

**Investigaciones y Experiencias****Efectos del aula invertida en el rendimiento académico en cursos de Física: una revisión sistemática****Effects of the flipped classroom on academic performance in Physics courses: a systematic review**Wilton Muñoz Jiménez¹; Martín Eliseo Tamayo Ancona²¹ <https://orcid.org/0009-0002-7671-8302>; Universidad Autónoma de Santo Domingo; wmunoz74@uasd.edu.do² <https://orcid.org/0000-0003-1020-1300>; Universidad Internacional Iberoamericana; martin.ancona@unini.edu.mxDoi: <https://doi.org/10.21071/edmetic.v11i1.16062>

Recibido: 30/04/2023 Aceptado: 28/06/2023 Publicado: 24/07/2023

Citación: Muñoz Jiménez, W., & Tamayo Ancona, M. E. (2023). Efectos del aula invertida en el rendimiento académico en cursos de Física: una revisión sistemática. *EDMETIC, Revista de Educación Mediática y TIC*, 12(2), art.1. <https://doi.org/10.21071/edmetic.v11i1.16062>Autor de Correspondencia: Wilton Muñoz Jiménez (wmunoz74@uasd.edu.do)**Resumen:**

En esta revisión sistema de intervención se analizó la evidencia existente sobre el efecto de la metodología de aula invertida (FC) en el rendimiento académico en cursos de Física de educación secundaria y universitaria. A partir de una búsqueda en cinco bases de datos y buscadores: Scopus, Web of Science (WOS), ERIC, Google Académico y Google Chrome, de un total de 425 registros inicialmente encontrados se seleccionaron 22 artículos para su revisión. En la mayoría de los estudios (n = 20), se evidenció una mayor ganancia de aprendizaje en los cursos de Física donde se implementó alguna modalidad de FC en comparación con aquellos donde se utilizó el método tradicional de enseñanza u otro enfoque. Además, se reportaron mejoras en la motivación, comprensión conceptual, habilidades tecnológicas, autonomía en el aprendizaje y autoconcepto, y un alto grado de

¹ Universidad Autónoma de Santo Domingo, Santo Domingo, República Dominicana; wmunoz74@uasd.edu.do; <https://orcid.org/0009-0002-7671-8302>

² Universidad Internacional Iberoamericana, México, México; martin.ancona@unini.edu.mx; <https://orcid.org/0000-0003-1020-1300>

aceptación del FC en el alumnado. En conclusión, la evidencia analizada sugiere que el aula invertida mejora significativamente el rendimiento académico en los cursos de Física.

Palabras clave: aula invertida, física, rendimiento académico, revisión sistemática

Abstract:

This systematic review of intervention analyzed the existing evidence on the effect of the flipped classroom methodology (FC) on academic performance in Physics courses in secondary and university education. Based on a search in five databases and search engines: Scopus, Web of Science (WOS), ERIC, Google Scholar, and Google Chrome, from a total of 425 records initially found, 22 articles were selected for review. In most of the studies ($n = 20$), a greater learning gain was evidenced in Physics courses where some form of FC modality was implemented compared to those where the traditional teaching method or another approach was used. In addition, improvements were reported in motivation, conceptual understanding, technological skills, learning autonomy and self-concept, and a high degree of student acceptance of FC. In conclusion, the evidence analyzed suggests that the flipped classroom significantly improves academic performance in Physics courses.

Key Words: flipped classroom, physics, academic performance, systematic review.

Introducción

En la sociedad moderna el desarrollo de la tecnología ha provocado cambios sustanciales en casi todas las actividades y tareas humanas, logrando impactar profundamente los hábitos y estilos de vida de la gente. Hoy en día la apropiación tecnológica es tal que la mayoría de las personas, desde muy temprana edad, pasan gran parte del tiempo en su día a día frente a la pantalla de algún dispositivo electrónico y navegando por Internet, algo se ha hecho cada vez más común con la popularización de los teléfonos inteligentes en estos últimos años.

Quizás el ámbito educativo sea uno de los que se han mantenido más al margen de los grandes cambios provocados por dicha inclusión digital, sin embargo, en las últimas dos décadas se han logrado cierto avance al respecto con el desarrollo variados recursos educativos digitales y de nuevos enfoques de enseñanza mediados por TIC centrados en el aprendizaje de los alumnos, denominados metodologías de aprendizaje activo, siendo el enfoque de aula invertida o flipped classroom (FC) el de mayor auge en esta última década.

El aula invertida es una metodología de enseñanza en la que se invierte el orden habitual del proceso de enseñanza-aprendizaje de una clase tradicional, abordando el tratamiento teórico y la explicación de conceptos claves del tema a enseñar a través de videos instruccionales que el alumno deberá estudiar fuera del aula, para así aprovechar todo el tiempo de instrucción en el aula en la realización de actividades de aprendizaje más complejas que implican el análisis, evaluación o aplicación de dichos conceptos o teorías, involucrando de manera activa y colaborativa a los alumnos durante todo este proceso.

Usualmente esos videos son colgados por el docente en plataformas digitales de aprendizaje de libre acceso para el alumno, junto a otros tipos de materiales educativos como exámenes cortos, documentos pdf y simulaciones interactivas.

El origen del FC aún no está muy claro, pero parece haber surgido a mediados de la década de 1990 a partir del desarrollo y el uso de materiales y videos educativos inicialmente creados para la educación a distancia, pero que luego fueron aprovechados como materiales de apoyo en clases presenciales a nivel universitario. Baker (2000) y Lage et al. (2000) fueron pioneros en referirse públicamente sobre este enfoque de enseñanza e investigar sobre su eficiencia en el logro de aprendizaje, desde mediados de los 90. Sin embargo, fueron los profesores de Química Bergmann y Sams, de una escuela secundaria en Colorado, quienes popularizaron el uso del FC a nivel internacional a partir del año 2007, al colgar inicialmente las grabaciones de sus clases en YouTube para los alumnos que por alguna razón solían faltar a clases (Bergmann & Sams, 2012).

En la actualidad el enfoque tradicional de enseñanza continúa siendo ampliamente utilizado en la mayoría de las universidades alrededor del mundo, sin embargo, en el caso particular de la enseñanza de la Física, su efectividad en el logro de aprendizaje conceptual y en la resolución de problemas ha venido cuestionándose desde hace más de dos décadas (Halloun & Hestenes, 1985; Hake, 1998), algunos estudios atribuyen esto al rol pasivo usualmente asignados a los alumnos en las clases tradicionales (Knight & Wood, 2005). Se estima que solo entre un 5 % y 15 % de los estudiantes cambian su punto de vista conceptual cuando se les enseña con el método tradicional (Laws et al., 1999).

El aula invertida es una metodología muy prometedora para la enseñanza de la Física, ya que permite optimizar el tiempo en el aula para dedicarlo a la resolución de problemas o trabajar en el montaje y análisis de experimentos de manera colaborativa, actividades en las que el alumno requeriría mayor seguimiento y apoyo de parte del docente. Fuera del aula, el FC facilita el uso de simulaciones y videos interactivos (con preguntas), que además de fomentar el aprendizaje autónomo de los nuevos conceptos permitirían también evaluar su comprensión, para luego ser reforzados en el aula de ser necesario.

