencia de medias para variables cuantitativas y pruebas de asociación para variables categóricas. Además, se estimaron tamaños de efecto mediante g de Hedges para valorar la magnitud de las diferencias entre grupos.

Modelos ajustados

Se construyeron dos modelos lineales ajustados para evaluar la asociación entre tipo de aula y los desenlaces principales. El primer modelo tuvo como variable dependiente la nota final autorizada, y el segundo la utilidad global percibida. Ambos modelos fueron ajustados por edad, sexo y asignatura, utilizando errores estándar robustos HC3. Estos modelos permitieron estimar la asociación independiente del tipo de aula con el rendimiento académico y la percepción global de utilidad.

Análisis complementarios y de robustez

Como análisis complementario, se estimó la asociación entre tipo de aula y alta utilidad percibida mediante regresión logística ajustada por edad y sexo. Además, se evaluó la correlación entre utilidad global percibida y nota final autorizada mediante ρ de Spearman. Finalmente, se realizó un análisis de sensibilidad excluyendo una asignatura completa por vez y repitiendo los modelos, con el propósito de valorar la estabilidad de los resultados frente al desbalance entre asignatura y tipo de aula.

Consideraciones éticas

La participación de los estudiantes fue voluntaria y la información fue analizada de forma anónima. El uso de la nota final se realizó únicamente en los casos en que el estudiante otorgó autorización explícita para su utilización con fines de investigación. Los datos fueron tratados de manera confidencial y empleados exclusivamente para los objetivos del estudio.

RESULTADOS

Se incluyeron 153 estudiantes de la carrera de Medicina. La distribución según tipo de aula fue equilibrada, con 77 estudiantes en aula inteligente y 76 en aula tradicional. Predominó el sexo femenino, con 92 estudiantes, mientras que 61 fueron de sexo masculino. La edad media fue de 21.55 ± 2.74 años, con un rango entre 18 y 29 años. Las asignaturas incluidas fueron Expresión Oral, Inglés Técnico, Parasitología, Imagenología I, Imagenología II, Medicina Legal y Medicina Social. Del total de

participantes, 145 estudiantes autorizaron el uso anónimo de su nota final, con una media global de 76.78 \pm 13.25 puntos (Tabla 1).

