

# Impacto del aula invertida en la educación médica: Una revisión sistemática con metaanálisis

Carlos Alberto Andrade-Castellanos<sup>1,\*</sup>, Francisco Gerardo Yanowsky-Escatell<sup>1,2</sup>.

Impact of the Flipped Classroom on Medical Education: A Systematic Review with Meta-Analysis

## RESUMEN

*El aula invertida es un modelo pedagógico que promueve el aprendizaje activo al trasladar el contenido teórico al entorno virtual. En educación médica, esta estrategia busca fomentar la participación activa del estudiante y el desarrollo de habilidades cognitivas superiores. Aunque su implementación ha mostrado beneficios, la evidencia disponible se ha enfocado más en estudiantes de ciencias de la salud en general que en estudiantes medicina, con estudios en su mayoría no experimentales y publicados en idioma inglés. **Objetivo:** Evaluar el impacto del aula invertida frente al modelo de aula tradicional mediante un metaanálisis de ensayos controlados con distribución al azar. **Métodos:** Se realizó una búsqueda exhaustiva en siete bases de datos hasta marzo de 2025, siguiendo los lineamientos PRISMA. Se incluyeron ensayos controlados aleatorizados que compararon el aula invertida con la enseñanza tradicional en estudiantes de medicina. El análisis se realizó con el software RevMan 5.4, utilizando diferencias de medias estandarizadas (DME), bajo un modelo de efectos aleatorios. **Resultados:** Se identificaron 40 estudios que cumplieron con los criterios de inclusión. El metaanálisis mostró que el aula invertida mejora significativamente el conocimiento teórico (DME= 0.99; IC 95%: 0.76-1.22) y las habilidades prácticas de los estudiantes de medicina (DME= 1.34; IC 95%: 0.88-1.89). En cuanto a la satisfacción estudiantil, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas (DME= 0.54; IC 95%: -0.03-1.11). **Conclusión:** El modelo de aula invertida se relacionó con mejoras significativas en el conocimiento y las habilidades*

<sup>1</sup>Servicio de Medicina Interna, Nuevo Hospital Civil de Guadalajara Dr. Juan I Menchaca, Guadalajara, Jalisco, México.

<sup>2</sup>Departamento de Ciencias de la Salud-Enfermedad como Proceso Individual, Centro Universitario de Tonalá, Universidad de Guadalajara, Jalisco, México.

\*Correspondencia: Carlos Alberto Andrade-Castellanos / caandrade@hcg.gob.mx  
Salvador Quevedo y Zubieta 750, Independencia Oriente.  
C.P. 44340, Guadalajara, Jalisco, México.

Financiamiento: El trabajo no recibió financiamiento.

Declaración de conflicto de intereses:  
Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Recibido: 06 de junio de 2025.  
Aceptado: 12 de agosto de 2025.

## ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN / RESEARCH ARTICLE

Impacto del aula invertida en la educación médica: Una revisión sistemática... - C. Andrade-Castellanos, et al.

*prácticas de los estudiantes de medicina; no obstante, se evidenció una considerable heterogeneidad entre los estudios analizados. No se halló un impacto claro en la satisfacción estudiantil.*

**Palabras clave:** *Educación médica; Enseñanza; Estudiantes de medicina; Meta-análisis.*

### ABSTRACT

*The flipped classroom is a pedagogical model that fosters active learning by transferring theoretical content to a virtual environment. In medical education, this approach aims to enhance student engagement and promote the development of higher-order cognitive skills. While its implementation has demonstrated benefits, the existing evidence has predominantly focused on health sciences students in general rather than specifically on medical students, with most studies being non-experimental and published in English. **Aim:** To evaluate the impact of the flipped classroom compared to the traditional classroom model through a meta-analysis of randomized controlled trials. **Methods:** A comprehensive search was conducted across seven databases up to March 2025, in accordance with PRISMA guidelines. Randomized controlled trials comparing the flipped classroom to traditional teaching methods in medical students were included. The analysis was performed using RevMan 5.4 software, applying standardized mean differences (SMDs) within a random-effects model. **Results:** A total of 40 studies met the inclusion criteria. The meta-analysis revealed that the flipped classroom significantly enhances theoretical knowledge ( $SMD = 0.99$ ; 95% CI: 0.76–1.22) and practical skills ( $SMD = 1.34$ ; 95% CI: 0.88–1.89) in medical students. However, no statistically significant difference was observed in student satisfaction ( $SMD = 0.54$ ; 95% CI: -0.03–1.11). **Conclusion:** The flipped classroom model was associated with significant improvements in medical students' knowledge and practical skills; however, considerable heterogeneity was observed among the analyzed studies. No clear impact on student satisfaction was found.*

**Keywords:** *Education, Medical; Meta-Analysis; Teaching; Students, Medical.*

El aula invertida, o flipped classroom, es un modelo de aprendizaje activo que traslada el contenido teórico de las lecciones al entorno virtual, generalmente a través de videos que los estudiantes deben revisar antes de asistir a clase<sup>1</sup>. De esta manera, el tiempo presencial se destina a realizar actividades de aprendizaje orientadas al desarrollo de habilidades cognitivas de nivel superior, como el análisis, la síntesis y la evaluación<sup>2</sup>.

En el ámbito de la educación médica, el modelo de aula invertida propone un cambio pedagógico que favorece la participación activa del estudiante<sup>3,4</sup>. En este enfoque, el docente asume el rol de facilitador de las discusiones grupales, promoviendo el pensamiento crítico y la aplicación autónoma del conocimiento adquirido. Para que esta estrategia sea efectiva, los educadores adoptan la figura del “guía al lado” en lugar del tradicional “sabio en el escenario”<sup>5</sup>. Este modelo plantea que, a medida que las experiencias de aprendizaje evolucionan de lo pasivo a lo activo, la retención del conocimiento por parte de los estudiantes puede aumentar significativamente, pasando del 20 al 30% en entornos tradicionales, hasta alcanzar el 90% en contextos de aprendizaje activo<sup>6</sup>.