En estos últimos años ha habido un creciente uso del FC en cursos de Física a nivel secundario y universitario (Amanah et al., 2021) en diversos países, y se han realizado numerosos estudios para determinar su impacto en diversos aspectos del aprendizaje de la Física, especialmente en los resultados de rendimiento y niveles de motivación del alumnado en el estudio de la asignatura, sin embargo, no se han publicado hasta el momento estudios que sintetizen la evidencia empírica acumulada al respecto, y permitan llegar así a conclusiones sobre el efecto general de implementar dicha metodología en el logro de aprendizaje de la Física.

En ese sentido, el propósito de esta revisión sistemática consiste en sintetizar y analizar la evidencia disponible hasta el momento sobre la efectividad del uso de la metodología de aula invertida en la enseñanza de la Física a nivel secundario y universitario, como herramienta para la mejora del rendimiento académico de los alumnos en comparación con el método tradicional de enseñanza aun ampliamente utilizado.

1.1 Objetivo de investigación

Analizar los elementos característicos de las intervenciones y los efectos del uso de la metodología de aula invertida en el rendimiento académico en cursos de Física del nivel secundario y universitario, en comparación con el método de enseñanza tradicional u otras modalidades de aula invertida

1.2 Preguntas de investigación

Las siguientes preguntas de investigación guían la presente revisión:

PI1: ¿Cuál es el efecto de implementar el enfoque de aula invertida en el rendimiento académico en cursos de Física del nivel secundario y universitario, en comparación con el método tradicional u otras modalidades de aula invertida?

PI2: ¿Cuáles elementos relevantes o características presentan las intervenciones implementadas en los estudios realizados (nivel educativo, tamaño de muestra, instrumentos de medición, duración de la intervención, país, contenidos tratados, configuración de los enfoques de aula invertida y de enseñanza tradicional comparados y plataforma digital de aprendizaje utilizada)?

Método

Para dar respuesta a las preguntas anteriormente propuestas y de conformidad con el objetivo de investigación planteado, en el presente estudio se seguirá una metodología de revisión sistemática de intervención, según los criterios establecidos en la declaración PRISMA 2020 (Page et al., 2021). Una revisión sistemática es investigación cuyo fin es sintetizar y analizar la literatura o evidencia científica acumulada en cierta área del conocimiento y periodo de tiempo, y es de intervención, cuando permite la evaluación de una pregunta de efectividad de alguna intervención (García-Perdomo, 2015).

2.1 Fuentes, estrategias de búsqueda de información y criterios de inclusión/exclusión de artículos:

Tabla 1. Base de datos y ecuaciones de búsqueda. Fuente: Elaboración propia.

Buscador/Base de datos	Google Académico	Scopus	Web of Science (WOS)	EBSCOhost	ERIC
Fecha de búsqueda	14/07/2022	15/04/2022	14/07/2022	14/07/2022	14/07/2022
	<i>En español o inglés:</i> (("aula invertida" OR "aprendizaje invertido") AND Física) AND (rendimiento OR desempeño) AND "cuasiexperimento"	(TITLE-ABS-KEY ("flipped classroom" OR "inverted classroom" OR "flipped learning" OR "inverted learning") AND physics) AND TITLE-ABS-KEY (achievement OR performance)) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE, "ar")) AND (LIMIT-TO (LANGUAGE, "English"))	("flipped classroom" OR "inverted classroom" OR "flipped learning" OR "inverted learning") AND physics -achievement OR performance	flipped classroom (título) AND physics (resumen), con los siguientes limitadores: Academic Search Complete, Education Source, Library, Information Science & Technology Abstracts, Fuente Académica Plus, Publicaciones académicas (arbitradas), Fecha de publicación: 2013-2022, Tipo de publicación: Academic journal, Tipo de documento: Article, Idiomas: Todos.	("flipped classroom" OR "inverted classroom" OR "flipped learning" OR "inverted learning") AND physics, con Peer reviewed only y journal articles, como limitadores.
Ecuación de búsqueda	Google Chrome <i>En español o inglés:</i> (("flipped classroom" OR "inverted classroom" OR "flipped learning" OR "inverted learning") AND physics) AND (achievement OR performance) AND "quasi experiment"				

Tabla 2. Criterios de inclusión y exclusión de estudios. Fuente: Elaboración propia.

Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
a. Dirigidos a la educación secundaria o universitaria	a. Estudios que no sean dirigidos a alumnos de secundaria o universitarios
b. Estudios empíricos	b. Estudios teóricos o revisiones
c. Publicación en español o en inglés	c. Publicados en un idioma distinto al español o inglés.
d. Dirigidos a la enseñanza de la Física	d. Que no sean sobre la enseñanza de la Física
e. Con revisión de pares (artículos de revistas indexadas)	e. Sin revisión de pares (tesis, ponencias, conferencias, etc.)
f. Estudios de tipo cuantitativo o mixto	f. Estudios cualitativos
g. Artículos académicos completos	g. Artículos académicos que solo presenten resumen o con resultados incompletos

2.2 Selección de estudios y extracción de datos

Los registros o citas obtenidas a partir del proceso de búsqueda en las bases de datos señaladas fueron descargadas y gestionadas a través del programa EndNote 20, aquí inicialmente se eliminaron todos los estudios duplicados por la comparación de títulos. En el proceso de selección de artículos, el cribado del título-resumen y la lectura completa de texto se hizo a través del programa Covidence, con los autores del estudio como revisores.

En el proceso de extracción de datos se utilizaron varias plantillas o tablas hechas en el programa Microsoft Excel del paquete Microsoft Office 2016, indicando los datos requeridos según las variables de interés establecidas para la revisión: autores, país, año de publicación, diseño de investigación, nivel educativo, contenido tratado, instrumento de medición, duración de la intervención, contenido tratado, tamaño muestral, plataforma digital de aprendizaje y configuración de los enfoques de aula invertida y de enseñanza tradicional comparados, así como la síntesis de resultados de los estudios.

Para resolver los conflictos o diferencias entre revisores en la selección de artículos e información de interés extraída, se cruzaron y analizaron nuevamente los datos recogidos por ambos y luego se decidió por consenso la inclusión o exclusión final de los mismos.

2.3 Evaluación de la calidad metodológica de los estudios seleccionados

En el proceso de evaluación de la calidad metodológica de los artículos incluidos en la revisión se utilizó la Escala para evaluar artículos científicos en Ciencias Sociales y Humanas (EACSH) de López-López et al. (2019), compuesta por 19 indicadores agrupados en ocho (8) dimensiones: Portada y resumen, Introducción, Metodología, Resultados, Discusión, Referencias, Apéndices, y Estilo y formato, que son valoradas en una escala de estimación de 5 niveles que va desde 1 = nivel muy bajo hasta 5 = nivel muy alto (5), siendo 19 la calificación más baja y 95 la más alta. La confiabilidad y la validez de constructo del instrumento, fue de 0.937 con el coeficiente Alfa de Cronbach y superiores a 0.80 en la V de Aiken, respectivamente.

El criterio asumido para la valoración final de la calidad metodológica de cada artículo fue el siguiente: de 85 a 95, “Calidad alta”; de 74 a 84 puntos, “Calidad media”; de 63 a 73 puntos, “Calidad baja”; menor de 63 puntos para “Calidad muy baja”.

Resultados

3.1 Selección de los estudios

En la búsqueda se encontraron inicialmente 425 registros de artículos, de los cuales 29 fueron excluidos por ser duplicados y 309 por inconsistencia con el tema de investigación. Mediante revisión de título y resumen de los estudios, fueron descartados 4 por idioma, 22 por inconsistencia con el título y 23 por criterios de exclusión preestablecidos. Luego, se identificaron 16 registros o citas a través de una exhaustiva búsqueda en el motor de búsqueda Google Chrome, de los cuales fueron recuperados para revisión completa de

texto solo 9 artículos. Un total de 24 artículos finalmente fueron seleccionados para revisión, de los cuales 1 fue excluido por estar incompleto (ponencia de congreso) y 1 por estar duplicado, siendo incluidos en la revisión final solo 22 artículos. Las características principales de estos estudios se presentan a manera de síntesis en la Tabla 2.