Tabla 1. Características generales de los estudiantes incluidos en el estudio

Table 1. General characteristics of the students included in the study

| Sección | Variable | Global | Aula inteligente | Aula tradicional |
|---|--|----------------------|---------------------|-----------------------|
| Población encuestada | Encuestados totales, n | 153 | 77 | 76 |
| | Autoriza uso anónimo de nota, n (%) | 145 (94,8%) | 73 (94,8%) | 72 (94,7%) |
| | No autoriza uso de nota, n (%) | 8 (5,2%) | 4 (5,2%) | 4 (5,3%) |
| Edad | Edad, media \pm DE | 21,55 \pm 2,74 | 22,13 \pm 2,84 | 20,99 \pm 2,53 |
| | Edad, mediana [RIQ] | 21,0 [19,75-23,0] | 21,0 [20,0-24,0] | 20,0 [19,0-22,0] |
| Sexo | Femenino, n (%) | 92 (60,1%) | 41 (53,2%) | 51 (67,1%) |
| | Masculino, n (%) | 61 (39,9%) | 36 (46,8%) | 25 (32,9%) |
| Asignatura | Expresión Oral, n (%) | 47 (30,7%) | 17 (22,1%) | 30 (39,5%) |
| | Imagenología I, n (%) | 17 (11,1%) | 15 (19,5%) | 2 (2,6%) |
| | Imagenología II, n (%) | 21 (13,7%) | 18 (23,4%) | 3 (3,9%) |
| | Ingles tecnico, n (%) | 24 (15,7%) | 5 (6,5%) | 19 (25,0%) |
| | Medicina legal, n (%) | 16 (10,5%) | 14 (18,2%) | 2 (2,6%) |
| | Medicina social, n (%) | 7 (4,6%) | 0 (0,0%) | 7 (9,2%) |
| | Parasitología, n (%) | 21 (13,7%) | 8 (10,4%) | 13 (17,1%) |
| Rendimiento académico | Nota final autorizada, media \pm DE | 76,78 \pm 13,25 | 77,9 \pm 13,26 | 75,64 \pm 13,24 |
| | Nota final autorizada, mediana [RIQ] | 78,0 [70,0-84,0] | 78,0 [72,0-85,0] | 78,0 [69,75-83,25] |
| Rendimiento Académico categorizado | Bajo (<51), n (%) | 3 (2,1%) | 1 (1,4%) | 2 (2,8%) |
| | Regular (51-70), n (%) | 34 (23,4%) | 15 (20,5%) | 19 (26,4%) |
| | Bueno (71-85), n (%) | 76 (52,4%) | 39 (53,4%) | 37 (51,4%) |
| | Excelente (86-100), n (%) | 32 (22,1%) | 18 (24,7%) | 14 (19,4%) |
| Dimensiones de percepción y utilidad | Uso tecnológico, media \pm DE | 3,03 \pm 1,06 | 3,55 \pm 0,93 | 2,5 \pm 0,9 |
| | Motivación, media \pm DE | 4,1 \pm 0,79 | 4,27 \pm 0,75 | 3,93 \pm 0,79 |
| | Participación, media \pm DE | 4,04 \pm 0,71 | 4,19 \pm 0,71 | 3,89 \pm 0,68 |
| | Aprendizaje percibido, media \pm DE | 4,15 \pm 0,7 | 4,34 \pm 0,64 | 3,96 \pm 0,7 |
| | Satisfacción y recomendación, media \pm DE | 4,06 \pm 0,8 | 4,21 \pm 0,8 | 3,91 \pm 0,78 |
| | Innovación docente, media \pm DE | 4,03 \pm 0,81 | 4,27 \pm 0,76 | 3,78 \pm 0,79 |
| | Utilidad global, media \pm DE | 3,8 \pm 0,67 | 4,07 \pm 0,63 | 3,52 \pm 0,6 |

Nota. Los datos se presentan como n (%) o media \pm desviación estándar, según corresponda. La nota final se analizó solo en estudiantes que autorizaron el uso anónimo de su calificación.

La consistencia interna de las dimensiones del cuestionario fue evaluada mediante el coeficiente alfa de Cronbach. Las escalas de uso tecnológico, motivación, participación y aprendizaje percibido presentaron adecuada confiabilidad interna, con valores entre 0.811 y 0.893. El índice de utilidad global percibida

mostró una confiabilidad excelente, con alfa = 0.936. Las dimensiones de satisfacción/recomendación e innovación docente presentaron valores moderados de consistencia interna, cercanos a 0.60 (Tabla 2).

Tabla 2. Consistencia interna de las dimensiones del cuestionario sobre utilidad percibida de las aulas inteligentes

Table 2. Internal consistency of the dimensions of the questionnaire on the perceived usefulness of smart classrooms

| Dimensión | Número de ítems | n válido | Alfa de Cronbach | Interpretación |
|------------------------------|-----------------|----------|------------------|-----------------------|
| Uso tecnológico | 6 | 153 | 0,893 | Buena |
| Motivación | 3 | 153 | 0,811 | Buena |
| Participación | 4 | 153 | 0,837 | Buena |
| Aprendizaje percibido | 5 | 153 | 0,840 | Buena |
| Satisfacción y recomendación | 2 | 153 | 0,605 | Cuestionable/moderada |
| Innovación docente | 2 | 153 | 0,608 | Cuestionable/moderada |
| Utilidad global | 22 | 153 | 0,936 | Excelente |

Nota. La consistencia interna se evaluó mediante alfa de Cronbach. El índice de utilidad global corresponde al promedio de los ítems perceptuales del cuestionario.