A pesar de la introducción de nuevas metodologías activas, las clases magistrales siguen siendo predominantes en la enseñanza de la medicina. Sin embargo, diversos autores coinciden en señalar que este enfoque tradicional resulta ineficiente, rígido y alejado de un modelo centrado en el estudiante<sup>7</sup>. En este sentido, se ha subrayado la importancia de adoptar estrategias que promuevan el procesamiento activo de la información, siendo el aula invertida una alternativa pedagógica eficaz para fortalecer un aprendizaje significativo y centrado en el estudiante, quien, en última instancia, constituye la esencia del proceso educativo y la razón de ser del docente<sup>8</sup>.

En la última década, ha aumentado considerablemente el interés por estudiar el impacto del aula invertida en la educación médica. Varios metaanálisis han reportado mejoras significativas en el rendimiento académico de los estudiantes en comparación con los métodos tradicionales de enseñanza<sup>9,10,11,12,13,14</sup>. Sin embargo, los estu-

dios incluidos en estos metaanálisis presentan una considerable diversidad metodológica, ya que abarcan estudiantes de ciencias de la salud en general y combinan estudios experimentales con no experimentales. Además, la ausencia de estudios provenientes de contextos latinoamericanos en dichos metaanálisis podría sesgar la interpretación del impacto del aula invertida en entornos educativos de nuestra región.

Por ello, el objetivo de esta investigación es evaluar el impacto del modelo de aula invertida frente al modelo tradicional en estudiantes de medicina, mediante un metaanálisis de ensayos controlados con distribución al azar, a partir de una búsqueda sistemática y exhaustiva sin restricciones de idioma.

## Métodos

Esta revisión sistemática se llevó a cabo siguiendo las directrices PRISMA<sup>15</sup>. Para ello, se realizó una búsqueda exhaustiva de artículos relevantes en EMBASE, Medline vía PubMed, ERIC, LILACS, IRESIE, SciELO y CENTRAL hasta el 31 de marzo de 2025, sin restricciones de idioma. Para capturar una gama amplia de artículos potencialmente elegibles, se emplearon los siguientes términos de búsqueda con operadores booleanos: (“flipped classroom” OR “flip learning” OR “flip classroom” OR “inverted classroom”) AND (“Students, Medical” [Mesh] OR “medical students” OR “Education, Medical” [Mesh] OR “medical education”). Además, se realizaron búsquedas manuales de artículos en revistas especializadas en investigación en educación médica en español, así como en metaanálisis previamente publicados. La revisión se desarrolló conforme a un protocolo predefinido, ingresado en el Registro Prospectivo Internacional de Revisiones Sistemáticas (CRD420251022649)<sup>16</sup>. Dado que esta investigación se fundamentó en datos de acceso público provenientes de estudios previamente publicados, no fue necesaria la aprobación de un comité de ética. En concordancia con los principios de valor social, integridad científica y transparencia, se garantizó una metodología rigurosa y una interpretación responsable de los hallazgos.

### Selección de los estudios

Se incluyeron ensayos controlados con distribución al azar que cumplieran con los siguientes criterios: 1) que compararan una condición de aula invertida con una condición de aula tradicional; 2) que proporcionaran datos brutos, así como puntajes obtenidos en preguntas escritas, y 3) que los participantes fueran estudiantes de medicina (de pregrado y postgrado). Los estudios fueron excluidos si los participantes no eran estudiantes de medicina, si no fue posible extraer los datos necesarios para calcular los tamaños del efecto, si el contenido de enseñanza no pertenecía al ámbito médico, o si no se trataba de ensayos controlados. La evaluación de los criterios de inclusión y exclusión fue realizada de forma independiente por dos investigadores; cualquier discrepancia se resolvió por consenso.

### Extracción de datos y evaluación de la calidad de los estudios

La extracción de datos y la evaluación de la calidad de los estudios fueron llevadas a cabo por dos investigadores. El desenlace principal fue la mejora del conocimiento teórico, evaluada mediante los puntajes obtenidos en pruebas escritas; otros desenlaces de interés incluyeron la mejora en las habilidades prácticas y la satisfacción de los estudiantes. La calidad de los estudios se evaluó con la herramienta de sesgos de la Colaboración Cochrane<sup>17</sup>.

### Síntesis y análisis de los datos

El análisis estadístico se realizó utilizando el software Review Manager, versión 5.4 (Centro Cochrane Nórdico, Copenhague, Dinamarca). Dado que los desenlaces fueron variables continuas y se emplearon diferentes escalas de medición entre los estudios incluidos, se utilizaron las diferencias de medias estandarizadas (DME) con sus respectivos intervalos de confianza del 95% como medida del tamaño del efecto. Para estimar el efecto global, se aplicó un modelo de efectos aleatorios según el método de DerSimonian-Laird, en consideración a la variabilidad esperada entre los estudios<sup>18</sup>. La heterogeneidad se evaluó mediante el estadístico I<sup>2</sup>, considerándose baja

si era inferior al 25%, moderada si alcanzaba el 50% y sustancial si superaba el 75%<sup>19</sup>. Se utilizaron gráficos de embudo para visualizar el posible sesgo de publicación en relación con el desenlace principal<sup>20</sup>.

### Resultados

El proceso de búsqueda y selección de la literatura se detalla en la figura 1. La búsqueda inicial arrojó un total de 1.407 artículos, una vez eliminados los duplicados. A continuación, se realizó una evaluación de títulos y resúmenes, lo que permitió excluir 1.269 estudios por no cumplir con los criterios de inclusión, principalmente por no corresponder a investigaciones experimentales o por no involucrar a estudiantes de medicina como población de estudio. Durante esta fase se identificó un preprint potencialmente relevante (<https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-18325/v1>); sin embargo, al no haber sido sometido a revisión por pares en una revista científica, se optó por excluirlo. Posteriormente, se revisaron 138 artículos para determinar su elegibilidad. De estos, 74 fueron descartados por no tratarse de ensayos con distribución al azar; 12 por no comparar el modelo de aula invertida con la enseñanza tradicional o por combinarlo con otras intervenciones; 10 por no proporcionar información suficiente para calcular los tamaños del efecto, y 2 por aplicar el enfoque de aula invertida a contenidos ajenos a la enseñanza médica (por ejemplo, la redacción de certificados médicos)<sup>21</sup>. Finalmente, 40 estudios cumplieron con los criterios de inclusión y exclusión predefinidos y fueron seleccionados para su incorporación en el análisis final.