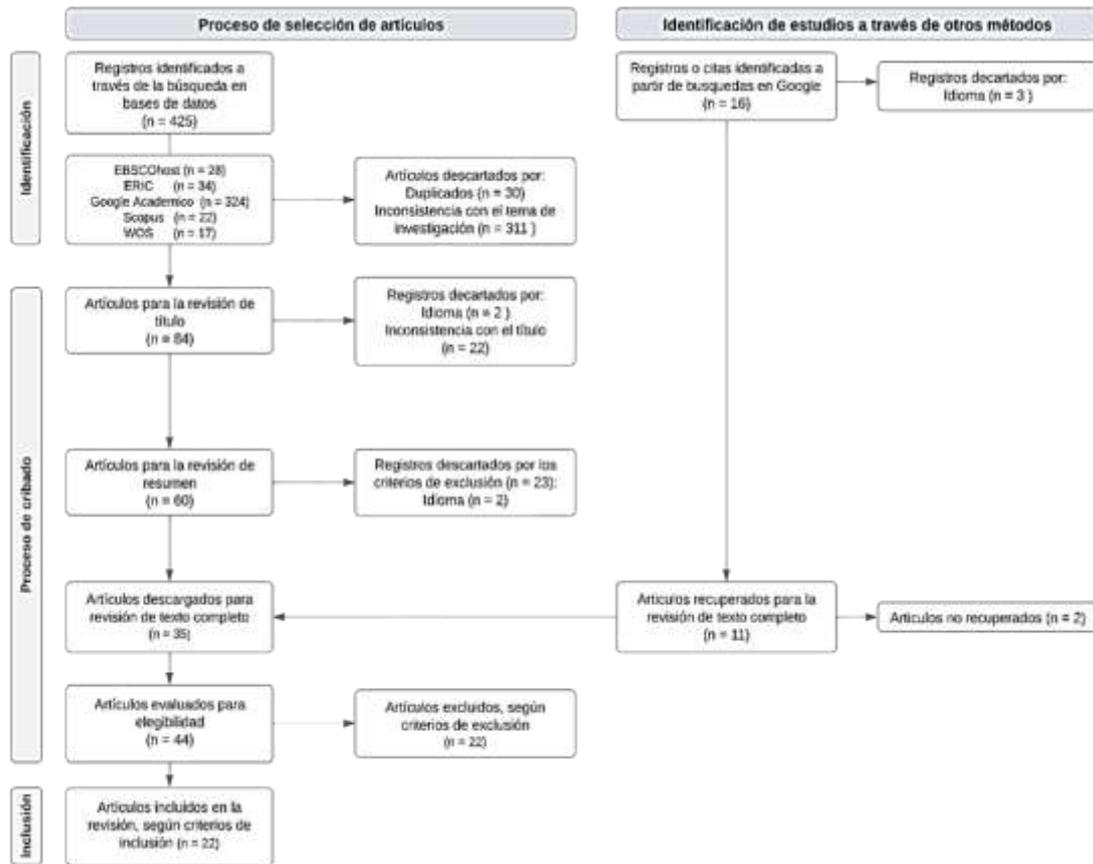


Figura 1. Diagrama de flujo PRISMA del proceso de selección de artículos para revisión. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3. Características de los estudios incluidos. Fuente: Elaboración propia.

Autores y año	Diseño	País	Nivel Ed.	Contenido tratado	Duración	Instrumento de medición	Plataforma
Sun y Wu, 2016	CE PPGCNE Mixto	Taiwán	U	Dinámica y Termodinámica	NE	Prueba de rendimiento en Física	OCW
Atwa et al., 2018	CE PPGCNE	Palestina	S	Temas de Electroestática	10 semanas	Prueba de Habilidades de Pensamiento Crítico de California	Facebook
Atwa et al., 2016	CE PPGCNE Mixto	Palestina	S	Temas de Electroestática	10 semanas	Prueba de rendimiento de Física (PAT, por sus siglas en inglés)	Facebook y tes.com
Basriyah et al., 2020	CE PPGCNE	Indonesia	S	Termodinámica	NE	Prueba conceptual de rendimiento	YouTube
Moore, 2018	CE PPGCNE (con grupos múltiples)	EE. UU.	U	Electromagnetismo	NE	Prueba Conceptual de Electricidad y Magnetismo (CSEM)	FlipItPhysics
Aşiksoy y Özdamli, 2016	E PPGC Mixto	Turquía	U	Vectores, Cinemática, Dinámica y Trabajo-y-energía.	8 semanas	Prueba conceptual de Física	Moodle
Astra y Khumaeroh, 2019	CE PPGCNE	Indonesia	S	Trabajo y Energía	2 meses	Prueba de habilidad en Física	NE
Limueco y Prudente, 2018	CE PPGCNE	Filipinas	S	Unidades de Dinámica y Trabajo-energía-y-Potencia	3 semanas	Inventario conceptual de energía y momento	Facebook
Hasanah et al., 2021	CE PPGCNE	Indonesia	S	Ondas sonoras	NE	Prueba de rendimiento en Física	Edmodo
Cagande y Jugar, 2018	E PPGC Mixto (con cuatro grupos de Solomon)	Filipinas	U	Gráficos de Cinemática	NE	Prueba de comprensión de gráficos en Cinemática (TUG-K)	No indica
Aşiksoy, 2018	E PPGC	Turquía	U	Electromagnetismo	8 semanas	Prueba de Electromagnetismo	Moodle
Asiksoy y Ozdamli, 2017	CE PPGCNE Mixto	Turquía	U	Cinemática, Dinámica, y Trabajo-y-energía	10 semanas	Prueba de rendimiento de Física	Moodle
Chong et al., 2019	E PPGC	Hong Kong	U	Óptica geométrica y ondulatoria.	4 semanas	Prueba conceptual de luz y Óptica (LOCE)	Blackboard
Şengel, 2014	CE PPGCNE	Turquía	U	No indica	6 semanas	Prueba de rendimiento en Física	No indica
Şengel, 2016	CE PPGCNE	Turquía	U	No indica	14 semanas	Prueba de desempeño en Física	YouTube
González Pérez y Trevino, 2019	Investigación-acción	México	U	Fluidos, Vibraciones, Ondas Mecánicas y Termodinámica.	5 meses	Prueba de rendimiento en cada Unidad	Blackboard
Finkenbergy y Trefzger, 2019	CE PPGCNE	Alemania	S	Inducción electromagnética y circuito LC	8 semanas	Prueba de rendimiento en Física	NE
Bawaneh y Moumene, 2020	CE PPGCNE	Arabia Saudita	U	Medicina nuclear, oncología y Física médica	2 meses	Prueba de comprensión	Blackboard
Eldy et al., 2019	CE PPGCNE	Malasia	U	Dinámica y Trabajo- Energía-y-Potencia	NE	Prueba de desempeño bajo el enfoque ABP	Padlet
Hung y Young, 2021	CE PPGCNE Mixto	Taiwán	U	Conceptos avanzados de termodinámica clásica, y mecánica estadística	5 meses	Pruebas de rendimiento (dos exámenes parciales y un examen final)	THU OCW
Webster et al., 2016	CE PPGCNE	Estados Unidos	U	Análisis dimensional, Fluidos, leyes de conservación.	11 semanas	Inventario de Conceptos de Mecánica de Fluidos (FMCI, por sus siglas en inglés)	WileyPlus; web del curso
William Dharma Raja & Ligí, 2018	E PPGC	India	S	No indica	2 meses	Prueba de rendimiento de Física	NE

