



Flipped Classroom in the Teaching of Mathematics: A Systematic Review

Flipped Classroom en la enseñanza de las Matemáticas: una revisión sistemática

Vicent Fornons^a, Ramon Palau^b

^aDepartament d'Educació, Generalitat de Catalunya, Artesa de Segre, España.

<https://orcid.org/0000-0001-6552-9501> vforbons@xtec.cat

^bFacultat de Ciències de l'Educació i Psicologia, Universitat Rovira I Virgili, Tarragona, España.

<https://orcid.org/0000-0002-9843-3116> ramon.palau@urv.cat

ARTICLE INFO

Keywords:

Flipped Classroom
Mathematics
Systematic literature review
Flipped learning
Mathematics teaching

Palabras clave:

Flipped Classroom
Matemáticas
Revisión sistemática de la literatura
Flipped learning
Enseñanza de las Matemáticas

ABSTRACT

The Flipped Classroom (FC) methodology has been gaining prominence in recent years in the various stages of schooling. An example of this is the growing number of articles about FC that can be found in scientific journals. The objective of this research is to analyze the scientific production about FC in the area of mathematics teaching. Five variables of analysis have been determined: academic performance, students' self-perception, the role acquired by students, social interaction and attitudes towards mathematics classes. The international databases consulted to carry out the systematic review were Scopus and Web Of Science (WoS), where 215 and 198 documents were obtained respectively; having set the time period of the search between 2010 and 2020. After exclusions, 86 articles comprising 20,027 students were submitted to our meta-analysis. The analysis of the different papers seems to indicate that the use of FC favors the learning of mathematics in different aspects such as academic performance, active participation, motivation, interest and interaction among students and between students and teachers.

RESUMEN

La metodología *Flipped Classroom* (FC) ha ido ganado protagonismo a lo largo de los últimos años en las distintas etapas de escolarización. Una muestra de ello es el número creciente de artículos sobre la FC que se puede encontrar en las revistas científicas. El objetivo de esta investigación es analizar la producción científica sobre la FC en el área de la enseñanza de las Matemáticas. Se han determinado 5 variables de análisis: el rendimiento académico, la autopercepción de los estudiantes, el rol adquirido por los estudiantes, la interacción social y las actitudes hacia las clases de Matemáticas. Las bases de datos internacionales consultadas para llevar a cabo la revisión sistemática fueron Scopus y Web Of Science (WoS), donde se obtuvieron 215 y 198 documentos respectivamente; habiendo fijado el periodo de tiempo de la búsqueda entre 2010 y 2020. Después de las exclusiones quedaron 86 artículos que comprenden a 20.027 estudiantes fueron sometidos a nuestro meta-análisis. El análisis de los distintos artículos parece indicar que la utilización de la FC favorece el aprendizaje de las Matemáticas en distintos aspectos como son el rendimiento académico, la participación activa, la motivación, el interés y la interacción entre alumnos y entre alumnos y docente.

1. Introducción

La metodología *Flipped Classroom* (FC) o aula invertida se basa en sacar algunas tareas que tradicionalmente se realizan en el aula fuera de ella, para que los docentes tengan más tiempo con los alumnos en clase, para realizar actividades que desarrollan habilidades complejas (Tourón & Santiago, 2015). Los docentes transmiten los contenidos a los alumnos mediante vídeos, podcast,

presentaciones o apuntes; tradicionalmente esta transmisión de conocimientos se realiza en el aula mediante clases magistrales. En la FC los alumnos reciben estos contenidos en casa en lugar de en el aula. De esta forma los alumnos al llegar al aula ya han recibido los contenidos y el tiempo presencial en clase se puede destinar a actividades de nivel superior de la taxonomía de Bloom como aplicar, analizar, evaluar o crear (Santiago & Bergmann, 2018). Por lo tanto, lo que se hace tradicionalmente en el aula, pasa a realizarse en casa y las actividades que se realizaban como deberes, se pueden realizar en clase, en grupo y con la ayuda del profesor, de aquí el concepto de aula invertida (Sarawagi, 2014).

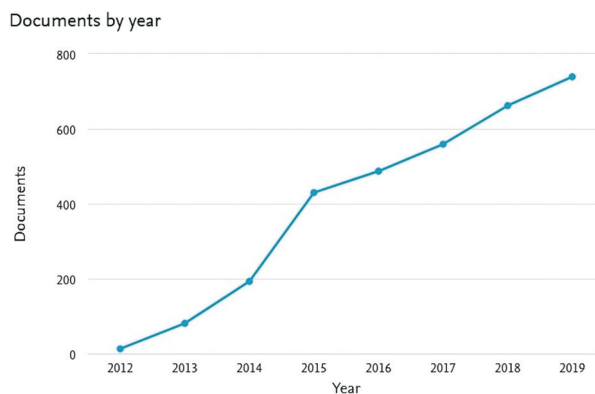
Así mismo este uso alternativo del tiempo produce una segunda inversión, en este caso en el rol de los alumnos y el profesor. Los alumnos pasan de ser receptores pasivos en el modelo tradicional a tener una participación activa en la FC (Prieto, 2017). Y el profesor pasa de ser un mero transmisor de conocimientos en la clase tradicional a un guía y creador de escenarios de aprendizaje en la FC (Tourón & Santiago, 2015).

Según Talbert (2017) el FC es un modelo pedagógico en el que el primer contacto con los nuevos conceptos se mueve del espacio de aprendizaje grupal al individual en forma de actividad estructurada, transformando entonces el espacio grupal en un entorno de aprendizaje dinámico e interactivo en el que el docente guía a los estudiantes en cómo aplicar conceptos aprendidos e implicarlos creativamente en la materia de aprendizaje.

La FC empezó a darse a conocer a partir del año 2007, cuando dos docentes Jonathan Bergman y Aaron Sams profesores de química en el instituto Woodland Park en Colorado, grabaron en vídeo las presentaciones Power Point de sus clases y las publicaron en internet, para los alumnos que no podían asistir a clase. Su sorpresa fue, que sus vídeos se hicieron virales y muchos alumnos los empezaron a visualizar (Bergmann & Sams, 2012). Otro hito que ayudó a la popularización de la FC, fue la aparición del sitio web Khan Academy, fundado por Salman Khan en 2006, donde se podía encontrar vídeos de distintas asignaturas (Parslow, 2005).

La aparición de producción científica sobre la FC no ha parado de crecer desde el año 2012 tal como se puede observar en la Figura 1. Actualmente hay más 5000 documentos científicos sobre diferentes áreas y aspectos de la FC (Strelan et al., 2020). Esta cuestión pone de manifiesto el impacto que actualmente está teniendo la FC en el mundo de la educación y lo importante que es para su futuro, así como el interés que ha suscitado entre los docentes de todo el mundo, en las distintas etapas educativas y en los diferentes campos del conocimiento. La posibilidad que proporciona el disponer de más tiempo con los alumnos en clase, la hace muy atractiva para combinarla con distintas estrategias de aprendizaje activo, como son actividades prácticas, simulaciones, aprendizaje basado en problemas, estudios de casos, trabajo por proyectos y aprendizaje cooperativo (Arán & Ortega, 2012).

Figura 1. Número de documentos científicos sobre la FC.



Nota. El gráfico muestra la evolución del número de documentos científicos sobre la FC en la base de datos internacionales Scopus. Tomado de <https://www.scopus.com/>

Varias revisiones sistemáticas de la FC en distintos campos del conocimiento han sido realizadas hasta el momento. La mayoría de las investigaciones se centran en comparar los resultados académicos de los alumnos en relación con la utilización de una metodología tradicional. Cabe destacar la gran cantidad de revisiones sistemáticas que hay en el campo de la medicina y enfermería, las cuales algunas concluyen que la FC ayuda a aumentar el rendimiento académico (Betihavas et al., 2016; Hew & Lo, 2018; Tan et al., 2017; Ward et al., 2018), pero para otras hay una falta de pruebas contundentes para determinar la eficacia de la FC, para promover la adquisición de conocimientos (Chen et al., 2017; Vanka et al., 2019). Finalmente hay

investigaciones que concluyen que no hay diferencias estadísticas entre los resultados académicos de FC con la clase tradicional (Evans, Bosch, Harrington, Schoofs, & Coviak, 2019; Gillette et al., 2018; Kraut et al., 2019).

También se han realizado revisiones sistemáticas de la FC que exploran todas las etapas educativas y todos los campos del conocimiento, es decir, cualquier documento científico relacionado con la FC. Aquí encontramos un consenso acerca de que la utilización de la FC puede mejorar el rendimiento académico de los estudiantes (Akçayır & Akçayır, 2018; Strelan et al., 2020; Van Alten et al., 2019; Zainuddin et al., 2019). El mismo consenso aparece en las revisiones que se centran en el ámbito universitario (Hew & Lo, 2018; Lucena et al., 2019; Shi et al., 2020).