### Características y calidad de los estudios

Las publicaciones incluidas fueron todos ensayos controlados con distribución al azar, que abarcaron 7 países en todo el mundo, con una representación destacada de China (n= 26) e India (n= 7). No se identificaron ensayos publicados en revistas de habla hispana ni realizados en países de América Latina. La información detallada de cada estudio se presenta en el Anexo. Los ensayos abordaron una variedad de temáticas dentro del campo de la medicina. De ellos, 10 se centraron

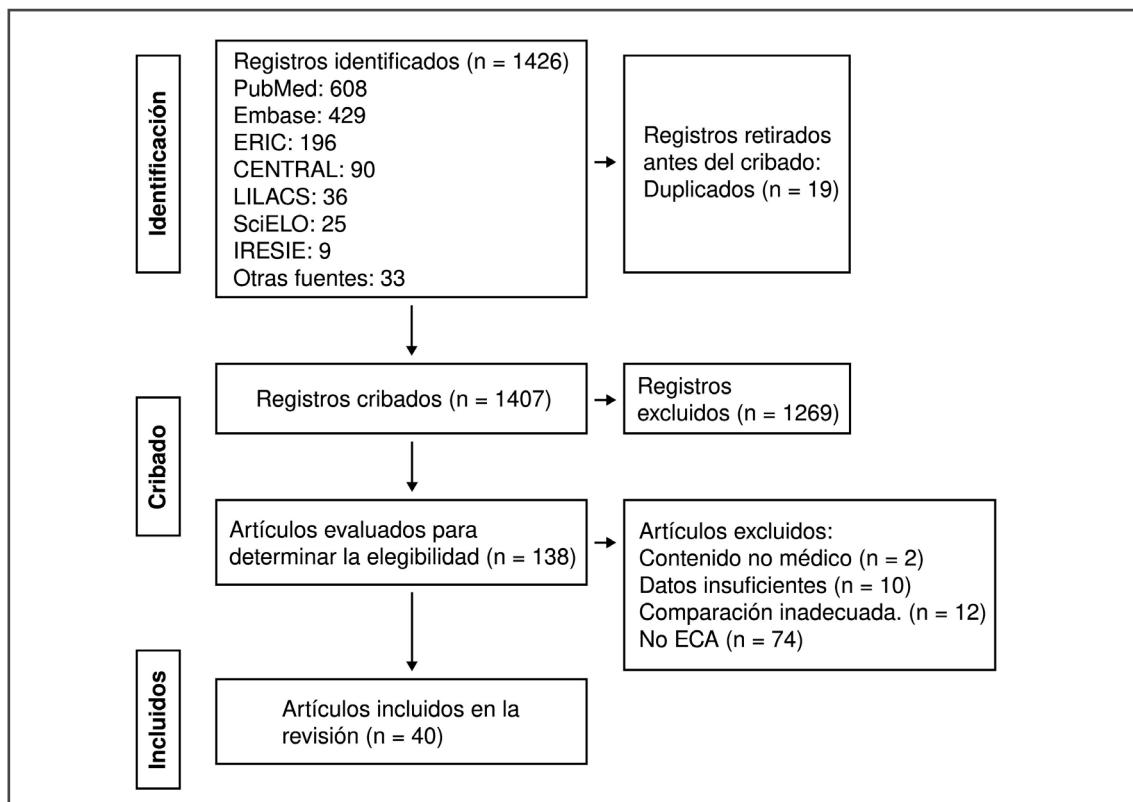


Figura 1: Diagrama de flujo PRISMA de la selección de estudios. ECA: ensayo controlado con distribución al azar.

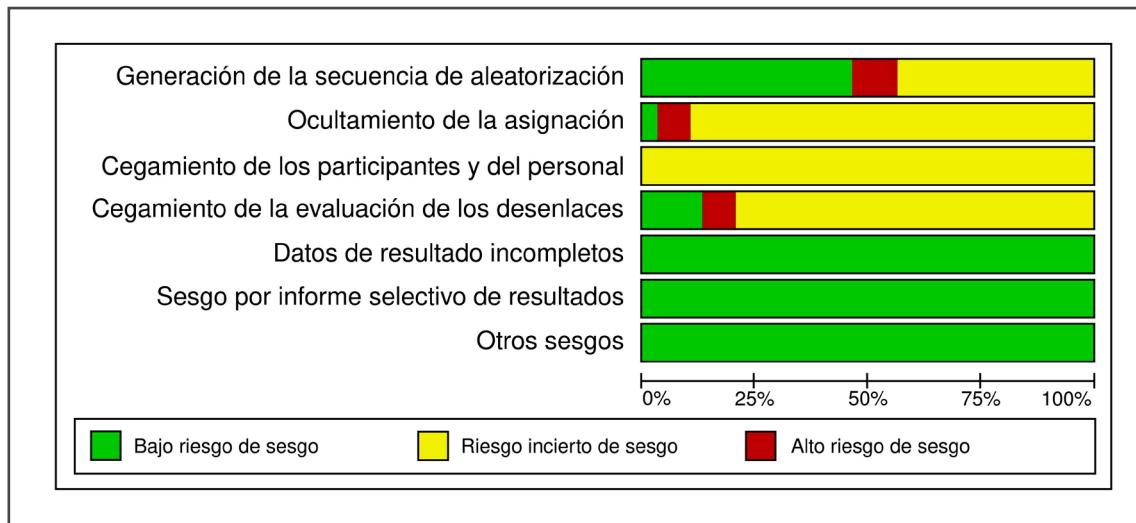
en contenidos relacionados con las ciencias básicas, tales como fisiología y bioquímica, mientras que los 30 restantes trataron aspectos de las ciencias clínicas. En cuanto a la población analizada, 20 estudios incluyeron estudiantes de medicina en etapa preclínica, 17 se centraron en médicos internos de pregrado, 2 en médicos residentes y solo 1 en pasantes en servicio social. En todos los estudios, la intervención consistió en la implementación del modelo de aula invertida, comparado con la enseñanza tradicional utilizada como grupo control. Sin embargo, la duración de la intervención varió entre los estudios. En la gran mayoría de los casos, la evaluación del conocimiento y las habilidades se realizó de forma inmediata tras la aplicación de la intervención. Los estudios fueron publicados entre 2015 y 2024, e involucraron a 3.916 participantes, de los cuales 1.947 pertenecían

al grupo aula invertida y 1.969 al grupo aula tradicional, respectivamente.