Se observaron medias superiores en el grupo de aula inteligente en todas las dimensiones de utilidad percibida. La diferencia de mayor magnitud correspondió al uso tecnológico, con una media de 3.552 en aula inteligente frente a 2.498 en aula tradicional $p < 0.001$; $d = 1.149$. Asimismo, se identificaron diferencias significativas en motivación 4.273 vs. 3.934; $p = 0.007$; $d = 0.440$, participación 4.185 vs. 3.888; $p = 0.009$; $d = 0.426$, aprendizaje percibido 4.335 vs. 3.955; $p = 0.001$; $d = 0.566$, satisfacción/recomendación 4.214 vs. 3.908; $p = 0.018$; $d = 0.388$ e innovación docente 4.273 vs. 3.776; $p < 0.001$; $d = 0.638$. El índice de utilidad global fue igualmente superior en el aula inteligente 4.069 vs. 3.522; $p < 0.001$, con un tamaño de efecto alto $d = 0.887$ (Tabla 3).

Tabla 3. Comparación de medias de las dimensiones perceptuales entre aula inteligente y aula tradicional

Table 3. Comparison of mean scores for the perceptual dimensions between the smart classroom and the traditional classroom

| Variable | Media aula inteligente | Media aula tradicional | p-valor | d de Cohen |
|----------------------------|------------------------|------------------------|---------|------------|
| Uso tecnológico | 3.552 | 2.498 | <0.001 | 1.149 |
| Motivación | 4.273 | 3.934 | 0.007 | 0.440 |
| Participación | 4.185 | 3.888 | 0.009 | 0.426 |
| Aprendizaje percibido | 4.335 | 3.955 | 0.001 | 0.566 |
| Satisfacción/recomendación | 4.214 | 3.908 | 0.018 | 0.388 |
| Innovación docente | 4.273 | 3.776 | <0.001 | 0.638 |
| Utilidad global | 4.069 | 3.522 | <0.001 | 0.887 |

Nota. Valores expresados como medias. Puntajes más altos indican mejor percepción; el tamaño del efecto se reporta mediante d de Cohen.

Al comparar los grupos según tipo de aula, no se observó una diferencia estadísticamente significativa en la nota final autorizada entre estudiantes del aula inteligente y del aula tradicional. La media fue de 77.90 ± 13.26 en el aula inteligente y de 75.64 ± 13.24 en el aula tradicional, con una diferencia media de 2.26 puntos, IC95% [-2.08; 6.61], $p = 0.305$, y tamaño de efecto g de Hedges = 0.17.

En las dimensiones perceptuales, las puntuaciones fueron superiores en el grupo de aula inteligente. Las mayores diferencias se observaron en uso tecnológico, con $g = 1.14$, y en utilidad global percibida, con

$g = 0.88$. También se observaron diferencias en innovación docente, aprendizaje percibido, motivación y participación, con magnitudes entre pequeñas y moderadas (Tabla 4).

Tabla 4. Comparación entre aula inteligente y aula tradicional en rendimiento académico y dimensiones perceptuales

Table 4. Comparison between the smart classroom and the traditional classroom in academic performance and perceptual dimensions

| Variable | n AI | AI media \pm DE | n AT | AT media \pm DE | Diferencia media [IC95%] | p Welch | Hedges g | Magnitud |
|------------------------------|------|-------------------|------|-------------------|--------------------------|---------|----------|----------|
| Nota final autorizada | 73 | 77.9 \pm 13.26 | 72 | 75.64 \pm 13.24 | 2.26 [-2.08; 6.61] | 0.305 | 0.17 | Trivial |
| Uso tecnológico | 77 | 3.55 \pm 0.93 | 76 | 2.5 \pm 0.9 | 1.05 [0.76; 1.35] | <0.001 | 1.14 | Grande |
| Motivación | 77 | 4.27 \pm 0.75 | 76 | 3.93 \pm 0.79 | 0.34 [0.09; 0.58] | 0.007 | 0.44 | Pequeño |
| Participación | 77 | 4.18 \pm 0.71 | 76 | 3.89 \pm 0.68 | 0.3 [0.07; 0.52] | 0.009 | 0.42 | Pequeño |
| Aprendizaje percibido | 77 | 4.34 \pm 0.64 | 76 | 3.96 \pm 0.7 | 0.38 [0.17; 0.59] | 0.001 | 0.56 | Moderado |
| Satisfacción y recomendación | 77 | 4.21 \pm 0.8 | 76 | 3.91 \pm 0.78 | 0.31 [0.05; 0.56] | 0.018 | 0.39 | Pequeño |
| Innovación docente | 77 | 4.27 \pm 0.76 | 76 | 3.78 \pm 0.79 | 0.5 [0.25; 0.75] | <0.001 | 0.64 | Moderado |
| Utilidad global | 77 | 4.07 \pm 0.64 | 76 | 3.52 \pm 0.6 | 0.55 [0.35; 0.74] | <0.001 | 0.88 | Grande |