A diferencia de otras revisiones sistemáticas sobre la FC, esta investigación se centra en la enseñanza de un área concreta del conocimiento, las Matemáticas. Así mismo, no solo pretende investigar si la utilización de la FC aumenta el rendimiento académico de los alumnos, sino que pone el punto de mira en otros aspectos fundamentales como el aprendizaje, ampliado así el conocimiento de otras investigaciones que la han precedido.

El objetivo general de esta investigación es analizar la producción científica sobre la FC en el área de la enseñanza de las Matemáticas. Las siguientes preguntas específicas guiaron la revisión:

- 1.- ¿Cómo afecta la utilización de la FC al rendimiento académico de los alumnos del área de Matemáticas?
- 2.- ¿Cuál es la autopercepción de los alumnos en relación con la utilización de la FC?
- 3.- ¿Cómo es el rol de los alumnos con la FC en el área de Matemáticas?
- 4.- ¿Cómo es la interacción entre alumno profesor en el uso de la FC en el área de Matemáticas?
- 5.- ¿Cómo es la actitud y la motivación de los alumnos delante de la FC en el área de Matemáticas?

La elección de las 5 variables de análisis (el rendimiento académico, la autopercepción de los estudiantes, el rol adquirido por los estudiantes, la interacción social y las actitudes hacia las clases de Matemáticas) ha sido en base a su idoneidad para dar respuesta a las preguntas planteadas en esta investigación.

2. Metodología

Para alcanzar el objetivo de esta investigación y dar respuesta a las preguntas específicas planteadas se ha llevado a cabo una revisión sistemática con una estrategia de búsqueda explícita y replicable, con estudios excluidos o incluidos basados en criterios predeterminados (Gough et al., 2012).

2.1. Fuentes de datos y búsquedas.

Las bases de datos utilizadas para la búsqueda han sido Web of Science (WoS) y Scopus. Se eligieron estas bases de datos no solo por la gran cantidad de registros, sino también porque responden a los índices que presentan (JCR y SJR), la indexación de artículos científicos en revistas revisadas por pares y que han pasado un proceso riguroso para estar incluidas en WoS y Scopus. La búsqueda se limitó temporalmente al periodo de 2010 hasta abril de 2020, se ha escogido este periodo ya que la metodología FC no empezó aparecer en estudios científicos hasta inicios de la década anterior. De esta forma se contempla todos los documentos científicos que pueda haber sobre la FC.

Las búsquedas se realizaron utilizando el operador booleano con los términos siguientes: “Flipped Classroom*” Y (“maths” O “mathematics” O “mathematical”) y luego utilizando “aula invertida*” Y (“Matemáticas”).

2.2. Criterios de inclusión y exclusión.

Los criterios de exclusión aplicados en esta investigación han sido que los registros obtenidos sean duplicados, capítulos de libros, disertaciones y documentos de conferencias. También se excluyeron los registros que no versaban sobre la FC o sobre las Matemáticas.

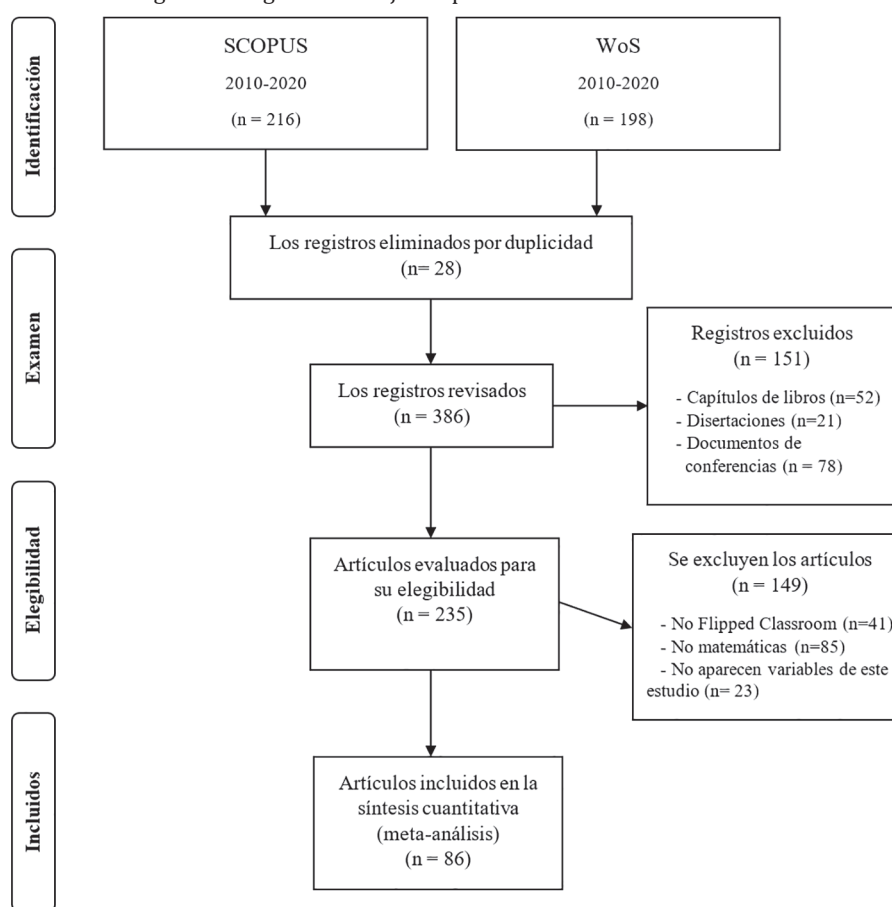
Los registros se seleccionaban para su inclusión si en sus conclusiones aparecían alguna de las 5 variables de análisis: el rendimiento académico, la autopercepción de los estudiantes, la participación activa, la interacción social y las actitudes hacia las clases de Matemáticas.

2.3. Distribución de datos

Tal como se muestra en el diagrama de flujo (Figura 2), al realizar la búsqueda en las bases de datos internacionales Scopus y Web Of Science (WoS), donde se obtuvieron 215 y 198 documentos respectivamente; habiendo fijado el periodo de tiempo de la búsqueda entre 2010 y 2020. Después de excluir duplicados ($n=28$) quedaron un total de 386 registros. El siguiente paso fue excluir los capítulos de libros ($n=52$), disertaciones ($n=21$) y documentos de conferencias ($n=78$) quedando así aun 235 artículos que fueron los revisados. De estos se excluyeron del meta-análisis 149 artículos por no tratar de la FC ($n=41$), las Matemáticas ($n=85$) o no contener ninguna de las 5 variables del estudio ($n=23$). Quedando así 86 artículos que comprenden a 20.027 estudiantes los que fueron sometidos a nuestro meta-análisis.

Después de las múltiples selecciones descritas anteriormente se seleccionaron 86 artículos para codificación y análisis.

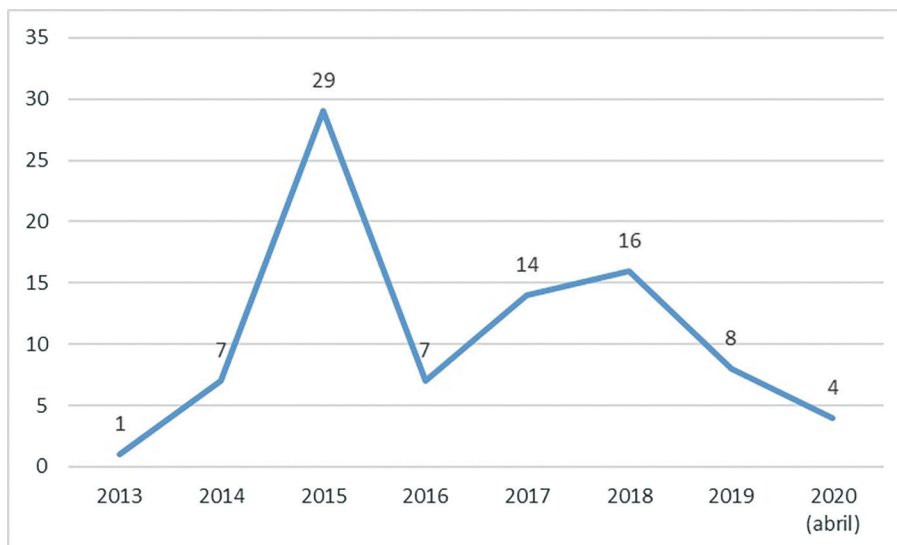
Figura 2. Diagrama de flujo del proceso de selección del estudio.