El riesgo de sesgo en los estudios incluidos se presenta en la figura 2. Aunque todos los estudios reportaron haber realizado una distribución al azar, solo 18 detallaron los métodos utilizados para generar la secuencia aleatoria. Únicamente cuatro estudios describieron adecuadamente la ocultación de la asignación, y apenas siete informaron que los evaluadores de los desenlaces estaban cegados. En general, se consideró que la mayoría de los estudios estaban libres de otros tipos de sesgo.

#### **Impacto del aula invertida en la mejora del conocimiento teórico**

Un total de 36 estudios reportaron los puntuajes obtenidos para evaluar el conocimiento teórico. El análisis incluyó a 3.587 participantes,



**Figura 2:** Evaluación del riesgo de sesgo utilizando la herramienta de sesgos de la Colaboración Cochrane. Los ítems de riesgo de sesgo de todos los estudios incluidos se indican como porcentajes.

de los cuales 1.781 fueron asignados al grupo de aula invertida y 1.806 al grupo de aula tradicional. Los resultados mostraron un efecto general significativo a favor del modelo de aula invertida en la adquisición de conocimientos teóricos en estudiantes de medicina (DME= 0.99; IC 95%: 0.76-1.22;  $p<0.00001$ ) (Figura 3). No obstante, se identificó un alto grado de heterogeneidad entre los estudios incluidos ( $I^2= 90\%$ ).

Se planificó inicialmente un análisis de sensibilidad para evaluar la solidez de los resultados del desenlace principal, mediante la exclusión de estudios con alto riesgo de sesgo. No obstante, dado que la mayoría de los ensayos presentaban un riesgo incierto de sesgo, se optó por explorar la heterogeneidad a través de un análisis de subgrupos, cuyos resultados se muestran en la tabla 1. Aunque las puntuaciones del modelo de aula invertida variaron en algunos subgrupos, se mantuvieron significativamente superiores a las del aula tradicional. Sin embargo, la heterogeneidad observada fue sustancial ( $I^2>75\%$ ), lo que sugiere que las características estudiadas no fueron la fuente de dicha heterogeneidad. Este hallazgo fue respaldado mediante pruebas estadísticas de interacción entre subgrupos, las cuales revelaron niveles de heterogeneidad moderados dentro de

algunos subgrupos, pero sin diferencias estadísticamente significativas entre ellos.

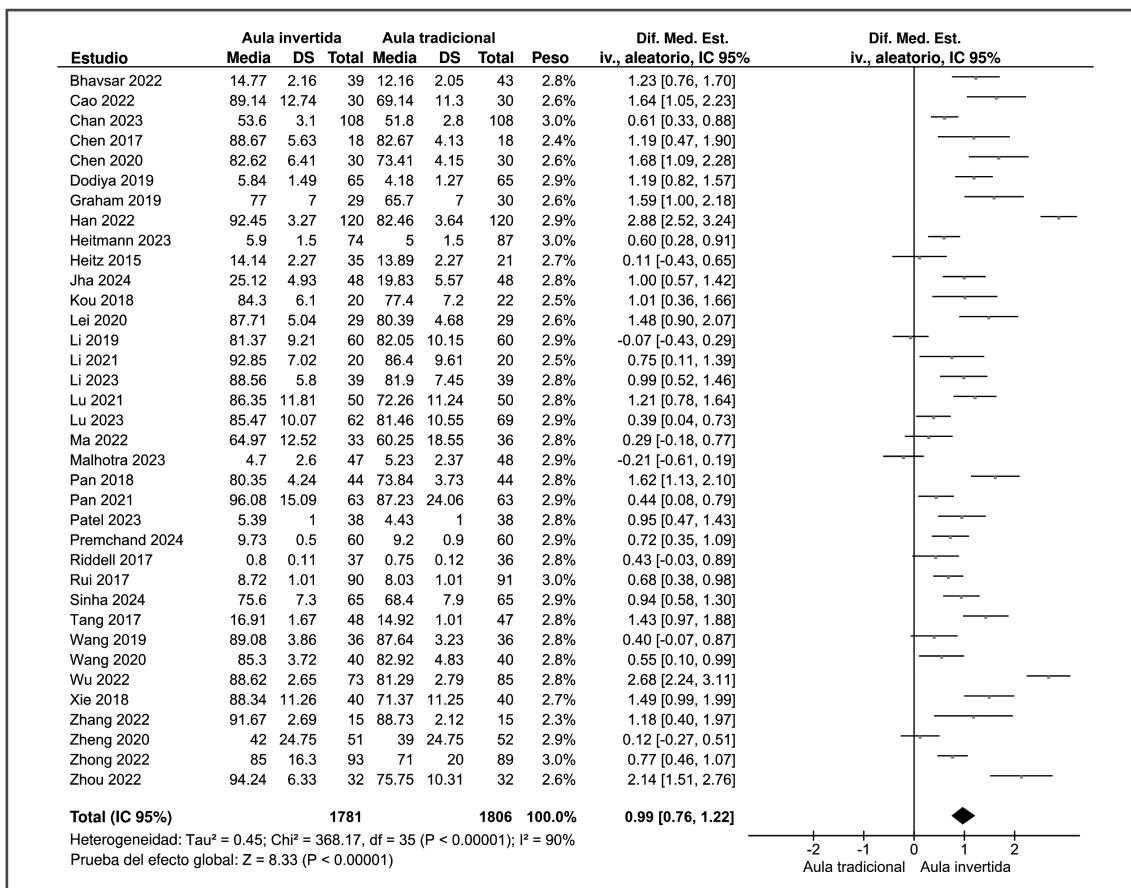
#### **Impacto del aula invertida en la mejora de habilidades prácticas y la satisfacción**

Solo 16 estudios utilizaron la puntuación de habilidades prácticas de los participantes como medida de resultado. El análisis con el modelo de efectos aleatorios mostró que el aula invertida mejoró significativamente el desempeño operativo de los estudiantes en comparación con el aula tradicional (DME= 1.34; IC 95%: 0.80-1.89;  $p<0.00001$ ) (Figura 4). Tal como ocurrió con el desenlace principal, se observó un alto grado de heterogeneidad entre los estudios ( $I^2= 95\%$ ).