Nota. AI = aula inteligente; AT = aula tradicional; DE = desviación estándar; IC95% = intervalo de confianza del 95%. Las diferencias se calcularon como AI - AT; el tamaño del efecto se expresó mediante g de Hedges.

Se construyeron dos modelos lineales ajustados para evaluar los desenlaces principales del estudio. El primer modelo consideró como variable dependiente la nota final autorizada, mientras que el segundo modelo consideró la utilidad global percibida. Ambos modelos incluyeron como covariables la edad, el sexo y la asignatura.

En el modelo ajustado para nota final autorizada, el tipo de aula no mostró asociación estadísticamente significativa con el rendimiento académico. El coeficiente ajustado para aula inteligente fue $\beta = -2.49$, IC95% [-9.25; 4.26], $p = 0.466$, con R^2 ajustado = 0.236 y $n = 133$.

En el modelo ajustado para utilidad global percibida, el aula inteligente tampoco mostró asociación estadísticamente significativa al incorporar edad, sexo y asignatura en el modelo. El coeficiente ajustado fue $\beta = 0.117$, IC95% [-0.168; 0.402], $p = 0.419$, con R^2 ajustado = 0.076 y $n = 140$.

En el análisis de sensibilidad, el coeficiente del aula inteligente para utilidad global percibida fue significativo en el modelo ajustado por edad y sexo, con $\beta = 0.288$, IC95% [0.06; 0.51], $p = 0.013$. Al incorporar la asignatura, el coeficiente fue $\beta = 0.117$, IC95% [-0.17; 0.40], $p = 0.419$. Para la nota final autorizada, el coeficiente del aula inteligente fue $\beta = 2.627$, IC95% [-2.89; 8.14], $p = 0.348$ en el modelo ajustado por edad y sexo, y $\beta = -2.494$, IC95% [-9.25; 4.26], $p = 0.466$ al incorporar asignatura (Tabla 5).

Tabla 5. Análisis de sensibilidad del coeficiente del aula inteligente según nivel de ajuste del modelo
Table 5. Sensitivity analysis of the smart classroom coefficient according to the model adjustment level

| Resultado | Modelo | n | β aula inteligente | IC95% | p | R2 ajustado |
|-----------------|--------------------------------------|-----|-----------------------------|---------------|-------|-------------|
| Nota final | Ajustado por edad y sexo | 133 | 2.627 | [-2.89; 8.14] | 0.348 | -0.009 |
| Nota final | Ajustado por edad, sexo y asignatura | 133 | -2.494 | [-9.25; 4.26] | 0.466 | 0.236 |
| Utilidad global | Ajustado por edad y sexo | 140 | 0.288 | [0.06; 0.51] | 0.013 | 0.028 |
| Utilidad global | Ajustado por edad, sexo y asignatura | 140 | 0.117 | [-0.17; 0.4] | 0.419 | 0.076 |

Nota. El análisis de sensibilidad compara el coeficiente β del aula inteligente según el nivel de ajuste del modelo: primero por edad y sexo, y luego incorporando asignatura.

Como análisis complementario, la utilidad global percibida se categorizó como alta cuando el puntaje promedio fue ≥ 4 , equivalente a una valoración favorable en la escala Likert. La proporción de estudiantes con alta utilidad percibida fue mayor en el aula inteligente que en el aula tradicional, con 75.3% frente a 51.3%, respectivamente. Esta diferencia fue estadísticamente significativa, χ^2 , $p = 0.002$.