Notas: U = Universitario; S = Secundaria; CE PPGCNE = Cuasiexperimental con pre/posprueba y grupo control no equivalente; E PPGC = Experimental mixto con pre/posprueba y grupo control; OCW = OpenCourseWare; NE = No especificado; ABP = Aprendizaje basado en problemas; THU = Tsing Hua University

3.2 Efectos de la implementación del aula invertida en el rendimiento académico en Física

El 90.9 % de los estudios analizados ($n = 20$) reportaron que el FC mejoró el rendimiento o logro de aprendizaje en alumnos de Física en comparación con aquellos que utilizaron el método de enseñanza tradicional u otros enfoques, un único estudio ($n = 1$) reportó mejora parcial a favor del FC (se aplicaron dos pruebas a contenidos distintos, en un caso hubo diferencia a favor del FC y en el otro no) y en otro estudio ($n = 1$) se reportó no haber hallado diferencia significativa en los resultados de rendimiento del FC y el método de enseñanza tradicional. La mayoría de los estudios reportaron un efecto de tamaño medio en sus resultados de rendimiento a favor del FC, en comparación con los del método tradicional. En ninguno de los casos se reportó mejores resultados de rendimiento en los grupos de clases tradicionales que en los de FC de alguna modalidad. En estos estudios también se midieron otras variables asociadas al rendimiento, tales como la motivación, habilidades de pensamiento crítico, capacidad numérica, desempeño en la realización de asignaciones, autoconcepto de alumnos y el nivel de aceptación del uso del FC; en las que también el FC tuvo ventajas sobre las clases tradicionales (Tabla 3).

3.3 Caracterización de las intervenciones implementadas en los estudios

De los estudios analizados el 64 % fue dirigido a la educación universitaria ($n = 14$) y el restante 36 % a la secundaria ($n = 8$), alrededor del 23 % de estos fueron realizados en Turquía ($n = 5$), el país de mayor producción, seguido por Palestina e Indonesia con un 14 % cada uno ($n = 3$) (Figura 4). El tamaño muestral promedio de los estudios fue de 98 individuos, siendo la menor cantidad 51 (Hasanah et al., 2021) y 155 la mayor (Cagande & Jugar, 2018). El 2018 fue el año en que se publicaron la mayoría de estos estudios ($n = 7$, 31.8 %), seguido luego por el año 2016 ($n = 6$, 27.3 %) (Figura 2). Los temas o contenidos abordados en los estudios estuvieron enmarcados dentro de las áreas de Cinemática, Dinámica, Electrostática, Magnetismo, Óptica, Termodinámica, Física médica, Mecánica de fluidos y Ondas mecánicas, siendo Trabajo, Energía y Conservación de la energía mecánica el tema de mayor presencia ($n = 6$, 27.3 %). El 22.7 % ($n = 5$) de los estudios no reportó uso alguno de plataforma digital de aprendizaje en la intervención (Astra y Khumaeroh, 2019; Şengel, 2014; Finkenbergl y Trefzger, 2019; William Dharma Raja y Ligi, 2018; Cagande y Jugar, 2018), para los demás casos Moodle y Facebook fueron las más utilizadas ($n = 4$ en cada caso, 18.2 %), seguida luego por Blackboard Learn ($n = 3$, 13.6 %) (Figura 5). La duración promedio de las intervenciones fue de unas 8 semanas, aunque en el 27 % de los estudios ($n = 6$) no se indicó el tiempo de duración de estas.

En todos los estudios revisados se utilizaron exámenes (tipo test) o pruebas conceptuales como instrumento de medición del rendimiento académico o logro de aprendizaje de los alumnos, en algunos casos se utilizaron pruebas ya validadas por otros autores (Atwa et al., 2016; Moore, 2018; Chong et al., 2019; Limueco & Prudente, 2018; Cagande & Jugar, 2018; Webster et al, 2016) y en otros fueron elaboradas por los propios autores del estudio (Sun & Wu, 2016; Atwa et al., 2018; Basriyah et al., 2020; Aşıksoy & Özdamlı, 2016; Astra & Khumaeroh, 2019; Hasanah et al., 2021; Aşıksoy, 2018; Asiksoy & Ozdamli, 2017; Şengel, 2014;

Şengel, 2016; González Pérez & Trevino, 2019; Finkenberg & Trefzger, 2019; Bawaneh & Moumene, 2020; Eldy et al., 2019; Hung & Young, 2021; William Dharma Raja & Ligi, 2018).

En cuanto a la configuración de los enfoques de aula invertida y de enseñanza tradicional implementados en las intervenciones o tratamientos, se determinó que en 20 de los estudios incluidos en la revisión se compararon los resultados de rendimiento logrados con el método de enseñanza tradicional y algún formato de FC, en 13 de estos casos la comparación se hizo con FC convencional y en 7 con FC combinada con otras metodologías de enseñanza (Evaluación entre pares, Instrucción entre pares, Modelo de Atención, Relevancia, Confianza y satisfacción (ARCS) + Simulaciones, Aprendizaje basado en problemas, Aprendizaje cooperativo + Aprendizaje basado en problemas, Gamificación y Módulos de aprendizaje multimedia). De los 2 estudios restantes, en un caso se comparó la efectividad en el rendimiento del FC y FC Gamificado, y en el otro la comparación fue entre FC + Ciclo de aprendizaje 5E (5ELFA) y 5ELFA solo.

Del total de artículos, en 4 de los estudios revisados se compararon logros de aprendizaje de FC combinado con otras metodologías (OpenCourseWare, Módulos de aprendizaje multimedia e Instrucción entre pares + Tutoriales de Introducción a la Física + Enseñanza justo a tiempo, 5ELFA, Autoevaluación + Evaluación entre pares) con los del método tradicional también combinado con otras metodologías de enseñanza (OpenCourseWare, Instrucción entre pares + Tutoriales de Introducción a la Física + Enseñanza justo a tiempo, 5ELFA, Autoevaluación + Evaluación entre pares)(Figura 6).

3.4 Calidad metodológica de los artículos incluidos en la revisión

A partir de los criterios establecidos en la Escala para evaluar artículos científicos en Ciencias Sociales y Humanas (EACSH) de López-López et al. (2019), de los 22 estudios incluidos en la revisión, se calificaron 4 con calidad alta (Bawaneh y Moumene, 2020; Aşıksoy, 2017; Sun y Wu, 2016; Şengel, 2016), 11 con calidad media (Atwa et al., 2018; Atwa et al., 2016; Basriyah et al., 2020; Aşıksoy y Özdamli, 2016; Hasanah et al., 2021; Cagande y Jugar, 2018; Asiksoy y Ozdamli, 2017; Chong et al., 2019; González-Pérez y Trevino, 2019; Hung y Young, 2021; Webster et al, 2016), 6 con calidad baja (Moore, 2018; Limueco & Prudente, 2018; Şengel, 2014; Finkenberg & Trefzger, 2019; Eldy et al., 2019; William Dharma Raja & Ligi, 2018 y 1 con calidad muy baja (Astra & Khumaeroh, 2019).