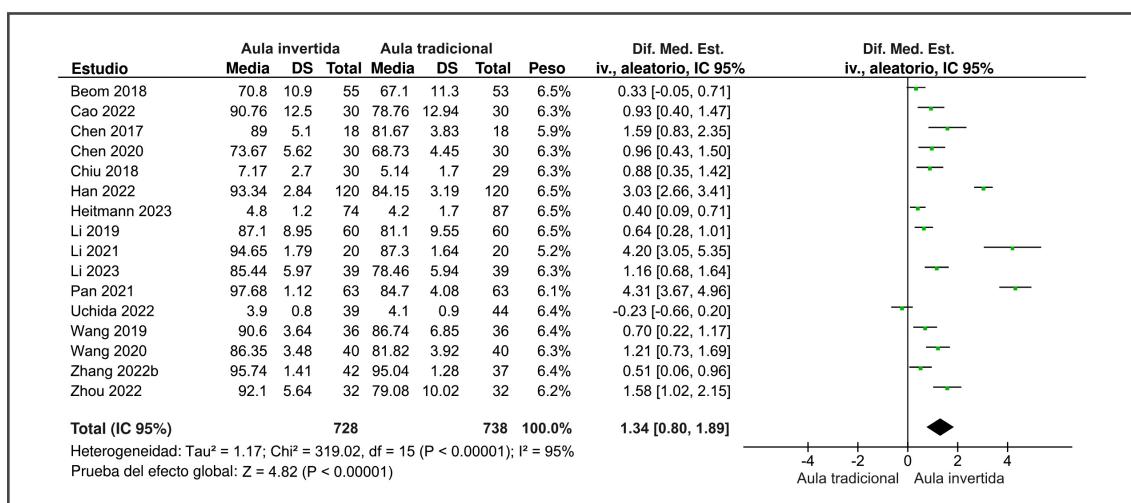
Diecisiete estudios evaluaron la satisfacción de los estudiantes; sin embargo, solo en seis fue posible extraer los datos necesarios para calcular los tamaños del efecto, ya que los estudios restantes emplearon encuestas con escalas tipo Likert que no permitieron dicho análisis. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la satisfacción percibida por los estudiantes del grupo aula invertida en comparación con el grupo aula tradicional (DME= 0.54; IC 95%: -0.03-1.11;  $p= 0.06$ ) (Figura 5). La heterogeneidad entre los estudios fue sustancial ( $I^2= 93\%$ ).

## ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN / RESEARCH ARTICLE

Impacto del aula invertida en la educación médica: Una revisión sistemática... - C. Andrade-Castellanos, et al.



**Figura 3:** Gráfico de bosque sobre el impacto del aula invertida frente al aula tradicional en la mejora del conocimiento teórico.



**Figura 4:** Gráfico de bosque sobre el impacto del aula invertida frente al aula tradicional en la mejora de habilidades prácticas.

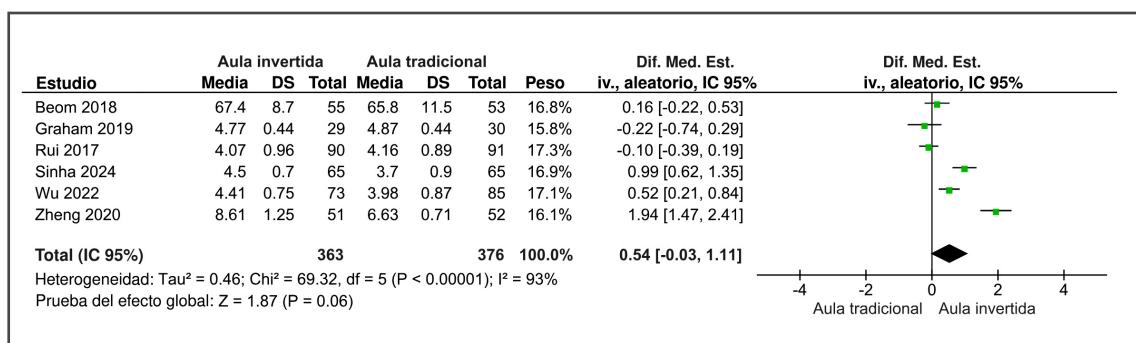
# ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN / RESEARCH ARTICLE

Impacto del aula invertida en la educación médica: Una revisión sistemática... - C. Andrade-Castellanos, et al.

**Tabla 1.** Resultados del análisis por subgrupos del desenlace principal.

Subgrupo	n	Efecto		Heterogeneidad		Diferencia entre subgrupos	
		DME (IC 95%)	Valor de p	$I^2$	Valor de p	Valor de p	$I^2$
Tipo de estudio							
• ECA de grupos paralelos	31	1.05 (0.79-1.31)	<0.001	91%	<0.001	0.14	55.2%
• ECA de grupos cruzados	5	0.63 (0.14-1.12)	0.01	85%	<0.001		
Año de publicación							
• Antes del 2020	12	0.91 (0.56-1.25)	<0.001	85%	<0.001	0.60	0%
• Despues del 2020	24	1.03 (0.73-1.34)	<0.001	92%	<0.001		
Región de la publicación							
• Asia oriental	25	1.09 (0.78-1.40)	<0.001	92%	<0.001	0.14	54.7%
• Resto del mundo*	11	0.77 (0.48-1.05)	<0.001	80%	<0.001		
Tipo de estudiante							
• Etapa preclínica	17	0.84 (0.55-1.12)	<0.001	89%	<0.001	0.21	35%
• Etapa clínica <sup>†</sup>	19	1.13 (0.76-1.51)	<0.001	91%	<0.001		
Tipo de contenido							
• Ciencias básicas	10	0.96 (0.53-1.39)	<0.001	92%	<0.001	0.87	0%
• Ciencias clínicas	26	1.00 (0.72-1.29)	<0.001	90%	<0.001		

ECA: Ensayo controlado con distribución al azar; DME: Diferencias de medias estandarizadas; IC: Intervalos de confianza. \*India es geográficamente Asia, pero cultural y estructuralmente muy diferente de China (lo que justifica su salida de Asia oriental). La división se planteó con el objetivo de aislar el efecto de los estudios realizados en China, que eran mayoría (n= 26). <sup>†</sup>Se consideraron como estudiantes en etapa clínica a los médicos internos de pregrado, pasantes del servicio social y médicos residentes.