Asimismo, los estudiantes del aula inteligente presentaron mayores probabilidades de reportar alta utilidad percibida en comparación con los estudiantes del aula tradicional, con OR = 2.90, IC95% [1.46; 5.75]. En el modelo logístico ajustado por edad y sexo, la asociación se mantuvo significativa, con OR ajustado = 2.57, IC95% [1.24; 5.30], $p = 0.011$.

Finalmente, se exploró la relación entre la utilidad global percibida y la nota final autorizada. No se observó una correlación significativa entre ambas variables en el análisis global, con rho de Spearman = 0.065, $p = 0.440$. Este resultado fue similar al analizar los grupos por separado, tanto en estudiantes de aula inteligente, rho = 0.156, $p = 0.188$, como en estudiantes de aula tradicional, rho = -0.055, $p = 0.645$. Adicionalmente, se realizó un análisis de sensibilidad excluyendo una asignatura completa por vez y repitiendo los modelos. En cada iteración se retiraron temporalmente todos los estudiantes pertenecientes a una de las siguientes asignaturas: Expresión Oral, Imagenología I, Imagenología II, Inglés Técnico, Medicina Legal, Medicina Social y Parasitología. Para la utilidad global percibida, el coeficiente asociado al aula inteligente se mantuvo positivo en todas las iteraciones y fue estadísticamente significativo en cinco de siete exclusiones, con valores entre $\beta = 0.178$ y $\beta = 0.363$. Para la nota final autorizada, la asociación con el aula inteligente fue significativa en una de siete exclusiones.

DISCUSIÓN

El presente estudio evidenció que los estudiantes expuestos al aula inteligente reportaron puntuaciones superiores en todas las dimensiones perceptuales evaluadas, especialmente en uso tecnológico, innovación docente, aprendizaje percibido y utilidad global. Además, la proporción de estudiantes con alta utilidad percibida fue mayor en el aula inteligente y esta asociación se mantuvo significativa tras ajustar por edad y sexo. Sin embargo, no se observó una asociación robusta entre el tipo de aula y la nota final autorizada, ni una correlación significativa entre utilidad global percibida y rendimiento académico.

Estos hallazgos coinciden con Lu et al., quienes observaron que las preferencias hacia ambientes inteligentes se asocian con mayor compromiso conductual, emocional y cognitivo (16). De forma similar, Lu, Xie y Liu señalaron que la percepción del ambiente de aprendizaje y la motivación influyen en el compromiso situacional dentro de aulas inteligentes, aunque el efecto de la tecnología depende del acompañamiento docente, la interacción social y la autoeficacia (17). En nuestro estudio, esta relación se reflejó en una mejor percepción educativa, pero no en una mejora clara de las calificaciones finales.

La mayor diferencia entre grupos correspondió al uso tecnológico, con un tamaño de efecto grande. Este resultado es coherente con Hu et al., quien reportó que el uso de tecnología móvil y los ambientes de aula inteligente pueden incrementar el compromiso estudiantil cuando se integran activamente al aprendizaje (18). No obstante, Mao et al., advierten que estos espacios pueden perder valor o incluso convertirse en distractores si no existe intencionalidad pedagógica (19). Por tanto, nuestros resultados refuerzan que la tecnología educativa debe entenderse como un medio para enriquecer la enseñanza, y no como un fin en sí mismo.

La mayor utilidad global percibida también se relaciona con los modelos de satisfacción estudiantil. Dai et al., encontraron que la experiencia de uso, el valor percibido y las expectativas del estudiante influyen en la satisfacción en aulas inteligentes (20). En la misma línea, Wang et al., señalaron que la experiencia de aprendizaje en estos entornos puede mejorar el compromiso académico mediante la autoeficacia (21). En nuestro estudio, la mayor proporción de estudiantes con alta utilidad percibida respalda esta conexión entre ambiente tecnológico, experiencia subjetiva y valoración educativa.