3. Análisis y resultados

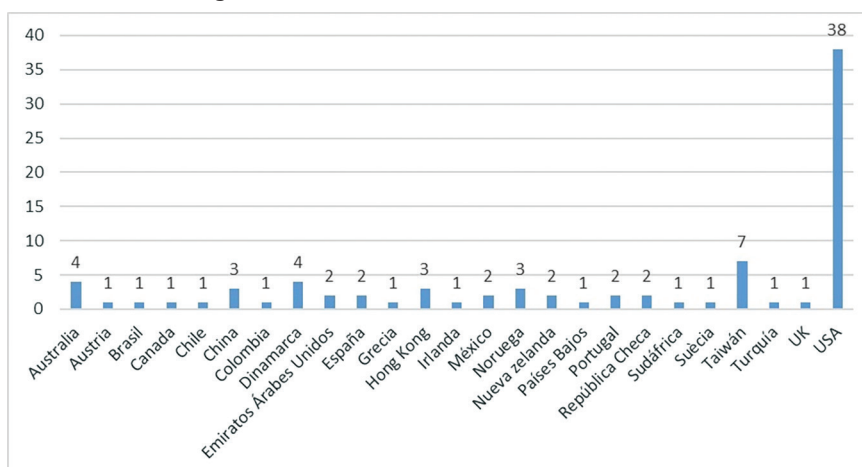
Primeramente, se describen las principales características de los artículos analizados, para ilustrar el contexto de los resultados obtenidos. En la Figura 3 se muestra el número de artículos que se han sido publicados des de 2010 hasta abril de 2020. El primer año que aparece un artículo es el 2013 ($n=1$), el año con un mayor número de artículos fue el 2015 ($n=29$) seguido del año 2018 ($n=16$). Los últimos cuatro años han mantenido una media de alrededor de unos diez artículos.

Figura 3. Número de artículos publicados cada año



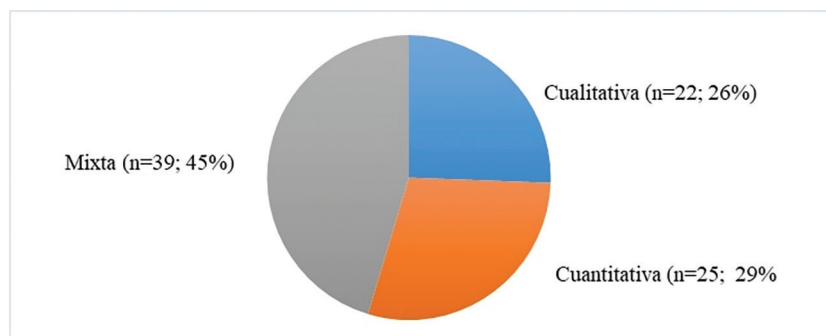
En relación con el país donde se realizaron los artículos podemos observar en la Figura 4 que casi la mitad fueron realizados en Estados Unidos ($n=38$) y en segundo lugar en Taiwán ($n=7$), pero muy lejos de los primeros. La mayoría de los países tienen uno o dos estudios de la FC en el área de las Matemáticas.

Figura 4. País donde sean realizado los artículos.



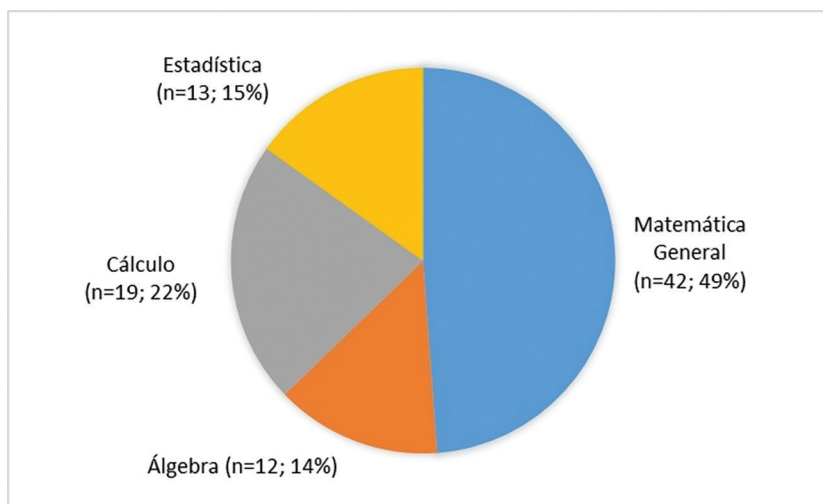
Si nos fijamos en el tipo de investigación utilizada en los distintos artículos, Figura 5, podemos observar que casi la mitad de los artículos han utilizado una metodología mixta ($n=39$) seguida de la metodología cuantitativa ($n=25$) y cualitativa ($n=22$).

Figura 5. Metodología de investigación utilizada en los estudios.



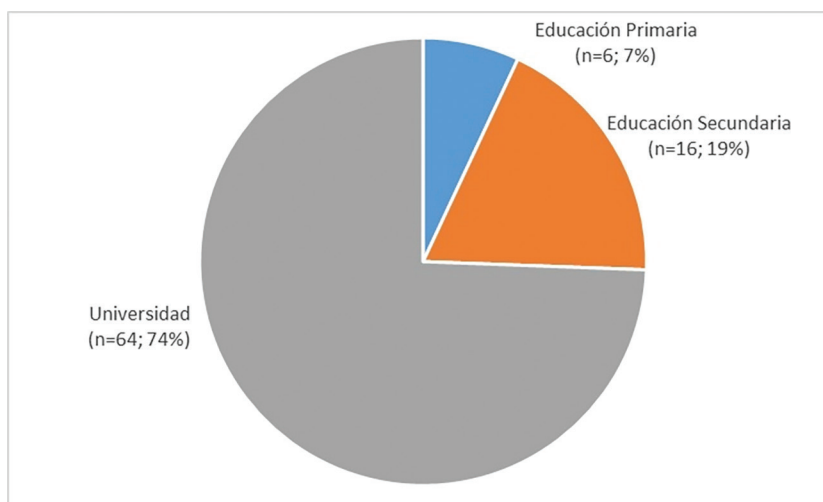
Referente a las áreas de contenido tratadas (Figura 6) encontramos que principalmente se han realizado en la Matemática general ($n=42$), en estos casos los estudios han abarcado distintos contenidos. En segundo lugar, están las asignaturas específicas de cálculo ($n=19$) toda ellas realizadas en la etapa universitaria. I en último lugar casi con el mismo número estadística ($n=13$) y álgebra ($n=12$).

Figura 6. Distribución de las áreas de los contenidos de Matemáticas



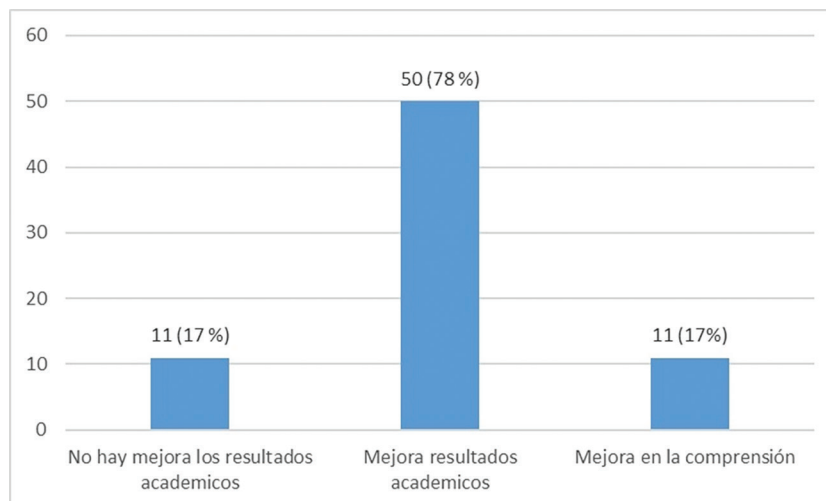
Otros datos interesantes son las etapas educativas donde se han llevado a cabo las investigaciones. En la Figura 7 podemos observar que casi tres cuartos de ellas se han desarrollado a nivel universitario ($n=64$), en segundo lugar, encontramos la educación secundaria ($n=16$) y finalmente educación primaria ($n=6$).

Figura 7. Distribución de los estudios por etapas educativas



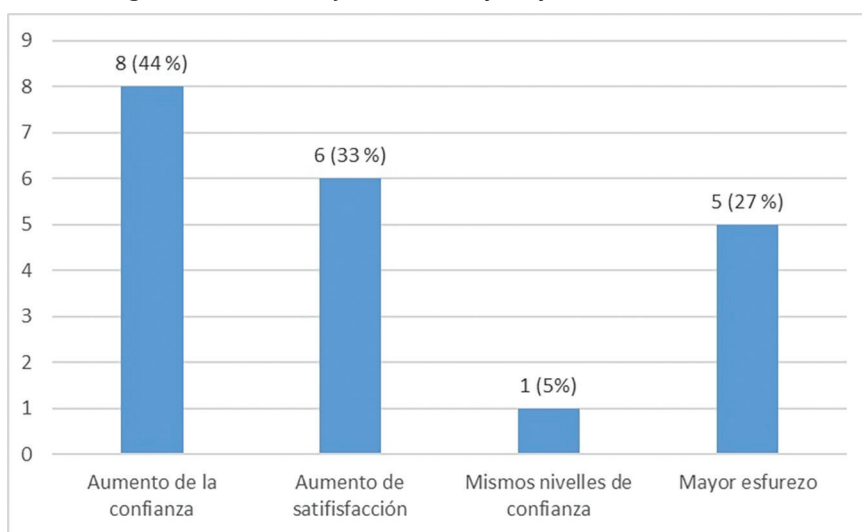
Si analizamos los resultados relativos a las distintas preguntas específicas que han guiado esta la revisión, encontramos que las investigaciones relacionadas con el rendimiento académico ($n=64$) representan el 74,42 % del total de los artículos revisados. Dentro de ellas el 78 % de los artículos afirman haber encontrado evidencias de una mejora en los resultados académicos ($n=50$), tal como muestra la Figura 8. Por otro lado, hay un 17 % que concluyen que el rendimiento académico no presenta mejoras estadísticamente significativas ($n=11$). Una cantidad idéntica ($n=11$) afirma que hay una mejora en la comprensión y aprendizaje de las Matemáticas al utilizar la FC. Cabe destacar que una investigación todo y no encontrar mejoras académicas sí que destaca una mejora en la comprensión de la materia.