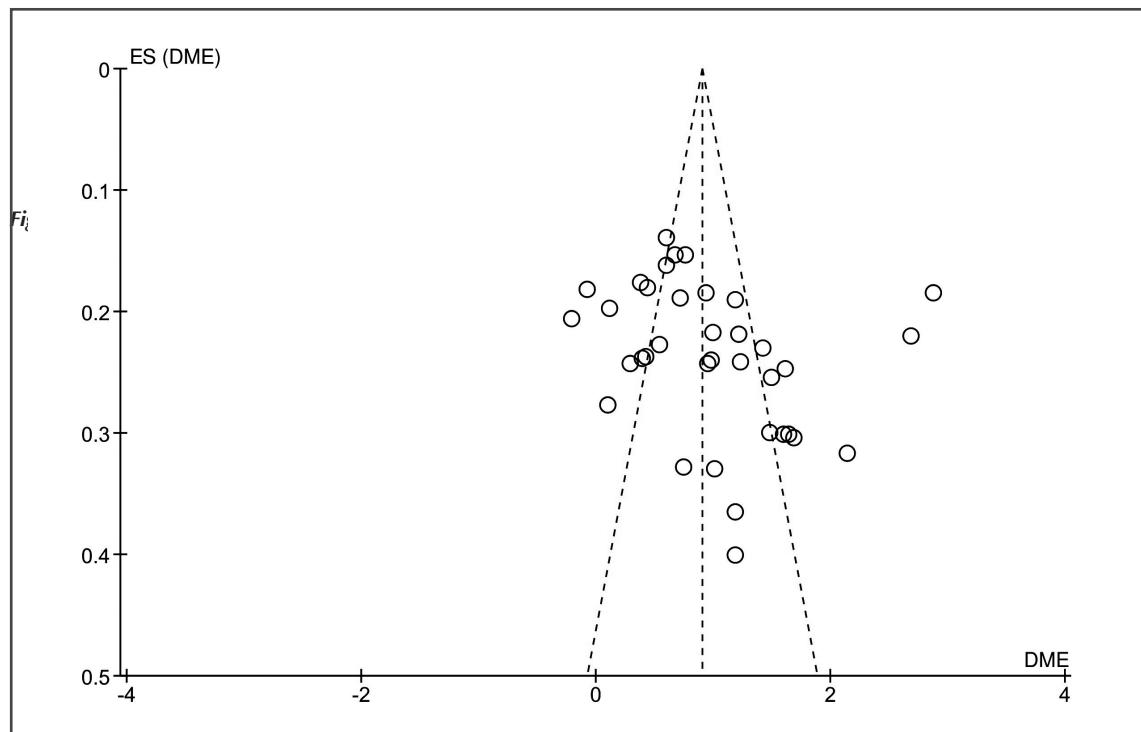


**Figura 5:** Gráfico de bosque que muestra los resultados de la satisfacción de los estudiantes.

### Sesgo de publicación

El análisis visual del gráfico en embudo mostró cierta asimetría, caracterizada por una mayor concentración de estudios en el lado derecho de la media (Figura 6). Esta distribución podría

reflejar un sesgo de publicación, asociado con la ausencia de estudios de menor tamaño que reportan efectos negativos o nulos. Sin embargo, la prueba de regresión de Egger descartó esta posibilidad (intercepto= 3.73,  $p= 0.093$ )<sup>22,23</sup>.



**Figura 6:** Gráfico en embudo que muestra la probabilidad de sesgo de publicación. ES: Error estándar; DME: Diferencias de medias estandarizadas.

### Discusión

Los resultados de esta revisión sistemática con metaanálisis indican que el modelo pedagógico de aula invertida se asocia con mejoras significativas tanto en el conocimiento teórico como en el desempeño operativo de estudiantes de medicina, en comparación con el modelo de aula tradicional. En promedio, el rendimiento académico de los estudiantes expuestos al modelo de aula invertida fue una desviación estándar superior al de sus pares en el modelo tradicional, lo que representa una mejora sustancial en términos de aprendizaje y una diferencia lo suficientemente grande como para no deberse al azar. Estos hallazgos son consistentes con lo reportado en otros metaanálisis,

que han documentado mejoras relevantes en las competencias de estudiantes de programas de formación en ciencias de la salud<sup>9,10,11,12,13,14</sup>.

Los beneficios teóricos del aula invertida se fundamentan en el constructivismo social y el aprendizaje activo<sup>24,25</sup>. La colaboración social permite el modelado, el andamiaje y la retroalimentación, elementos que favorecen la activación de los conocimientos previos del estudiante y la construcción de nuevos significados. En el modelo tradicional, de corte mayormente expositivo, la mayor parte del tiempo en el aula se dedica a los dos niveles inferiores de la taxonomía de Bloom: recordar y comprender. En contraste, el modelo de aula invertida redistribuye el uso del

## ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN / RESEARCH ARTICLE

Impacto del aula invertida en la educación médica: Una revisión sistemática... - C. Andrade-Castellanos, et al.

tiempo presencial, orientándolo hacia los niveles superiores y más activos de dicha taxonomía: aplicar, analizar y evaluar<sup>6</sup>. Estimular una actitud de aprendizaje activo en los estudiantes facilita los procesos de aprendizaje en términos de adquisición de competencias y conocimientos, lo que finalmente beneficia a los pacientes.