La ausencia de una asociación consistente entre aula inteligente y nota final debe interpretarse con cautela. La nota final es un desenlace complejo, influido por la asignatura, el docente, los métodos de evaluación, el desempeño previo y las estrategias de estudio. Romli MH et al., concluyeron que el e-learning puede complementar la enseñanza presencial, aunque su efectividad depende del diseño instruccional y del contexto institucional (23). Kim JW et al. también observaron satisfacción moderada o alta con el aprendizaje en línea, pero sin evidencia concluyente de superioridad académica frente a métodos tradicionales (24). Esto coincide con nuestro estudio, donde la experiencia percibida mejoró, pero el rendimiento académico medido por nota final no mostró una diferencia robusta.

En educación médica digital, McGee et al., señalaron que las intervenciones digitales y combinadas pueden mejorar conocimientos, confianza y compromiso, aunque su efectividad varía según la habilidad enseñada, el contexto y la modalidad empleada (26). Martinengo et al., reportaron que la educación digital espaciada puede mejorar conocimientos y conductas clínicas cuando existe exposición sistemática (27). Esta evidencia sugiere que el impacto académico de las aulas inteligentes podría requerir mayor tiempo de exposición, mejor integración curricular o indicadores más específicos que la nota final global. La comparación con estrategias activas también resulta relevante. Naing et al., encontraron que el aula invertida puede mejorar resultados en educación de profesionales de salud cuando promueve preparación previa, participación y aplicación del conocimiento (28). Mitchell e Ivimey-Cook reportaron efectos positivos de la simulación mejorada por tecnología frente a la enseñanza tradicional (29). Asimismo, Pupic et al. destacaron la necesidad de integrar competencias digitales e inteligencia artificial en la formación médica desde una perspectiva técnica, ética, comunicacional y clínica (30). En conjunto, estos trabajos apoyan que las aulas inteligentes deben orientarse a usos pedagógicos más profundos que la simple exposición de contenidos.

Un aspecto metodológicamente importante fue que, al ajustar por asignatura, la asociación entre aula inteligente y utilidad global se atenuó. Esto sugiere que parte de la diferencia perceptual podría estar influida por características propias de cada materia, docente o estrategia de evaluación. En estudios educativos reales, la asignación a entornos tecnológicos rara vez es aleatoria, por lo que estas fuentes de confusión deben considerarse al interpretar los resultados.

El estudio presenta algunas limitaciones. Su diseño transversal impide establecer causalidad; la asignación a aula inteligente o tradicional no fue aleatoria; la utilidad percibida se midió mediante autoinforme; y la nota final, aunque objetiva, puede no capturar dimensiones centrales del aprendizaje médico, como razonamiento clínico, habilidades prácticas, comunicación o toma de decisiones.

CONCLUSIÓN

Las aulas inteligentes se asociaron con una mejor experiencia educativa percibida, reflejada en mayores puntuaciones de uso tecnológico, motivación, participación, aprendizaje percibido, innovación docente y utilidad global. No obstante, no se evidenció una mejora directa y consistente del rendimiento académico medido por calificaciones finales. Por ello, su principal aporte parece ubicarse en el componente experiencial y perceptual del aprendizaje.

Se recomienda fortalecer el uso pedagógico de las aulas inteligentes mediante capacitación docente, diseño de actividades activas, integración de recursos multimedia, simulación, resolución de casos y retroalimentación inmediata. Futuras investigaciones deberían emplear diseños longitudinales o cuasiexperimentales, mediciones antes y después, asignación más equilibrada por asignatura e indicadores específicos de competencias clínicas, además de analizar el rol del docente y de la metodología de enseñanza.

Conflict of interests

The authors declare that they have no conflicts of interest that could affect the results and conclusions presented in this article.