Figura 8. Resultados de los artículos sobre el rendimiento académico



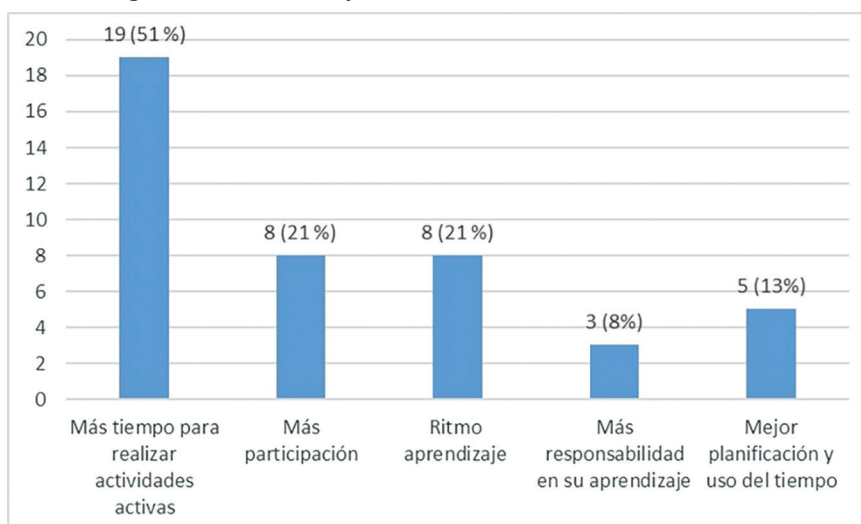
En relación con la autopercepción de los alumnos hay conclusiones sobre ella en un 20 % de las investigaciones analizadas (n=18). En la Figura 9 se muestra como el 44 % de estas investigaciones encuentran un aumento en la confianza de los alumnos al utilizar la FC en relación con la clase tradicional; seguido de un aumento en su satisfacción (n=6) con un 33%. Po otro lado, en un 27% de los estudios, los estudiantes perciben que la utilización de la FC les comporta un mayor esfuerzo por su parte (n=5). Así mismo solo una investigación concluye que no ya diferencia entre los niveles de confianza de los alumnos en relación con la clase tradicional.

Figura 9. Resultados referentes a autopercepción de los estudiantes



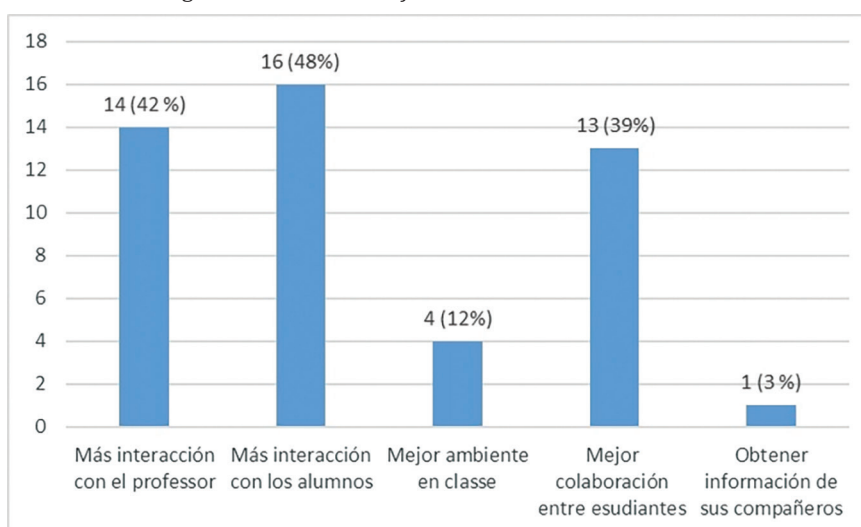
La siguiente pregunta específica se plantea como es el rol de los alumnos con la utilización de la FC en el área de Matemáticas, tal como muestra la Figura 10, se han encontrado que un 43% (n=37) de los artículos analizados versan sobre el rol que adquieren los estudiantes en las clases FC. Más de la mitad de estas investigaciones, 51 %, concluyen que la utilización de la FC proporciona más tiempo para realizar actividades de aprendizaje activo (n=19), permitiendo así un rol más activo. También se constata más participación en las clases por parte de los alumnos (n=8), pueden marcar su ritmo de aprendizaje (n=8) y les permite una mayor planificación y uso de su tiempo (n=5). En menor medida hay estudios que indican que el hecho que pasen a ser protagonistas activos de su aprendizaje hace que los alumnos se sientan más responsable de él (n=3).

Figura 10. Resultados referentes al cambio de rol de los estudiantes



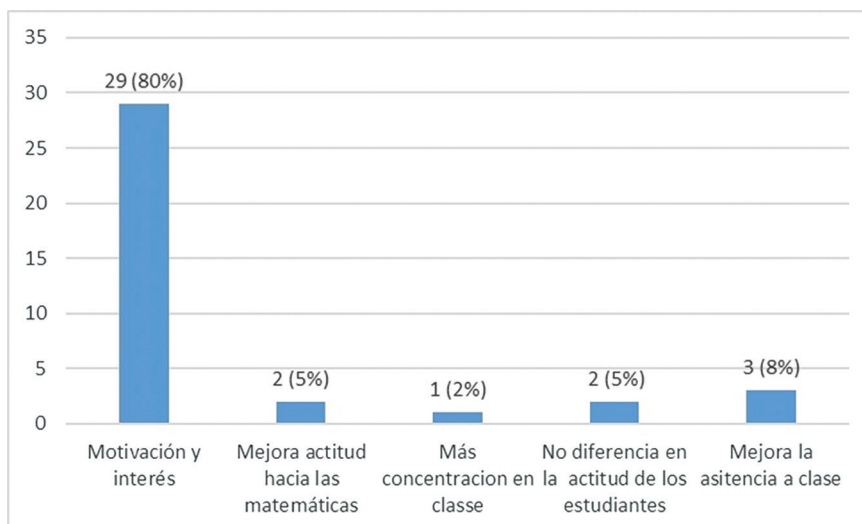
Si nos fijamos en cómo cambian las interacciones sociales entre los alumnos y los alumnos y el docente, se han encontrado un 38% de los artículos analizados en esta investigación sacaron conclusiones sobre este aspecto (n=33), tal como muestra la Figura 11. Los profesores manifiestan que tienen más oportunidades de interactuar con los alumnos (n=16) cuando utilizan la FC en relación con la clase magistral, en el mismo sentido los alumnos también perciben mayor interacción con el profesor (n=14). Entre los alumnos se constata una mejor colaboración entre ellos (n=13) y en un caso se concluyó que facilitaba la obtención de información de los compañeros. Todo ello hace que se perciba un mejor ambiente en la clase (n=4).

Figura 11. Resultados referentes a interacciones sociales



En referencia a la actitud de los estudiantes y su motivación hacia las clases de Matemáticas se puede observar en la Figura 12 que el 41 % (n=36) de los artículos analizados en esta investigación hacen referencia a ella. Cabe destacar que el 80% de estas investigaciones concluyen que la utilización de la FC aumenta la motivación de los estudiantes y su interés por las Matemáticas (n=29). Referente a su actitud frente las Matemáticas hay el mismo número de artículos que concluyen que aumenta (n=2) como que no se aprecia mejora (n=2). Un artículo destaca el aumento de concentración en las clases de Matemáticas y tres constatan una mejora en la asistencia de los alumnos.

Figura 12. Resultados referentes a la actitud frente las Matemáticas



4. Discusión

Los resultados obtenidos muestran que la utilización de la FC mejora los resultados académicos de los alumnos del área de Matemáticas, esto está con consonancia con otras revisiones sistemáticas realizadas anteriormente sobre la utilización de la FC en relación a la clase tradicional (Akçayır & Akçayır, 2018; Strelan et al., 2020; Van Alten et al., 2019; Zainuddin et al., 2019). En contra posición ya revisiones sistemáticas llevada a cabo en el campo concreto de la medicina que ponen de manifiesto que no hay diferencias estadísticas entre los resultados académicos de FC con la clase tradicional (Evans et al., 2019; Gillette et al., 2018; Kraut et al., 2019).