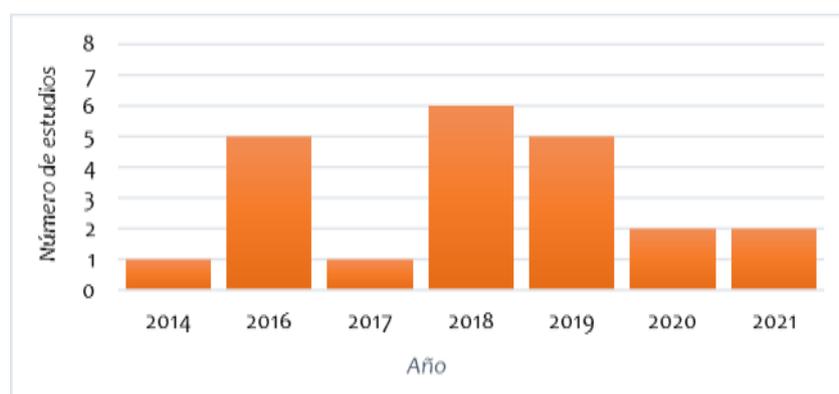


Figura 2. Número de estudios realizados por año



Figura 3. Número de investigaciones según nivel educativo



Figura 4. Números de estudios publicados según país

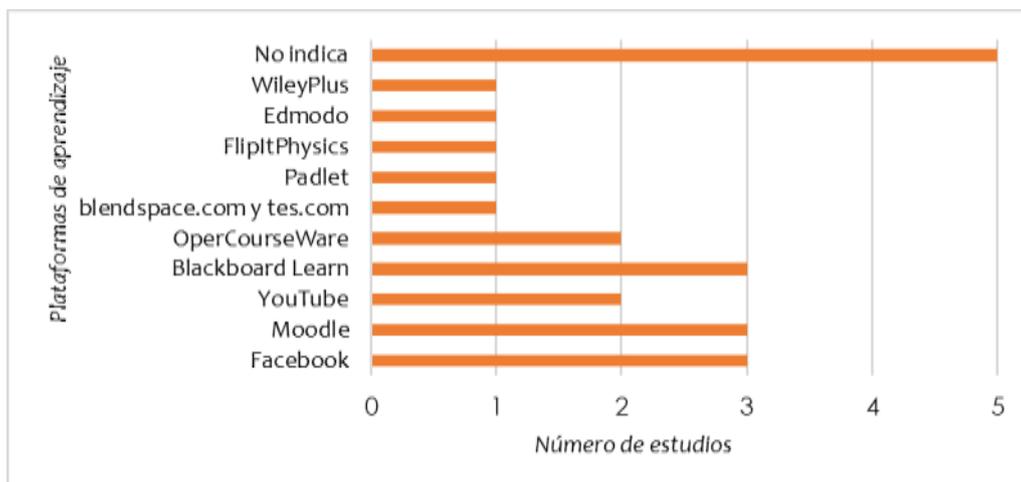


Figura 5. Plataformas digitales de aprendizaje utilizadas en estudios

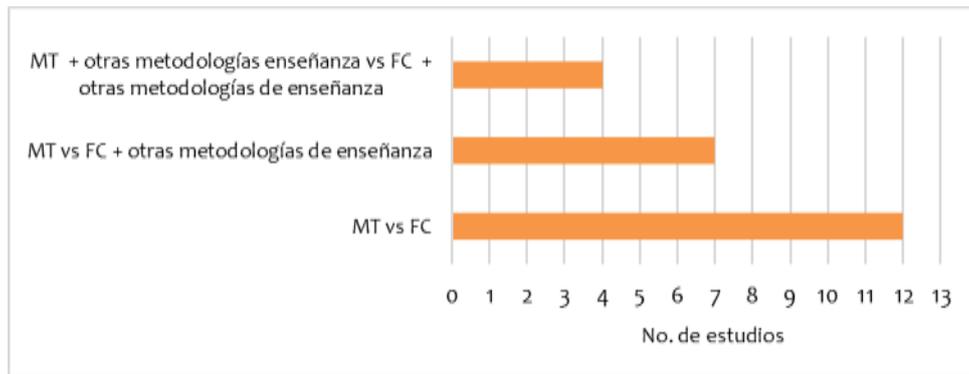


Figura 6. Configuración de los enfoques MT y FC en comparación

Tabla 4. Resultados de investigación de estudios incluidos en la revisión. Fuente: Elaboración propia.

Autores y año	Resultados de investigación
Şengel, 2014	No hubo diferencia significativa de rendimiento entre grupos de estudio. Los alumnos valoraron positivamente el uso del FC en clase.
Sun y Wu, 2016	Los alumnos del FC lograron mayor rendimiento que los del MT. No hubo diferencias significativas en los resultados de la interacción profesor-alumno.
Atwa et al., 2016	Los alumnos del FC obtuvieron mejores resultados de rendimiento en el curso que los de la clase tradicional.
Aşıksoy y Özdamlı, 2016	Hubo mayor rendimiento en los alumnos de FC que los de MT. también en este grupo se evidenció un aumento en la motivación y autosuficiencia en los alumnos. Las opiniones de los alumnos fueron positivas con respecto al uso del FC.
Şengel, 2016	Los alumnos del FC lograron mayor rendimiento que los del MT, siendo el desempeño en asignaciones y la cantidad de videos vistos los factores más determinantes.
Webster et al, 2016	Los alumnos de FC obtuvieron mayores ganancias de aprendizaje que los del MT, con tamaño de efecto pequeño. En general, las opiniones de los alumnos y del instructor fueron muy positiva a favor del uso del FC.
Asiksoy y Ozdamli, 2017	El rendimiento fue significativamente mayor en el grupo con FC basado en el modelo de Ciclo de Aprendizaje 5E que en los del modelo de Ciclo de Aprendizaje 5E. En general, la opinión de los estudiantes sobre el uso y la utilidad del FC para el logro de aprendizaje fue positiva.
Atwa et al., 2018	La ganancia de aprendizaje en el grupo de aula invertida fue de un 20.0% frente a un 6.5% de la clase tradicional. Se evidenciaron efectos positivos en las habilidades de pensamiento crítico, mejora en las habilidades de investigación y de autoaprendizaje en los alumnos de clase invertida.
Moore, 2018	Los alumnos de FC con MLM lograron mayor ganancia de aprendizaje, puntaje en exámenes y mejor actitud en clase que los del MT.
Limueco y Prudente, 2018	Los resultados de rendimiento en el grupo de FC aumentaron en un 48 % después de la intervención, mejorando así la comprensión conceptual de los estudiantes. Los estudiantes respondieron positivamente ante la implementación del FC en clase de Física.
Cagande y Jugar, 2018	El uso del FC logró mayor rendimiento que el MT en la comprensión de los gráficos cinemáticos. No hubo diferencia en los niveles de motivación.
Aşıksoy, 2018	Los alumnos del FC gamificada tuvieron mayor rendimiento y motivación que los de FC no gamificada, este enfoque además tuvo un alto grado de aceptación.
William Dharma Raja & Ligi, 2018	Hubo una mejora significativa en el rendimiento de los alumnos de FC en comprensión, memoria y análisis en las clases de Física, en comparación con el MT.
Finkenber y Trefzger, 2019	Los alumnos de FC tuvieron mayor ganancia de aprendizaje, motivación y autoconcepto que los del MT, con tamaño de efecto entre pequeño y mediano.
Astra y Khumaeroh, 2019	El rendimiento de los alumnos de FC en lo relacionado con el tema de Trabajo y energía fue mayor que el logrado en la clase tradicional.
Chong et al., 2019	El rendimiento de los alumnos de FC fue mayor que el de los del MT, lográndose mayor aprendizaje conceptual independientemente sus conocimientos previos. El grado de aceptación del FC en los alumnos fue bajo.
González Pérez y Trevino, 2019	Se obtuvo mayor rendimiento en los alumnos de FC + SPA que en los del MT, también en el MT + SPA, con relación a los del FC (solo). Cuando se aplicaron por separado, los enfoques FC y SPA no mostraron ser significativamente efectivos en el desarrollo de las competencias disciplinarias.
Eldy et al., 2019	El rendimiento fue mayor en el grupo de FC que en el del MT en la unidad de Trabajo-Energía-y-Potencia, e igual en la de Fuerza-Momento-e-Impulso.
Basriyah et al., 2020	El rendimiento de los alumnos de FC con videos de animación que el de los del MT. Las habilidades numéricas de los alumnos se pueden utilizar como predictores de rendimiento y se desarrollan más en el grupo de FC.
Bawaneh y Moumene, 2020	Hubo un mayor rendimiento en los alumnos de FC, con tamaño de efecto grande, motivación y comprensión conceptual en Física Médica, frente a los del MT.
Hasanah et al., 2021	Se lograron mejores resultados de aprendizaje en los alumnos de FC con Edmodo que en los del MT, además de un alto grado de aceptación de dicho enfoque.
Hung y Young, 2021	El rendimiento de los alumnos de FC fue significativamente superior que el del grupo de Aprendizaje en línea, en los demás casos de comparación (Aprendizaje presencial, Facilitado por la web, Combinado alternativo) no hubo diferencia.