El modelo de aula invertida ofrece recursos de aprendizaje flexibles, lo que permite a los estudiantes acceder al material en cualquier momento y lugar. Además, el entorno activo fomenta una interacción más directa entre estudiantes y docentes, lo que puede reforzar el aprendizaje y permitir una retroalimentación inmediata<sup>14</sup>. Zhang et al., a través de un metaanálisis en red, identificaron que las metodologías activas –como el aprendizaje basado en problemas, la simulación y el aprendizaje basado en casos– superan en efectividad a las clases magistrales, con diferencias mínimas entre ellas<sup>26</sup>. Por otro lado, evidencia reciente sugiere que la combinación de estas metodologías podría ser aún más eficaz para mejorar tanto el rendimiento teórico como la capacidad de análisis en estudiantes de medicina<sup>27</sup>.

Los estudiantes que son nuevos en el modelo de aula invertida requieren un cierto periodo de adaptación durante el cual deben familiarizarse y prepararse para adoptar este método de enseñanza<sup>28</sup>. Los resultados de este metaanálisis mostraron que los efectos del aula invertida entre los diversos tipos de estudiantes fueron prácticamente iguales, con una diferencia no significativa a favor de estudiantes en años clínicos. Existen algunas explicaciones plausibles para este efecto. Una explicación es que los estudiantes en años no clínicos o de ciencias básicas pueden no ser capaces de adquirir habilidades de orden inferior por sí mismos durante las actividades fuera del aula, especialmente cuando los conceptos son nuevos o difíciles de comprender<sup>29</sup>. Por ejemplo, algunos estudios han demostrado que la eficacia del aula invertida puede verse afectada por la falta de conocimientos previos, especialmente en asignaturas básicas como fisiología y bioquímica, donde dichos conocimientos suelen ser limitados en los estudiantes<sup>30</sup>.

En este sentido, la necesidad de contar con

más conocimientos previos y el requerimiento de invertir más tiempo y recursos puede impactar negativamente en la satisfacción percibida en las aulas invertidas<sup>29,31</sup>. Para los estudiantes acostumbrados a las clases tradicionales, pueden surgir quejas respecto al mayor esfuerzo requerido en esta modalidad, sin mencionar que estos deben adaptar su enfoque de estudio y sus hábitos de aprendizaje<sup>10,29</sup>. La carga que representa el modelo de aula invertida podría ser una de las razones por las cuales no se observaron diferencias estadísticamente significativas en la satisfacción percibida por los estudiantes.

### ***Fortalezas y limitaciones***

Hasta donde se tiene conocimiento, este es el metaanálisis más amplio sobre la efectividad del aula invertida frente al modelo tradicional en estudiantes de medicina<sup>13,14</sup>. Aunque existen metaanálisis de mayor tamaño, estos incluyeron estudios no experimentales y población estudiantil de otras disciplinas en ciencias de la salud<sup>9,10,11,12,13,12</sup>.

Entre las principales limitaciones se encuentra la imposibilidad de explicar completamente la heterogeneidad observada entre los estudios, aunque se identificaron algunos factores potenciales. El análisis por región geográfica evidenció una heterogeneidad moderada sin diferencias significativas, lo que sugiere que el contexto cultural y geográfico podría influir en la efectividad del aula invertida. Esto resalta la necesidad de realizar investigaciones específicas en contextos latinoamericanos. La alta heterogeneidad observada podría explicarse por las diferencias en la implementación del enfoque de aula invertida, las cuales abarcan desde las actividades previas hasta las posteriores a la clase. Estas diferencias incluyen el tipo y la calidad del material de aprendizaje, la experiencia y los conocimientos del profesorado, etc. Esta variabilidad en la aplicación también ha sido documentada en estudios realizados con estudiantes de enfermería, farmacia y odontología<sup>32,33,34</sup>. La calidad de los estudios incluidos, así como la falta de información clara en algunos de ellos, dificultaron una evaluación precisa del riesgo de sesgo. El cegamiento en investigación educativa es difícil de implementar,

pero su ausencia puede dar lugar a efectos como el de Hawthorne<sup>35</sup>, que podría haber sobreestimado los beneficios observados.

Nuestro estudio permite identificar áreas clave para fortalecer la investigación futura en este campo. En particular, resulta prioritario fomentar la generación de evidencia desde contextos latinoamericanos mediante ensayos controlados de alta calidad, que respondan a las particularidades educativas y socioculturales de la región. La ausencia de información clave y el incumplimiento de guías como la declaración CONSORT comprometen la validez de los estudios<sup>36</sup>. Sin un rigor adecuado en el reporte, será difícil construir una base sólida de evidencia que sustente decisiones curriculares futuras. Finalmente, consideramos importante dar un mayor seguimiento al impacto del modelo de aula invertida en la retención del conocimiento a largo plazo, incluyendo su efecto en el desempeño de los estudiantes en exámenes de alto impacto o de altas consecuencias, tales como los exámenes profesionales, de admisión a residencias médicas y de certificación.

## Conclusión

Los resultados de esta revisión sistemática con metaanálisis revelan que el enfoque de aula invertida en la educación médica proporciona una mejora estadísticamente significativa en el rendimiento estudiantil, en comparación con el modelo de aula tradicional. Sin embargo, se observó una alta heterogeneidad, lo que sugiere efectos inconsistentes en cuanto a magnitud y dirección. Esta revisión resalta la necesidad de mejorar los diseños metodológicos en estudios futuros.