En relación con la autopercepción los resultados muestran que hay un aumento de la confianza y la satisfacción de los alumnos del área de Matemáticas al utilizar la FC. Este aumento también se pone de manifiesto en revisiones sistemáticas sobre la FC en áreas como la educación en enfermería (Tan et al., 2017), la educación dental (Vanka et al., 2019) o en las mismas Matemáticas (Yang et al., 2019). Pero todos estos resultados contradicen las conclusiones de Van Alten et al. (2019) que en su revisión sistemática general de la FC exponen que no se encontró ningún efecto en la satisfacción de los estudiantes con respecto al entorno de aprendizaje.

Esta investigación, a partir del análisis de los resultados, constata que el rol de los alumnos pasa a ser más activo al disponer de más tiempo para realizar actividades que lo potencian y eso hace que aumente su participación en su aprendizaje y en clases. Estos resultados van en la línea de otras revisiones sistemáticas como las llevadas a cabo por Tan et al. (2017), Bond (2020), Kraut et al. (2019) y Lo et al. (2017).

Se constata que tal como concluyen Kraut et al. (2019) y Zainuddin et al. (2019) en sus revisiones sistemáticas sobre la FC, se produce un aumento de las interacciones sociales entre alumnos y alumnos y docente al utilizar la metodología FC en comparación con la utilización de una metodología más tradicional.

El aumento de interés y motivación que se produce por el área de las Matemáticas al utilizar la metodología FC aparece también descrito en las investigaciones llevadas a cabo por King et al. (2019) y Zainuddin et al. (2019).

5. Conclusiones

El objetivo general de esta investigación era analizar la producción científica sobre la FC en el área de la enseñanza de las Matemáticas.

Fijándose en las 5 variables de análisis elegidas: el rendimiento académico, la autopercepción de los estudiantes, el rol adquirido por los estudiantes, la interacción social y las actitudes hacia las clases de Matemáticas.

En relación a las dos primeras variables, los alumnos al utilizar la metodología FC en el área de Matemáticas aumentan su rendimiento académico (Belmonte et al., 2019; Clark & Kaw, 2019; Fúneme, 2019; Immekus, 2019; Salas-Rueda & Lugo-García, 2019; Wei et al., 2020), así como su confianza y satisfacción (Amstelveen, 2018; Lopes & Soares, 2017; Loux et al., 2016; Nihlawi et al., 2017).

Del mismo modo se constata que la FC permite de disponer de más tiempo para llevar a cabo estrategias metodológicas que facilitan el aprendizaje activo (Amstelveen, 2018; Fung, 2020; Gordijn et al., 2017; Heuett, 2017; Karampa & Paraskeva, 2018; Khan & Watson, 2018; Song & Kapur, 2017; Steen-Utheim & Foldnes, 2018) como actividades prácticas, simulaciones, el aprendizaje basado en problemas, estudios de casos, trabajo por proyectos y el aprendizaje cooperativo. Esto produce un aumento de la participación de los estudiantes (Belmonte et al., 2019; Clark & Kaw, 2019; Hodgson et al., 2017; Nihlawi et al., 2017) y también que puedan marcar su propio ritmo de aprendizaje y se responsabilicen de él (Esperanza et al., 2016; Sun et al., 2017; Toor & Mgombelo, 2018) y se responsabilicen de él (Lopes & Soares, 2017; Triantafyllou & Timcenko, 2014; Ziegelmeier & Topaz, 2015).

Por otro lado, hay un aumento de la interacción entre los alumnos y los alumnos y el docente (Fredriksen et al., 2018; Karampa & Paraskeva, 2018; Novak et al., 2016; Steen-Utheim & Foldnes, 2018; Sun et al., 2017), provocando un aumento en la colaboración entre estudiantes y una mejora en el ambiente de trabajo en clase (Clark & Kaw, 2019; Guerrero et al., 2015; Heuett, 2017).

La actitud y la motivación de los estudiantes ante el área de las Matemáticas también se ve afectada con la utilización de la metodología FC, haciendo que aumente su interés por las Matemáticas y se sientan más motivados para realizar las distintas tareas que propone el profesor (Amstelveen, 2018; Belmonte et al., 2019; Chien & Hsieh, 2018; Cronhjort et al., 2017; Hodgson et al., 2017; Hung et al., 2018; Lopes & Soares, 2018; Muir, 2020; Nihlawi et al., 2017; Toor & Mgombelo, 2018).

La investigación tiene limitaciones como el hecho que el modelo FC es ejecutado de diferentes maneras y hace que los resultados también puedan tener desviaciones. Esto es debido que su implementación no resulta sencilla y necesita de una formación que abarca diferentes aspectos tanto pedagógicos como tecnológicos (Shi-Chun, Ze-Tian, & Yi, 2014).

Otra de las limitaciones es que la metodología de investigación utilizada en las investigaciones analizadas es diversa, y en algunas de ellas no se puede asegurar que el aumento de aprendizaje o mejora de los resultados académicos tenga una relación causal directa con la variable independiente (FC).

6. Referencias

- Akçayır, G., & Akçayır, M. (2018). The flipped classroom: A review of its advantages and challenges. *Computers and Education*, 126(July), 334–345. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.07.021>
- Anderson, L., & Brennan, J. P. (2015). An experiment in “Flipped” teaching in freshman calculus. *Primus*, 25(9), 861–875. <https://doi.org/10.1080/10511970.2015.1059916>
- Amstelveen, R. (2018). Flipping a college mathematics classroom: An action research project. *Education and Information Technologies*, 24(2), 1337–1350. <https://doi.org/10.1007/s10639-018-9834-z>
- Arán, M. A., & Ortega, M. L. (2012). Enfoques de aprendizaje y hábitos de estudio en estudiantes universitarios de primer año de tres carreras de la Universidad Mayor Temuco, Chile 2011. *Hekademos: Revista Educativa Digital*, 11, 37–46.
- Belmonte, J. L., Cabrera, A. F., Núñez, J. A. L., & Sánchez, S. P. (2019). Formative transcendence of flipped learning in mathematics students of secondary education. *Mathematics*, 7(1226), 1–14. <https://doi.org/10.3390/MATH7121226>
- Bergmann, J., & Sams, A. (2012). *Flip your classroom: Reach every student in every class every day*. International Society for Technology in Education.
- 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://doi.org/10.1016/j.nedt.2015.12.010>
- Bond, M. (2020). Facilitating student engagement through the flipped learning approach in K-12: A systematic review. *Computers and Education*, 151(October 2019), 103819. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103819>
- Bradford, M., Muntean, C., & Pathak, P. (2015). An analysis of flip-classroom pedagogy in first year undergraduate mathematics for computing. *Proceedings - Frontiers in Education Conference, FIE, 2015-Febru(February)*. <https://doi.org/10.1109/FIE.2014.7044072>