Notas: FC = aula invertida; MT = método tradicional de enseñanza; MLM = módulo de aprendizaje múltiple; SPA = Autoevaluación + Evaluación entre pares.

Discusión

En esta revisión sistemática de intervención se adoptó el protocolo de elaboración y presentación de revisiones sistemáticas establecidos en la declaración PRISMA 2020 y en el Manual Cochrane. En la misma se analizó el efecto de implementar el enfoque de aula invertida en el rendimiento académico en cursos de Física a nivel secundario y universitario, en comparación con el método de enseñanza tradicional o alguna modalidad del mismo. En la revisión se incluyeron 22 estudios empíricos que estudiaron el efecto del FC en el aprendizaje de la Física, en 20 de los cuales se comparó su efectividad frente al método tradicional de enseñanza, en 1 caso frente al FC gamificado y en otro caso se combinó con el modelo 5E de aprendizaje y se comparó con este último solo.

En la mayoría de los estudios analizados se reportó una mayor ganancia de aprendizaje en los cursos de Física donde se implementó alguna modalidad de FC como método de enseñanza que en aquellos donde se utilizó el método tradicional u otro enfoque de enseñanza ($n = 20$, 91 %). Resultados muy similares a estos fueron obtenidos en revisiones en áreas del conocimiento diferentes por Betihavas et al. (2016) y Tütüncü y Aksu (2018). También se reportaron otros beneficios aportados por el aula invertida a la formación integral de los alumnos en el área de Física, entre estos: a) propicia mayores niveles de motivación en el estudio de la asignatura (Bawaneh & Moumene, 2020), de autonomía en el aprendizaje y de interrelación positiva entre alumnos (Sun y Wu, 2016; Atwa et al., 2018), b) fomenta el desarrollo de habilidades de investigación (Atwa, 2016), de capacidad numérica (Basriyah, 2020) y de autoconcepto (Finkenbergh & Trefzger, 2019), c) logra altos niveles de aceptación como método de enseñanza en los alumnos (Webster et al., 2016), especialmente en los que logran mayor rendimiento académico (González Pérez & Trevino, 2019). La mayoría de estos resultados de revisión concuerdan también con los obtenidos por Zainuddin et al. (2019) y Amanah et al. (2021).

A pesar de esto, es importante señalar que en general la literatura científica muestra discrepancias significativas sobre el impacto del FC en el logro de aprendizaje o rendimiento académico, ya que aunque en numerosos estudios se reportan mejoras significativas en calificaciones y niveles de motivación, y una alta tasa de aceptación del FC en el alumnado (Veytia et al., 2019; Gaviria et al., 2019; Basso et al., 2018; Akçayır & Akçayır, 2018; Lo et al., 2018), en otros se afirma no haber encontrado diferencias significativas en los resultados de rendimiento al usar dicho enfoque con relación a los obtenidos en clases tradicionales (Madrid-García et al., 2018; Scott et al., 2016; Clark, 2015).

La síntesis de información a partir de los estudios analizados indicó que la mayor parte de la producción científica acerca del tema de investigación hasta ahora se ha concentrado en países de Asia y en los Estados Unidos, lo que destaca la falta de investigación en el contexto latinoamericano. Del total de artículos incluidos en la revisión, el 21 % procede de Turquía, siendo este el país con el mayor número de publicaciones hechas en el periodo de tiempo analizado. La mayoría de estas investigaciones fueron publicadas durante los años 2016, 2018 y 2019 (75 %), siendo el 2018 el año en que se publicó el mayor número de artículos, alcanzando un 29 %. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Låg y

Sæle (2019) en una revisión y metaanálisis que evalúa el impacto del FC en distintos aspectos del rendimiento del alumnado.

En ese mismo orden, otras conclusiones identificadas en líneas generales a través de la presente revisión son las siguientes: a) los tratamientos de los estudios abordaron un amplio espectro de contenidos de Física, de áreas y niveles distintos, siendo los de Mecánica los más comunes; b) Moodle y Facebook fueron las plataformas digitales de aprendizaje más utilizadas, aunque alrededor del 20% de los estudios no indicó el uso de alguna plataforma; c) la duración promedio de las intervenciones o tratamientos fue de 8 semanas; d) el examen tipo test o la prueba conceptual fue el instrumento más utilizado para evaluar el aprendizaje; e) el tamaño muestral promedio de los estudios analizados fue de 99 alumnos, f) la configuración de comparación de FC y MT más común en los estudios fue en la que ambos enfoques se presentan en su forma convencional.

La mejora en el rendimiento académico reportada en los grupos del aula invertida en la mayoría de los estudios analizados podría deberse a la convergencia de varios elementos que son integrados en la implementación de dicha metodología de enseñanza y que influyen de manera positiva en el logro de aprendizaje, uno de estos es el uso de medios audiovisuales (videos) en clase (Zhang & Wu, 2015). Según afirma Suárez-Ramos (2017), el ser humano aprende principalmente a través de los sentidos de la vista y el oído, con un porcentaje de priorización de información de un 83 y 11% respectivamente, y cuya estimulación combinada permite un grado de retención de información mucho mayor y más prolongado que con la sola estimulación de uno de estos; lo que implica que el uso de videos en la enseñanza favorece mayor logro de aprendizaje que el mero uso de la voz como medio de presentación de información, como generalmente sucede en el modelo tradicional.

Lo anteriormente señalado se sustenta en lo establecido por la Teoría Cognoscitiva del Aprendizaje Multimedia de Mayer (2005), que sostiene que el uso de material verbal y visual integrado favorece en los individuos la construcción de modelos verbales-pictóricos coherentes y la conexión de estos con el conocimiento previo de los mismos; esto a la vez facilitaría el logro de aprendizaje significativo, tal como establece la Teoría de Aprendizaje Significativo de Ausubel et al. (1983).