REFERENCES

1. UNESCO. Global Education Monitoring Report 2023: Technology in education: A tool on whose terms? Paris: UNESCO; 2023. Disponible en: <https://www.unesco.org/gem-report/en/technology>
2. Alfoudari AM, Durugbo CM, Aldhmour FM. Exploring quality attributes of smart classrooms from the perspectives of academics. *Educ Inf Technol (Dordr)*. 2023 Mar 24;1-43. doi: 10.1007/s10639-022-11452-3.
3. García-Tudela PA, Prendes-Espinosa P, Solano-Fernández IM. The Spanish experience of future classrooms as a possibility of smart learning environments. *Heliyon*. 2023 Jul 22;9(8):e18577. doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e18577
4. Ma Y, Zuo M, Gao R, Yan Y, Luo H. Interrelationships among College Students' Perceptions of Smart Classroom Environments, Perceived Usefulness of Mobile Technology, Achievement Emotions, and Cognitive Engagement. *Behav Sci (Basel)*. 2024 Jul 4;14(7):565. doi: 10.3390/bs14070565.
5. Yang Y, Yan Z, Zhu J, Guo W, Wu J, Huang B. The development and validation of the Student Self-feedback Behavior Scale. *Front Psychol*. 2025 Jan 6; 15:1495684. doi: 10.3389/fpsyg.2024.1495684.
6. Jin S, Peng L. Classroom perception in higher education: The impact of spatial factors on student satisfaction in lecture versus active learning classrooms. *Front Psychol*. 2022 Sep 27; 13:941285. doi: 10.3389/fpsyg.2022.941285.
7. Delungahawatta T, Dunne SS, Hyde S, Halpenny L, McGrath D, O'Regan A, Dunne CP. Advances in e-learning in undergraduate clinical medicine: a

- systematic review. *BMC Med Educ.* 2022 Oct 7;22(1):711. doi: 10.1186/s12909-022-03773-1.
8. Abdull Mutalib AA, Md Akim A, Jaafar MH. A systematic review of health sciences students' online learning during the COVID-19 pandemic. *BMC Med Educ.* 2022 Jul 3;22(1):524. doi: 10.1186/s12909-022-03579-1.
 9. Tabatabaeichehr M, Babaei S, Dartomi M, Alesheikh P, Tabatabaee A, Mortazavi H, et al. Medical students' satisfaction level with e-learning during the COVID-19 pandemic and its related factors: a systematic review. *Journal of Educational Evaluation for Health Professions.* 2022; 19:37. doi:10.3352/jeehp.2022.19.37
 10. Tudor Car L, Poon S, Kyaw BM, Cook DA, Ward V, Atun R, et al. Digital education for health professionals: an evidence map, conceptual framework, and research agenda. *Journal of Medical Internet Research.* 2022;24(3):e31977. doi:10.2196/31977
 11. Kim HY, Kim EY. Effects of medical education program using virtual reality: a systematic review and meta-analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health.* 2023;20(5):3895. doi:10.3390/ijerph20053895
 12. Spaic D, Bukumiric Z, Rajovic N, Markovic K, Savic M, Milin-Lazovic J, et al. The flipped classroom in medical education: systematic review and meta-analysis. *Journal of Medical Internet Research.* 2025;27: e60757. doi:10.2196/60757
 13. García-Martín J, García-Sánchez JN. The digital divide of know-how and use of digital technologies in higher education: The case of a college in Latin America in the COVID-19 era. *International Journal of Environmental Research and Public Health.* 2022;19(6):3358. doi:10.3390/ijerph19063358
 14. Ndibalema P. Constraints of transition to online distance learning in Higher Education Institutions during COVID-19 in developing countries: A systematic review. *E-Learning and Digital Media.* 2022 Jun 8;19(6):595–618. doi: 10.1177/20427530221107510.
 15. Inter-American Development Bank. Higher Education Digital Transformation in Latin America and the Caribbean. Washington, DC: IDB; 2024. Disponible en: <https://publications.iadb.org/publications/english/document/Higher-Education-Digital-Transformation-in-Latin-America-and-the-Caribbean.pdf>
 16. Lu K, Shi Y, Li J, Yang HH, Xu M. An investigation of college students' learning engagement and classroom preferences under the smart classroom environment. *SN Comput Sci.* 2022; 3:205. doi: <https://doi.org/10.1007/s42979-022-01093-1>
 17. Lu G, Xie K, Liu Q. What influences student situational engagement in smart classrooms: perception of the learning environment and students' motivation. *Br J Educ Technol.* 2022;53(6):1665-1687. doi: <https://doi.org/10.1111/bjet.13204>
 18. Hu Y, Huang J, Kong F. College students' learning perceptions and outcomes in different classroom environments: A community of inquiry perspective. *Front Psychol.* 2022 Dec 1; 13:1047027. doi: 10.3389/fpsyg.2022.1047027. PMID: 36532972; PMCID: PMC9751398.
 19. Mao Q, Fang X, Jiang L, Zhu L. Enhancement or impediment? How university teachers' use of smart classrooms might impact interaction quality. *Sustainability.* 2023;15(22):15826. doi: <https://doi.org/10.3390/su152215826>
 20. Dai Z, Wang L, Peng X, Zhao L, Xiong J. A model for assessing student satisfaction with smart classroom environment in higher education. *J Comput Assist Learn.* 2024;40(6):2901-2916. doi: <https://doi.org/10.1111/jcal.13045>
 21. Wang Y, Liu S, Pu L, Mao X, Shen S. College students' learning experience and engagement in the smart classroom: the mediating role of self-efficacy in the background of COVID-19. *SAGE Open.* 2024;14(4). doi: <https://doi.org/10.1177/21582440241285082>
 22. Chen C, Xiao LG. Human–computer interaction in smart classrooms: enhancing educational outcomes in Chinese higher education. *Int J Hum Comput Interact.* 2025;41(22):14379-14400. doi: <https://doi.org/10.1080/10447318.2025.2483851>
 23. Romli MH, Cheema MS, Mehat MZ, Md Hashim NF, Abdul Hamid H. Exploring the effectiveness of technology-based learning on the educational outcomes of undergraduate healthcare students: an overview of systematic reviews protocol. *BMJ Open.* 2020 Nov 23;10(11):e041153. doi: 10.1136/bmjopen-2020-041153.
 24. Kim JW, Myung SJ, Yoon HB, Moon SH, Ryu H, Yim JJ. How medical education survives and evolves during COVID-19: Our experience and