## Referencias

1. Erbil DG. A review of flipped classroom and cooperative learning method within the context of Vygotsky theory. *Front Psychol*. 2020; 11: 1157.
2. Kraut AS, Omron R, Caretta-Weyer H, Jordan J, Manthey D, Wolf SJ, et al. The flipped classroom: A critical appraisal. *West J Emerg Med*. 2019; 20(3): 527-536.
3. Oudbier J, Spaaij G, Timmermans K, Boerboom T. Enhancing the effectiveness of flipped classroom in health science education: A state-of-the-art review. *BMC Med Educ*. 2022; 22(1): 34.
4. Joya P, Panwara R, Azhagiria R, Krishnamurthy A, Adibattia M. Flipped classroom – a student perspective of an innovative teaching method during the times of pandemic. *Educ Med*. 2023; 24(2): 100790.
5. McLean S, Attardi SM. Sage or guide? Student perceptions of the role of the instructor in a flipped classroom. *Act Learn High Educ*. 2018; 24(1): 49-61.
6. French H, Arias-Shah A, Gisondo C, Gray MM. Perspectives: The flipped classroom in graduate medical education. *Neoreviews*. 2020; 21(3): e150-e156.
7. Mehta NB, Hull AL, Young JB, Stoller JK. Just imagine: new paradigms for medical education. *Acad Med*. 2013; 88(10): 1418-1423.
8. Lifshitz-Guinzberg A, Abreu-Hernández LF, Sepúlveda-Vildósola AC, Urrutia-Aguilar ME, Córdova-Villalobos JA, López-Bárcena J, et al. Pros y contras de las innovaciones en educación médica. *Gac Med Mex*. 2021; 157(3): 325-334.
9. 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.
10. Hew KF, Lo CK. Flipped classroom improves student learning in health professions education: A meta-analysis. *BMC Med Educ*. 2018; 18(1): 38.
11. Chen KS, Monrouxe L, Lu YH, Jenq CC, Chang YJ, Chang YC, et al. Academic outcomes of flipped classroom learning: A meta-analysis. *Med Educ*. 2018; 52(9): 910-924.
12. Zhang SL, Ren SJ, Zhu DM, Liu TY, Wang L, Zhao JH, et al. Which novel teaching strategy is most recommended in medical education? A systematic review and network meta-analysis. *BMC Med Educ*. 2024; 24(1): 1342.
13. Zhang Z, Zhang Z, Yu Y, Jiang M, Deng L, Guo L. Impact of different teaching modes on medical students' performance under the scoring criteria for multiple-choice questions: A meta-analysis. *Medicine (Baltimore)*. 2024; 103(51): e41008.
14. Sun X, Yuan X, Zhang L, Zhang Y, Xiao X, Liu H, et al. Effectiveness of flipped classrooms in Chinese students of clinical medicine major undergoing clinical practice: a meta-analysis. *BMC Med Educ*. 2025; 25(1): 205.
15. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*. 2021; 372: n71.
16. University of York, Centre for Reviews and Dissemination. PROSPERO: International prospective register of systematic reviews. York: University of York. [citado 1 de abril de 2025]. Disponible en: <https://www.crd.york.ac.uk/PROSPERO/view/CRD420251022649>
17. Higgins J, Thomas J. Cochrane handbook for systematic reviews of interventions version 6.5. 2024 [citado 1 de abril de 2025]. Disponible en: <https://training.cochrane.org/handbook/current>
18. DerSimonian R, Laird N. Meta-analysis in clinical trials. *Control Clin Trials*. 1986; 7(3): 177-188.
19. Higgins JP, Thompson SG, Deeks JJ, Altman DG. Measuring inconsistency in meta-analyses. *BMJ*. 2003; 327(7414): 557-560.

## ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN / RESEARCH ARTICLE

Impacto del aula invertida en la educación médica: Una revisión sistemática... - C. Andrade-Castellanos, et al.

20. Egger M, Davey Smith G, Schneider M, Minder C. Bias in meta-analysis detected by a simple, graphical test. *BMJ*. 1997; 315(7109): 629-634.
21. Tusa N, Sointu E, Kastarinen H, Valtonen T, Kaasinen A, Hirsto L, et al. Medical certificate education: Controlled study between lectures and flipped classroom. *BMC Med Educ*. 2018; 18(1): 243.
22. Egger M, Davey Smith G, Schneider M, Minder C. Bias in meta-analysis detected by a simple, graphical test. *BMJ*. 1997; 315: 629-634.
23. Lin L, Chu H. Quantifying publication bias in meta-analysis. *Biometrics*. 2018; 74(3): 785-794.
24. Singh K, Mahajan R, Gupta P, Singh T. Flipped classroom: A concept for engaging medical students in learning. *Indian Pediatr*. 2018; 55(6): 507-512.
25. Robertson WH. The constructivist flipped classroom. *J Coll Sci Teach*. 2022; 52(2): 17-22.
26. Zhang SL, Ren SJ, Zhu DM, Liu TY, Wang L, Zhao JH, et al. Which novel teaching strategy is most recommended in medical education? A systematic review and network meta-analysis. *BMC Med Educ*. 2024; 24(1): 1342.
27. Shi XY, Lu BR, Yin Q, Wang QW, Fang YQ, Sun ZG. Whether case-based teaching combined with the flipped classroom is more valuable than traditional lecture-based teaching methods in clinical medical education: A systematic review and meta-analysis. *BMC Med Educ*. 2025; 25(1): 906.
28. Li BZ, Cao NW, Ren CX, Chu XJ, Zhou HY, Guo B. Flipped classroom improves nursing students' theoretical learning in China: A meta-analysis. *PLoS One*. 2020; 15(8): e0237926.
29. Oudbier J, Spaaij G, Timmermans K, Boerboom T. Enhancing the effectiveness of flipped classroom in health science education: A state-of-the-art review. *BMC Med Educ*. 2022; 22(1): 34.
30. Liu J, Wu Z, Lan YZ, Chen WJ, Wu BX, Chen WT, et al. Flipped classroom in physiology education: Where are we and where are we heading? *Front Educ*. 2024; 9: 1448371.
31. Tang F, Chen C, Zhu Y, Zuo C, Zhong Y, Wang N, et al. Comparison between flipped classroom and lecture-based classroom in ophthalmology clerkship. *Med Educ Online*. 2017; 22(1): 1395679.
32. Hu R, Gao H, Ye Y, Ni Z, Jiang N, Jiang X. Effectiveness of flipped classrooms in Chinese baccalaureate nursing education: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Int J Nurs Stud*. 2018; 79: 94-103.
33. Cui H, Xie X, Wang B, Zhao Y. Effectiveness of flipped classroom in pharmacy education: A meta-analysis. *BMC Med Educ*. 2023; 23(1): 881.
34. Pang X, Li L, Liu X, Wang Y, Yang B. Application of emerging teaching models in dental education: A systematic review and meta-analysis. *Int Dent J*. 2024; 74(6): 1185-1196.
35. Sedgwick P, Greenwood N. Understanding the Hawthorne effect. *BMJ*. 2015; 351: h4672.
36. Horsley T, Galipeau J, Petkovic J, Zeiter J, Hamstra SJ, Cook DA. Reporting quality and risk of bias in randomised trials in health professions education. *Med Educ*. 2017; 51(1): 61-71.