La ganancia de aprendizaje conceptual mayor de las clases invertidas frente a las tradicionales está estrechamente relacionada con el grado de interacción social también mayor que se da entre alumnos y alumnos-docente en las primeras con relación a las segundas. Para Vygotsky (1978) esta interacción social es un factor clave para el aprendizaje y la transmisión de la cultura, a través del desarrollo de los procesos superiores de pensamiento, donde destacan el lenguaje y procesos comunicacionales (Maldonado-Pérez, 2007). En este sentido, Blau y Shamir-Inbal (2017) encontraron que el FC promueve el desarrollo de las habilidades de pensamiento de orden superior (analizar, crear y evaluar), a través del involucramiento de los alumnos en el aula de manera activa en actividades de aprendizaje como la resolución de problemas, el debate de ideas y el trabajo colaborativo; estas a su vez refuerzan la comprensión y aplicación de los conceptos adquiridos.

Una limitación importante de la presente revisión es su focalización en estudios que describen el rendimiento académico mayormente desde una perspectiva cuantitativa, obviándose en el análisis aspectos cualitativos relacionados con el desempeño de los alumnos en la resolución de problemas en los grupos cooperativos, actividad de aprendizaje común en un aula invertida. Por tanto, se recomienda que, en futuras investigaciones, se incluyan también estudios con diseños mixtos o cualitativos que describan en detalle las actividades de aprendizaje desarrolladas en el aula y el desempeño de los alumnos en las mismas. De esta manera sería posible hacer un análisis más profundo de cómo el aula invertida influye en el logro de aprendizaje de la asignatura.

En los estudios incluidos en la revisión, en general, se observaron dos limitaciones principales: 1) el uso generalizado de un enfoque de evaluación limitado o incompleto, concentrado principalmente en aspectos del aprendizaje relacionados con la comprensión conceptual y descuidando casi totalmente la resolución de problemas, considerado factor fundamental en el aprendizaje de la Física; 2) la duración de las intervenciones o tratamientos, 8 semanas en promedio, que podría considerarse un periodo de tiempo insuficiente para obtener resultados de comparación precisos sobre la efectividad de ambos métodos de enseñanza, debido a la influencia positiva en el aprendizaje que momentáneamente podría provocar la simple introducción de alguna innovación en la enseñanza.

Por tanto, para estudios futuros se recomienda se analice la influencia del FC en el logro de aprendizaje en Física durante cursos completos (estudios longitudinales), y se tome en cuenta también el rendimiento en la resolución de problemas. También sería importante considerar la percepción de los docentes sobre la utilidad y pertinencia de dicho enfoque para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje la Física.

Finalmente, los resultados de la presente revisión podrían ayudar a inspirar iniciativas para el diseño e implementación de programas curriculares de educación secundaria y universitaria que integren de manera formal el uso del FC, como respuesta a la demanda actual de innovación y mejora en la enseñanza de la Física.

Contribución de los autores

Todos los autores del estudio contribuyeron de manera equitativa para su realización.

Financiación

Este estudio no fue financiado.

Agradecimientos

No aplica.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias bibliográficas

- Akçayir, G., & Akçayir, M. (2018). The flipped classroom: A review of its advantages and challenges. *Computers & Education*, 126, 334-345.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.07.021>
- Amanah, S. S., Wibowo, F. C., & Astra, I. M. (2021). Trends of Flipped Classroom Studies for Physics Learning: A Systematic Review. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 2019, No. 1, p. 012044). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2019/1/012044>
- Aşiksoy, G. (2018). The effects of the gamified flipped classroom environment (GFCE) on students' motivation, learning achievements and perception in a physics course. *Quality & Quantity*, 52(1), 129-145.
- Aşiksoy, G., & Özdamli, F. (2016). Flipped Classroom adapted to the ARCS Model of Motivation and applied to a Physics Course. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 12(6), 1589-1603.
- Asiksoy, G., & Ozdamli, F. (2017). The Flipped Classroom Approach Based on the 5E Learning Cycle. *Croatian Journal of Education-Hrvatski Casopis Za Odgoj I Obrazovanje*, 19(4), 1131-1166.
- Astra, I. M., & Khumaeroh, S. I. (2019). The effect of flipped classroom model on student's physics learning outcome in work and energy concept. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1318, No. 1, p. 012070). IOP Publishing.
- Atwa, Z. M., Din, R., & Hussin, M. (2016). Effectiveness of flipped learning in physics education on Palestinian high school students' achievement. *Journal of Personalized Learning*, 2(1), 73-85.
- Atwa, Z., Din, R., Othman, N., & Hussin, M. (2018). Evaluating contribution of flipped learning on secondary students' critical thinking skills toward learning physics in Palestine. *International Journal of Engineering & Technology*, 7(4.21), 53-57.
- Ausubel, D. (1983). Teoría del aprendizaje significativo. *Fascículos de CEIF*, 1(1-10), 1-10.
<https://bit.ly/3Gs7BS4>

- Baker, J. Wesley. (2000). The “Classroom Flip”: Using web course management tools to become the guide by the side. In J.A. Chambers (Ed), Selected papers from the 11th International Conference on College Teaching and Learning (p. 9-17). Jacksonville, FL: Florida Community College.
- Basriyah, K., Sulisworo, D., Maruto, G., Toifur, M., & Abd Rahman, N. H. (2020). Effects of the Flipped Classroom on Understanding the Thermodynamic Concept at High School Students. *Universal Journal of Educational Research*, 8(3B), 51-58.
- Basso-Aránguiz, M., Bravo-Molina, M., Castro-Riquelme, A., & Moraga-Contreras, C. (2018). Propuesta de modelo tecnológico para Flipped Classroom (T-FliC) en educación superior. *Revista Electrónica Educare*, 22(2), 20-36.
- Bawaneh, A. K., & Moumene, A. B. H. (2020). Flipping the Classroom for Optimizing Undergraduate Students' Motivation and Understanding of Medical Physics Concepts. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 16(11).
- Bergmann, J., & Sams, A. (2012). Flip your classroom: Reach every student in every class every day. *International society for technology in education*. <https://bit.ly/3XN82oU>
- Betihavas, V., Bridgman, H., Kornhaber, R., & Cross, M. (2016). The evidence for ‘flipping out’: a systematic review of the flipped classroom in nursing education. *Nurse education today*, 38, 15-21. <https://bit.ly/3DI6p6N>
- Blau, I., & Shamir-Inbal, T. (2017). Re-designed flipped learning model in an academic course: The role of co-creation and co-regulation. *Computers & Education*, 115, 69-81. <https://bit.ly/3Gz0Huv>
- Cagande, J. L. L., & Jugar, R. R. (2018). The flipped classroom and college physics students' motivation and understanding of kinematics graphs. *Issues in Educational Research*, 28(2), 288-307. <http://www.ijer.org.au/ijer28/cagande.pdf>
- Chong, K. E., Wong, K. L., Leung, C. W., & Ting, F. S. (2019). Flipped classroom with interactive videos in first year undergraduate physics course in Hong Kong. In *Education and Training in Optics and Photonics* (p. 11143_46). Optical Society of America.