- future direction. PLoS One. 2020 Dec 18;15(12): e0243958. doi: 10.1371/journal.pone.0243958.
25. Erfannia L, Sharifian R, Yazdani A, Sarsarshahi A, Rahati R, Jahangiri S. Students' Satisfaction and e-Learning Courses in Covid-19 Pandemic Era: A Case Study. *Stud Health Technol Inform.* 2022 Jan 14;289:180-183. doi: 10.3233/SHTI210889.
 26. McGee RG, Wark S, Mwangi F, et al. Digital learning of clinical skills and its impact on medical students' academic performance: a systematic review. *BMC Med Educ.* 2024; 24:1477. doi: <https://doi.org/10.1186/s12909-024-06471-2>
 27. Martinengo L, Ng MSP, Ng TDR, Ang YI, Jabir AI, Kyaw BM, et al. Spaced digital education for health professionals: systematic review and meta-analysis. *J Med Internet Res.* 2024;26:e57760. doi: <https://doi.org/10.2196/57760>
 28. Naing C, Whittaker MA, Aung HH, Chellappan DK, Riegelman A. The effects of flipped classrooms to improve learning outcomes in undergraduate health professional education: a systematic review. *Campbell Syst Rev.* 2023;19(3):e1339. doi: <https://doi.org/10.1002/cl2.1339>
 29. Mitchell AA, Ivimey-Cook ER. Technology-enhanced simulation for healthcare professionals: a meta-analysis. *Front Med.* 2023; 10:1149048. doi: <https://doi.org/10.3389/fmed.2023.1149048>
 30. Pupic N, Ghaffari-zadeh A, Hu R, Singla R, Darras K, Karwowska A, et al. An evidence-based approach to artificial intelligence education for medical students: a systematic review. *PLOS Digit Health.* 2023;2(11):e0000255. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pdig.0000255>.



in being part of our community and accessing exclusive benefits. the first step is to obtain your membership. Join us and stay up to date with advances in health education.

MEMBERSHIP SUBSCRIPTION IS FREE.
Request your membership to the
<https://forms.gle/kVYBYRdRnYZff14y9>

Mexican Academy of Health Education A.C.

Membership: Our commitment is to keep professionals and students in training updated in this constantly evolving area. If you are interested