- Capaldi, M. (2015). Including inquiry-based learning in a flipped class. *Primus*, 25(8), 736–744. <https://doi.org/10.1080/10511970.2015.1031303>
- Cardetti, F., Pon, S., & Christodouloupoulou, K. (2013). Flipped Classrooms in College: Calculus Students' Perceptions and Performance. *Edulearn13: 5Th International Conference on Education and New Learning Technologies*, 5793–5800.
- Carter, C. L., Carter, R. L., & Foss, A. H. (2018). The Flipped Classroom in a Terminal College Mathematics Course for Liberal Arts Students. *AERA Open*, 4(1), 233285841875926. <https://doi.org/10.1177/2332858418759266>
- Chen, F., Lui, A. M., & Martinelli, S. M. (2017). A systematic review of the effectiveness of flipped classrooms in medical education. *Medical Education*, 51(6), 585–597. <https://doi.org/10.1111/medu.13272>
- Chen, S. C., Yang, S. J. H., & Hsiao, C. C. (2015). Exploring student perceptions, learning outcome and gender differences in a flipped mathematics course. *British Journal of Educational Technology*, 47(6), 1096–1112. <https://doi.org/10.1111/bjet.12278>
- Chien, C. F., & Hsieh, L. H. C. (2018). Exploring university students' achievement, motivation, and receptivity of flipped learning in an engineering mathematics course. *International Journal of Online Pedagogy and Course Design*, 8(4), 22–37. <https://doi.org/10.4018/IJOPCD.2018100102>
- Cilli-Turner, E. (2015). Measuring learning outcomes and attitudes in a flipped introductory statistics course. *Primus*, 25(9), 833–846. <https://doi.org/10.1080/10511970.2015.1046004>
- Clark, R. M., & Kaw, A. K. (2019). Benefits of adaptive lessons for pre-class preparation in a flipped numerical methods course. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 51(5), 1–17. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2019.1617439>
- Collins, B. V. C. (2018). Flipping the precalculus classroom. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 50(5), 728–746. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2018.1535098>
- Cronhjort, M., Filipsson, L., & Weurlander, M. (2017). Improved engagement and learning in flipped-classroom calculus. *Teaching Mathematics and Its Applications*, 37(3), 113–121. <https://doi.org/10.1093/TEAMAT/HRX007>
- Eager, E., Peirce, J., & Barlow, P. (2015). Math Bio or Biomath? Flipping the mathematical biology classroom. *Letters in Biomathematics*, 1(2), 139–155. <https://doi.org/10.1080/23737867.2014.11414476>
- Esperanza, P., Fabian, K., & Toto, C. (2016). Flipped Classroom Model: Effects on Performance, Attitudes and Perceptions in High School Algebra. *DM Review*, 9891, 85–97. https://doi.org/10.1007/978-3-319-45153-4_7
- Evans, L., Bosch, M. L. V., Harrington, S., Schoofs, N., & Coviak, C. (2019). Flipping the Classroom in Health Care Higher Education: A Systematic Review. *Nurse Educator*, 44(2), 74–78. <https://doi.org/10.1097/NNE.0000000000000554>
- Foldnes, N. (2017). The impact of class attendance on student learning in a flipped classroom. *Nordic Journal of Digital Literacy*, 12(1–2), 8–18. <https://doi.org/10.18261/ISSN.1891-943X-2017-01-02-02>
- Ford, P. (2015). Flipping a Math Content Course for Pre-Service Elementary School Teachers. *Primus*, 25(4), 369–380. <https://doi.org/10.1080/10511970.2014.981902>
- Fredriksen, H., Hadjerrouit, S., Monaghan, J., & Rensaa, R. (2018). Exploring tensions in a mathematical course for engineers utilizing a flipped classroom approach. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01941361>
- Fúneme, C. C. (2019). El aula invertida y la construcción de conocimiento en matemáticas. El caso de las aplicaciones de la derivada. *Tecné Episteme y Didaxis: TED*, (45), 159–174. <https://doi.org/10.17227/ted.num45-9840>
- Fung, C. H. (2020). How Does Flipping Classroom Foster the STEM Education: A Case Study of the FPD Model. *Technology, Knowledge and Learning*, 30(14), 1945–1969. <https://doi.org/10.1007/s10758-020-09443-9>
- Gillette, C., Rudolph, M., Kimble, C., Rockich-Winston, N., Smith, L., & Broedel-Zaugg, K. (2018). A meta-analysis of outcomes comparing flipped classroom and lecture. *American Journal of Pharmaceutical Education*, 82(5), 433–440. <https://doi.org/10.5688/ajpe6898>
- Gordijn, J., Oosterhout, A., & Dijkstra, W. (2017). Innovation Mathematics Project, Blended Education in Practice: a Case Study At Delft University of Technology. *EDULEARN17 Proceedings*, 1, 9940–9950. <https://doi.org/10.21125/edulearn.2017.0881>
- Gough, D., Thomas, J., & Oliver, S. (2012). Clarifying differences between review designs and methods. [art:10.1186/2046-4053-1-28](https://doi.org/10.1186/2046-4053-1-28). *Systematic Reviews*, 1–9. <https://doi.org/10.1186/2046-4053-1-28>
- Gouia, R., & Gunn, C. (2016). Making mathematics meaningful for freshmen students: investigating students' preferences of pre-class videos. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 2. <https://doi.org/10.1186/s41039-015-0026-9>
- Guerrero, S., Beal, M., Lamb, C., Sonderegger, D., & Baumgartel, D. (2015). Flipping undergraduate finite mathematics: Findings and implications. *Primus*, 25(9), 814–832. <https://doi.org/10.1080/10511970.2015.1046003>

- Gundlach, E., Richards, K. A. R., Nelson, D., & Levesque-Bristol, C. (2015). A comparison of student attitudes, statistical reasoning, performance, and perceptions for web-augmented traditional, fully online, and flipped sections of a statistical literacy class. *Journal of Statistics Education*, 23(1). <https://doi.org/10.1080/10691898.2015.11889723>
- Heuett, W. J. (2017). Flipping the Math Classroom for Non-Math Majors to Enrich Their Learning Experience. *Primus*, 27(10), 889–907. <https://doi.org/10.1080/10511970.2016.1256925>
- Hew, K. F., & Lo, C. K. (2018). Flipped classroom improves student learning in health professions education: A meta-analysis. *BMC Medical Education*, 18(1), 1–12. <https://doi.org/10.1186/s12909-018-1144-z>
- Hodgson, T. R., Cunningham, A., McGee, D., Kinne, L., & Murphy, T. J. (2017). Assessing Behavioral Engagement in Flipped and Non-Flipped Mathematics Classrooms: Teacher Abilities and Other Potential Factors. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 5(4), 248–261. <https://doi.org/10.18404/ijemst.296538>
- Hsiao, C. C., Huang, J. C. H., Huang, A. Y. Q., Lu, O. H. T., Yin, C. J., & Yang, S. J. H. (2018). Exploring the effects of online learning behaviors on short-term and long-term learning outcomes in flipped classrooms. *Interactive Learning Environments*, 27(8), 1160–1177. <https://doi.org/10.1080/10494820.2018.1522651>
- Hung, C. Y., Sun, J. C. Y., & Liu, J. Y. (2018). Effects of flipped classrooms integrated with MOOCs and game-based learning on the learning motivation and outcomes of students from different backgrounds. *Interactive Learning Environments*, 27(8), 1028–1046. <https://doi.org/10.1080/10494820.2018.1481103>
- Immekus, J. C. (2019). Flipping Statistics Courses in Graduate Education: Integration of Cognitive Psychology and Technology. *Journal of Statistics Education*, 27(2), 79–89. <https://doi.org/10.1080/10691898.2019.1629852>
- Johnston, B. M. (2016). Implementing a flipped classroom approach in a university numerical methods mathematics course. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 48(4), 485–498. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2016.1259516>
- Jordán, C., Magreñán, Á. A., & Orcos, L. (2019). Considerations about flip education in the teaching of advanced mathematics. *Education Sciences*, 9(3), 1–10. <https://doi.org/10.3390/educsci9030227>
- Karampa, V., & Paraskeva, F. (2018). A motivational design of a flipped classroom on collaborative programming and STEAM. *Communications in Computer and Information Science*, 870, 226–238. https://doi.org/10.1007/978-3-319-95522-3_19
- Kennedy, E., Beaudrie, B., Ernst, D. C., & Laurent, R. S. (2015). Inverted pedagogy in second semester calculus. *Primus*, 25(9), 892–906. <https://doi.org/10.1080/10511970.2015.1031301>
- Khan, R. N., & Watson, R. (2018). The flipped classroom with tutor support: An experience in a level one statistics unit. *Journal of University Teaching and Learning Practice*, 15(3).
- King, A. M., Gottlieb, M., Mitzman, J., Dulani, T., Schulte, S. J., & Way, D. P. (2019). Flipping the Classroom in Graduate Medical Education: A Systematic Review. *Journal of Graduate Medical Education*, 11(1), 18–29. <https://doi.org/10.4300/JGME-D-18-00350.2>
- Kirvan, R., Rakes, C. R., & Zamora, R. (2015). Flipping an Algebra Classroom: Analyzing, Modeling, and Solving Systems of Linear Equations. *Computers in the Schools*, 32(3–4), 201–223. <https://doi.org/10.1080/07380569.2015.1093902>
- Kraut, A. S., Omron, R., Caretta-Weyer, H., Jordan, J., Manthey, D., Wolf, S. J., ... Kornegay, J. (2019). The flipped classroom: A critical appraisal. *Western Journal of Emergency Medicine*, 20(3), 1–10. <https://doi.org/10.5811/westjem.2019.2.40979>
- Krouss, P., & Lesseig, K. (2019). Effects of a Flipped Classroom Model in an Introductory College Mathematics Course. *Primus*, 0(0), 1–19. <https://doi.org/10.1080/10511970.2019.1625471>
- Kuiper, S. R., Carver, R. H., Posner, M. A., & Everson, M. G. (2015). Four perspectives on flipping the statistics classroom: Changing pedagogy to enhance student-centered learning. *Primus*, 25(8), 655–682. <https://doi.org/10.1080/10511970.2015.1045573>
- Kumar, K., Chang, C., & Chang, C. (2015). International Forum of Educational Technology & Society The Impact of the Flipped Classroom on Mathematics Concept Learning in High School. *Educational Technology & Society*, 19(3), 134–142.
- Lai, C. L., & Hwang, G. J. (2016). A self-regulated flipped classroom approach to improving students' learning performance in a mathematics course. *Computers and Education*, 100, 126–140. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.05.006>
- Li, Y. Bin, Zheng, W. Z., & Yang, F. (2017). Cooperation learning of flip teaching style on the MBA mathematics education efficiency. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(10), 6963–6972. <https://doi.org/10.12973/ejmste/76878>