- Clark, K. R. (2015). The effects of the flipped model of instruction on student engagement and performance in the secondary mathematics classroom. *Journal of Educators online*, 12(1), 91-115. <https://bit.ly/3wxPTs2>
- Eldy, E. F., Chang Hian Wui, J., Butai, S. N., Basri, N. F., Awang, H., Din, W. A., & Arshad, S. E. (2019). Inverted Classroom Improves Pre-University Students Understanding on Basic Topic of Physics: The Preliminary Study. *Journal of Technology and Science Education*, 9(3), 420-427.
- Finkenber, F., & Trefzger, T. (2019). Flipped classroom in secondary school physics education. In *Journal of Physics: Conference Series*, 1286 (1), p. 012015). IOP Publishing.
- García-Perdomo, H. A. (2015). Conceptos fundamentales de las revisiones sistemáticas/metaanálisis. *Urología colombiana*, 24(1), 28-34. <https://doi.org/10.1016/j.uroco.2015.03.005>
- Gaviria Rodríguez, D., Arango Arango, J., Valencia Arias, A., & Bran Piedrahita, L. (2019). Percepción de la estrategia aula invertida en escenarios universitarios. *Revista mexicana de investigación educativa*, 24(81), 593-614. <https://bit.ly/3GUYyL4>
- González Pérez, O. E., & Trevino, J. P. (2019). Learning-oriented assessment in action: impact on students of physics for engineering. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*, 13(4), 1485-1501.
- Hake, R. R. (1998). Interactive-Engagement vs. Traditional Methods: A Six-Thousand-Student Survey of Mechanics Test Data for Introductory Physics Courses. *American Journal of Physics*, 66, 64. <http://dx.doi.org/10.1119/1.18809>
- Halloun, I. A., & Hestenes, D. (1985). The initial knowledge state of college physics students. *American journal of Physics*, 53(11), 1043-1055. <https://doi.org/10.1119/1.14030>
- Hasanah, M., Halim, A., Safitri, R., & Yusrizal, Y. (2021). The Effect of Edmodo-Based Flipped Classroom Learning Model on Students' Learning Outcomes on the Topic of Sound Waves. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 7, 180-186. <https://bit.ly/3k8wPOb>
- Hung, H. C., & Young, S. S. C. (2021). Unbundling teaching and learning in a flipped thermal physics classroom in higher education powered by emerging innovative technology. *Australasian Journal of Educational Technology*, 37(4), 89-99.

- Knight, J. K., & Wood, W. B. (2005). Teaching more by lecturing less. *Cell biology education*, 4(4), 298-310. <https://doi.org/10.1187/05-06-0082>
- Låg, T., & Sæle, R. G. (2019). Does the flipped classroom improve student learning and satisfaction? A systematic review and meta-analysis. *AERA open*, 5(3), 2332858419870489. <https://doi.org/10.1177/2332858419870489>
- Lage, M. J., Platt, G. J., & Treglia, M. (2000). Inverting the classroom: A gateway to creating an inclusive learning environment. *The journal of economic education*, 31(1), 30-43. <https://bit.ly/3DkWmuf>
- Laws, P., Sokoloff, D., & Thornton, R. (1999). Promoting active learning using the results of physics education research. *UniServe Science News*, 13, 14-19.
- Limueco, J. M., & Prudente, M. S. (2018). Flipping classroom to improve physics teaching. *Advanced Science Letters*, 24(11), 8292-8296.
- Lo, C. K., Hew, K. F., & Chen, G. (2017). Toward a set of design principles for mathematics flipped classrooms: A synthesis of research in mathematics education. *Educational Research Review*, 22, 50-73. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2017.08.002>
- López-López, E., Tobón, S., & Juárez-Hernández, L. G. (2019). Escala para Evaluar Artículos Científicos en Ciencias Sociales y Humanas -EACSH. REICE. *Revista Iberoamericana Sobre Calidad, Eficacia Y Cambio En Educación*, 17(4), 111-125. <https://doi.org/10.15366/reice2019.17.4.006>
- Madrid García, E. M., Angulo Armenta, J., Prieto Méndez, M. E., Fernández Nistal, M. T., & Olivares Carmona, K. M. (2018). Implementación de aula invertida en un curso propedéutico de habilidad matemática en bachillerato. *Apertura (Guadalajara, Jal.)*, 10(1), 24-39. <https://doi.org/10.32870/ap.v10n1.1149>
- Maldonado-Pérez, M. (2007). El trabajo colaborativo en el aula universitaria. *Laurus*, 13(23), 263-278. <https://www.redalyc.org/pdf/761/76102314.pdf>
- Mayer, R. (2014). *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (Cambridge Handbooks in Psychology). Cambridge: Cambridge University Press. <https://bit.ly/3DijJ7K>
- Moore, J. C. (2018). Efficacy of multimedia learning modules as preparation for lecture-based tutorials in electromagnetism. *Education Sciences*, 8(1), 23.

- Page, M. J., Mckenzie, J. E., BOSSUYT, P. M., BOUTRON, I., HOFFMANN, T. C., MULROW, C. D., ... & ALONSO-FERNÁNDEZ, S. (2021). Declaración PRISMA 2020: Una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. *Revista Española de Cardiología*, 74(9), 790-799.
- Scott, C.E., Green, L.E. & Etheridge, D.L. (2016). A comparison between flipped and lecture-based instruction in the calculus classroom. *Journal of Applied Research in Higher Education*, Vol. 8 No. 2, pp. 252-264. <https://doi.org/10.1108/JARHE-04-2015-0024>
- Şengel, E. (2014). Using the 'flipped classroom' to enhance physics achievement of the prospective teacher impact of flipped classroom model on physics course. *Journal of the Balkan Tribological Association*. 20. 488-497.
- Şengel, E. (2016). To FLIP or not to FLIP: Comparative case study in higher education in Turkey. *Computers in Human Behavior*, 64, 547-555.
- Suárez-Ramos, J. (2017). Importance of the Use of Teaching Resources in Teaching and Learning Biological Science for Visual Stimulation of Students. *Revista Electrónica Educare*, 21(2), 1-18. <https://doi.org/10.15359/ree.21-2.22>
- Sun, J. C. Y., & Wu, Y. T. (2016). Analysis of learning achievement and teacher–student interactions in flipped and conventional classrooms. *International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 17(1), 79-99.
- Tütüncü, N., & Aksu, M. (2018). A systematic review of flipped classroom studies in Turkish education. *International Journal of Social Sciences and Education Research*, 4(2), 207-229. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/471371>
- Veytia, M., Flores, L., & Moreno, T. (2019). Clase invertida para el desarrollo de la competencia: uso de la tecnología en estudiantes de preparatoria. *Revista Educación*, 44(1), 30. <https://doi.org/10.15517/revedu.v44i1.36961>
- Vygotsky, L. S., & Cole, M. (1978). *Mind in society: Development of higher psychological processes*. Harvard university press. <http://bit.ly/3RhadHM>
- Webster, D. R., Majerich, D. M., & Madden, A. G. (2016). Flippin' Fluid Mechanics - Comparison Using Two Groups. *Advances in Engineering Education*, 5(3), n3. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1122010.pdf>

William Dharma Raja, B., & LIGI, B. (2018). Impact of Flip Teaching on High School Students' Performance in Physics.

Zainuddin, Z., Haruna, H., Li, X., Zhang, Y. & Chu, S. K. W. (2019). A systematic review of flipped classroom empirical evidence from different fields: what are the gaps and future trends? *On the Horizon*, Vol. 27 No. 2, pp. 72-86. <https://doi.org/10.1108/OTH-09-2018-0027>

Zhang, Q., & Wu, F. (2016). Study on teacher–student interaction in flipped classroom based on video annotation learning platform. In *State-of-the-art and future directions of smart learning* (pp. 257-261). Springer, Singapore. <https://doi.org/10.1177/21582440211068474>