- 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>
- Lopes, Ana P., & Soares, F. (2017). What Do Students of a Higher Education Institution Think About Flipped Learning. *EDULEARN17 Proceedings*, 2759–2766. <https://doi.org/10.21125/edulearn.2017.1582>
- Lopes, Ana Paula, & Soares, F. (2018). Perception and performance in a flipped Financial Mathematics classroom. *International Journal of Management Education*, 16(1), 105–113. <https://doi.org/10.1016/j.ijme.2018.01.001>
- Loux, T. M., Varner, S. E., & vanNatta, M. (2016). Flipping an introductory biostatistics course: A case study of student attitudes and confidence. *Journal of Statistics Education*, 24(1), 1–7. <https://doi.org/10.1080/10691898.2016.1158017>
- Love, B., Hodge, A., Grandgenett, N., & Swift, A. W. (2014). Student learning and perceptions in a flipped linear algebra course. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 45(3), 317–324. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2013.822582>
- Lucena, F. J. H., Díaz, I. A., Rodríguez, J. M. R., & Mariñ, J. A. M. (2019). Influencia del aula invertida en el rendimiento académico. Una revisión sistemática. *Campus Virtuales*, 8(1), 9–18.
- Maciejewski, W. (2015). Flipping the calculus classroom: An evaluative study. *Teaching Mathematics and Its Applications*, 35(4), 187–201. <https://doi.org/10.1093/teamat/hrv019>
- Madrid, E. M., Armenta, J. A., Prieto, M. E., Fernández, M. T., & Olivares, K. M. (2018). Implementación de aula invertida en un curso propedéutico de habilidad matemática en bachillerato. *Apertura*, 10(1), 24–39. <https://doi.org/10.18381/Ap.v10n1.1149>
- Manenova, M., & Spilka, R. (2014). Research in Pedagogical Communication in Flipped Classroom Model, Using Methods Fias. *Iceri2014: 7th International Conference of Education, Research and Innovation*, 996–1003.
- Mattis, K. V. (2014). Flipped Classroom Versus Traditional Textbook Instruction: Assessing Accuracy and Mental Effort at Different Levels of Mathematical Complexity. *Technology, Knowledge and Learning*, 20(2), 231–248. <https://doi.org/10.1007/s10758-014-9238-0>
- McLaughlin, J. E., Khanova, J., Persky, A., Hathaway, N., & Cox, W. (2017). Design, implementation, and outcomes of a three-week pharmacy bridging course. *American Journal of Pharmaceutical Education*, 81(7). <https://doi.org/10.5688/ajpe8176313>
- Muir, T. (2020). Self-determination theory and the flipped classroom: a case study of a senior secondary mathematics class. *Mathematics Education Research Journal*. <https://doi.org/10.1007/s13394-020-00320-3>
- Muir, T., & Geiger, V. (2015). The affordances of using a flipped classroom approach in the teaching of mathematics: a case study of a grade 10 mathematics class. *Mathematics Education Research Journal*, 28(1), 149–171. <https://doi.org/10.1007/s13394-015-0165-8>
- Murphy, J., Chang, J. M., & Suaray, K. (2015). Student performance and attitudes in a collaborative and flipped linear algebra course. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 47(5), 653–673. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2015.1102979>
- Ni, M., Kwok, L., Zhen, L., Xie, Y., Long, H., Zheng, X., & Li, W. (2015). Preface. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 9167, 243–254. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-20621-9>
- Nihlawi, R., El-Baz, H., & Gunn, C. (2017). Looking Into the Impact of Flipped Learning Pedagogy on Students' Perceived Learning Experience in Undergraduate Mathematics Courses. *ICERI2017 Proceedings*, 5809–5819. <https://doi.org/10.21125/iceri.2017.1521>
- Novak, J., Kensington-Miller, B., & Evans, T. (2016). Flip or flop? Students' perspectives of a flipped lecture in mathematics. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 48(5), 647–658. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2016.1267810>
- Ogden, L. (2015). Student perceptions of the flipped classroom in college Algebra. *Primus*, 25(9), 782–791. <https://doi.org/10.1080/10511970.2015.1054011>
- Overmyer, J. (2015). Research on flipping college algebra: Lessons learned and practical advice for flipping multiple sections. *Primus*, 25(9), 792–802. <https://doi.org/10.1080/10511970.2015.1045572>
- Parslow, G. R. (2005). Multimedia in Biochemistry and Molecular Biology Education Commentary: Critical Thinking. *Biochemistry and molecular biology education*, 33(5), 371. <https://doi.org/10.1002/bmb20642>
- Pavanelo, E., & Lima, R. (2017). Sala de aula invertida: A análise de uma experiência na disciplina de Cálculo I. *Bolema - Mathematics Education Bulletin*, 31(58), 739–759. <https://doi.org/10.1590/1980-4415v31n58a11>
- Peters, T., Johnston, E., Bolles, H., Ogilvie, C., Knaub, A., & Holme, T. (2018). Benefits to Students of Team-Based Learning in Large Enrollment Calculus. *Primus*, 30(2), 211–229. <https://doi.org/10.1080/10511970.2018.1542417>

- Petrillo, J. (2015). On flipping first-semester calculus: A case study. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 47(4), 573–582. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2015.1106014>
- Prieto, A. (2017). *Profesor 3.0: Flipped classroom ¿Cuáles son sus ventajas? ¿Cuál es su origen y su evolución posterior? ¿Por qué no es una moda más? ¿Por qué mejora el aprendizaje? ¿Por qué deberías leer sobre este modelo en este verano?*. <https://bit.ly/3vBNZnx>
- Reyneke, F., Fletcher, L., & Harding, A. (2018). The Effect of Technology-based Interventions on the Performance of First Year University Statistics Students. *African Journal of Research in Mathematics, Science and Technology Education*, 22(2), 231–242. <https://doi.org/10.1080/18117295.2018.1477557>
- Salas-Rueda, R.-A., & Lugo-García, J.-L. (2019). Impacto del aula invertida durante el proceso educativo sobre las derivadas. *Edmetec*, 8(1). <https://doi.org/10.21071/edmetec.v8i1.9542>
- Santiago, R., & Bergmann, J. (2018). *Aprender al revés*. Ediciones Paidós.
- Sarawagi, N. (2014). a Flipped Cs0 Classroom : Applying Bloom ' S. *Journal of Computing Sciences in Colleges*, 29(6), 21–28.
- Scott, C. E., Green, L., & Etheridge, D. (2016). A comparison between flipped and lecture-based instruction in the calculus classroom. *Journal of Applied Research in Higher Education*, 8(2), 252–264. <https://doi.org/10.1108/JARHE-04-2015-0024>
- Shi-Chun, Ze-Tian, & Yi, W. (2014). The Flipped Classroom Advantages and Challenges, (Emtc), 17–20. <https://doi.org/10.2991/emtc-14.2014.3>
- Shi, Y., Ma, Y., MacLeod, J., & Yang, H. H. (2020). College students' cognitive learning outcomes in flipped classroom instruction: a meta-analysis of the empirical literature. *Journal of Computers in Education*, 7(1), 79–103. <https://doi.org/10.1007/s40692-019-00142-8>
- Shinaberger, L. (2017). Components of a Flipped Classroom Influencing Student Success in an Undergraduate Business Statistics Course. *Journal of Statistics Education*, 25(3), 122–130. <https://doi.org/10.1080/10691898.2017.1381056>
- Song, Y., & Kapur, M. (2017). How to Flip the Classroom – “ Productive Failure or Traditional Flipped Classroom ” Pedagogical Design ? *Journal of Educational Technology & Society*, 20(1), 292–305.
- Spilka, R., & Popper, F. (2014). Pedagogical Experiment With Online Visualization of Mathematical Models in Math Teaching on Elementary School. *IcERI2014: 7Th International Conference of Education, Research and Innovation, 2001*, 901–910.
- Steen-Utheim, A. T., & Foldnes, N. (2018). A qualitative investigation of student engagement in a flipped classroom. *Teaching in Higher Education*, 23(3), 307–324. <https://doi.org/10.1080/13562517.2017.1379481>
- Strelan, P., Osborn, A., & Palmer, E. (2020). The flipped classroom: A meta-analysis of effects on student performance across disciplines and education levels. *Educational Research Review*, 30, 100314. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2020.100314>
- Sun, Z., Xie, K., & Anderman, L. H. (2017). The role of self-regulated learning in students' success in flipped undergraduate math courses. *Internet and Higher Education*, 36, 41–53. <https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2017.09.003>
- Talbert, R. (2014). Inverting the Linear Algebra Classroom. *Primus*, 24(5), 361–374. <https://doi.org/10.1080/10511970.2014.883457>
- Talbert, R. (2015). Inverting the transition-to-proof classroom. *Primus*, 25(8), 614–626. <https://doi.org/10.1080/10511970.2015.1050616>
- Talbert, R. (2017). *Flipped Learning: A guide for higher education faculty*. Stylus Publishing.
- Tan, C., Yue, W.-G., & Fu, Y. (2017). Effectiveness of flipped classrooms in nursing education: Systematic review and meta-analysis. *Chinese Nursing Research*, 4(4), 192–200. <https://doi.org/10.1016/j.cnre.2017.10.006>
- Tawfik, A. A., & Lilly, C. (2015). Using a Flipped Classroom Approach to Support Problem-Based Learning. *Technology, Knowledge and Learning*, 20(3), 299–315. <https://doi.org/10.1007/s10758-015-9262-8>
- Toor, A., & Mgombelo, J. (2018). Math centers : A pedagogical tool for student engagement in intermediate math class. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01949020>
- Tourón, J., & Santiago, R. (2015). El modelo Flipped Learning y el desarrollo del talento en la escuela. *Revista de Educacion*, (368), 33–65. <https://doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2015-368-288>
- Triantafyllou, E., & Timcenko, O. (2014). Introducing a flipped classroom for a statistics course: A case study. *Proceedings of the 25th International Conference on European Association for Education in Electrical and Information Engineering, EAEEIE 2014*, 5–8. <https://doi.org/10.1109/EAEEIE.2014.6879373>
- Triantafyllou, E., & Timcenko, O. (2015a). Out of Classroom Instruction in the Flipped Classroom: The Tough Task of Engaging the Students. In P. s. Zaphiris & A. Ioannou (Eds.), *Learning and Collaboration*

- Technologies. Second International Conference, LCT 2015, Held as Part of HCI International 2015, Los Angeles, CA, USA, August 2–7, 2015, Proceedings* (pp. 714–723). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-20609-7_67
- Triantafyllou, E., & Timcenko, O. (2015b). Student perceptions on learning with online resources in a flipped mathematics classroom. *CERME 9 - Ninth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education*, 2573–2579.
- Turra, H., Carrasco, V., González, C., Sandoval, V., & Yáñez, S. (2019). Flipped classroom experiences and their impact on engineering students' attitudes towards university-level mathematics. *Higher Education Pedagogies*, 4(1), 136–155. <https://doi.org/10.1080/23752696.2019.1644963>
- Van Alten, D. C. D., Phielix, C., Janssen, J., & Kester, L. (2019). Effects of flipping the classroom on learning outcomes and satisfaction: A meta-analysis. *Educational Research Review*, 28(May), 1–18. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2019.05.003>
- Vanka, A., Vanka, S., & Wali, O. (2019). Flipped classroom in dental education: A scoping review. *European Journal of Dental Education*, (November 2019), 213–226. <https://doi.org/10.1111/eje.12487>
- Ward, M., Knowlton, M. C., & Laney, C. W. (2018). The flip side of traditional nursing education: A literature review. *Nurse Education in Practice*, 29(July 2017), 163–171. <https://doi.org/10.1016/j.nepr.2018.01.003>
- Wasserman, N. H., Quint, C., Norris, S. A., & Carr, T. (2015). Exploring Flipped Classroom Instruction in Calculus III. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15, 545–568. <https://doi.org/10.1007/s10763-015-9704-8>
- Wei, X., Cheng, I. L., Chen, N.-S., Yang, X., Liu, Y., Dong, Y., Zhai, X., & Kinshuk. (2020). Effect of the flipped classroom on the mathematics performance of middle school students. *Educational Technology Research and Development*, 68(3), 1461–1484. <https://doi.org/10.1007/s11423-020-09752-x>
- Weinhandl, R., Lavicza, Z., Hohenwarter, M., & Schallert, S. (2020). Enhancing flipped mathematics education by utilising geogebra. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 8(1), 1–5. <https://doi.org/10.46328/ijemst.v8i1.832>
- Winquist, J. R., & Carlson, K. A. (2014). Flipped statistics class results: Better performance than lecture over one year later. *Journal of Statistics Education*, 22(3), 10. <https://doi.org/10.1080/10691898.2014.11889717>
- Wright, S. E. (2015). Linear algebra and the experiences of a “flipper.” *Primus*, 25(8), 627–640. <https://doi.org/10.1080/10511970.2015.1031304>
- Yang, Q. F., Lin, C. J., & Hwang, G. J. (2019). Research focuses and findings of flipping mathematics classes: a review of journal publications based on the technology-enhanced learning model. *Interactive Learning Environments*, 1–34. <https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1637351>
- Yong, D., Levy, R., & Lape, N. (2015). Why no difference? A controlled flipped classroom study for an introductory differential equations course. *Primus*, 25(9), 907–921. <https://doi.org/10.1080/10511970.2015.1031307>
- Young, A. (2015). Flipping the calculus classroom: A cost-effective approach. *Primus*, 25(8), 713–723. <https://doi.org/10.1080/10511970.2015.1031298>
- 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*, 27(2), 72–86. <https://doi.org/10.1108/OTH-09-2018-0027>
- Zengin, Y. (2017). Investigating the use of the Khan Academy and mathematics software with a flipped classroom approach in mathematics teaching. *Educational Technology and Society*, 20(2), 89–100.
- Ziegelmeier, L. B., & Topaz, C. M. (2015). Flipped calculus: A study of student performance and perceptions. *Primus*, 25(9), 847–860. <https://doi.org/10.1080/10511970.2015.1031305>

ANEXO

Tabla 1. Artículos seleccionados para la investigación

Autor(es) (año)	Número autores	Localización	Tipo de investigación	Etapas educativas	Materia	Tamaño de la muestra	PE 1	PE 2	PE 3	PE 4	PE 5
Amstelveen (2018)	1	USA	Mixta	Universidad	Matemática General	77	x	x	x		x
Anderson y Brennan (2015)	2	USA	Mixta	Universidad	Cálculo	40	x			x	x
Belmonte, Cabrera, Núñez y Sánchez (2019)	4	España	Cuantitativa	Educación Secundaria	Matemática General	60	x		x		x
Bradford, Muntean y Pathak (2015)	3	Irlanda	Cuantitativa	Universidad	Matemática General	49	x				
Capaldi (2015)	1	USA	Cuantitativa	Universidad	Matemática General	46	x	x			
Cardetti, Pon y Christodouloulou (2013)	3	USA	Mixta	Universidad	Cálculo	116	x				
Carter, Carter y Foss (2018)	3	USA	Mixta	Universidad	Matemática General	632	x				
Chen, Yang y Hsiao (2015)	3	Taiwán	Mixta	Educación Secundaria	Matemática General	265	x		x		x
Chien y Hsieh (2018)	2	Taiwán	Mixta	Universidad	Matemática General		x	x			x
Cilli-Turner (2015)	1	USA	Mixta	Universidad	Estadística	78	x			x	x
Clark y Kaw (2019)	2	USA	Mixta	Universidad	Matemática General	88	x		x	x	
Collins (2018)	1	USA	Cuantitativa	Universidad	Cálculo	177	x				
Cronhjort, Filipsson y Weurlander (2017)	3	Suecia	Mixta	Universidad	Cálculo	399	x				x
Eager, Peirce y Barlow (2015)	3	USA	Cualitativa	Universidad	Matemática General	25	x				x
Esperanza, Fabian y Toto (2016)	3	USA	Mixta	Educación Secundaria	Álgebra	91	x		x	x	x
Foldnes (2017)	1	Noruega	Mixta	Universidad	Matemática General	241	x				x
Ford (2015)	1	USA	Cualitativa	Educación Primaria	Matemática General	63	x			x	
Fredriksen, Hadjerrout, Monaghan y Rensaa (2018)	4	Noruega	Cualitativa	Universidad	Matemática General	20				x	

Autor(es) (año)	Número autores	Localización	Tipo de investigación	Etapas educativas	Materia	Tamaño de la muestra	PE 1	PE 2	PE 3	PE 4	PE 5
Fúneme (2019)	1	Colombia	Cuantitativa	Universidad	Cálculo	25	x				
Fung (2020)	1	Hong Kong	Cualitativa	Educación Secundaria	Matemática General	20			x		x
Gordijn, Oosterhout y Dijkstra (2016)	3	Países Bajos	Mixta	Universidad	Matemática General	3000	x		x	x	
Gouia y Gunn (2016)	2	Emiratos Árabes Unidos	Cualitativa	Universidad	Matemática General	81			x	x	x
Guerrero, Beal, Lamb, Sonderegger y Baumgartel (2015)	5	USA	Mixta	Universidad	Matemática General	68	x		x	x	x
Gundlach, Richards, Nelson y Levesque-Bristol (2015)	4	USA	Mixta	Universidad	Estadística	56			x	x	x
Heuett (2017)	1	USA	Mixta	Universidad	Estadística	82	x	x	x	x	
Hodgson, Cunningham, McGee, Kinne y Murphy (2017)	5	USA	Mixta	Educación Secundaria	Matemática General	77			x		x
Hsiao, Huang, Huang, Lu, Yin y Yang (2018)	6	Taiwán	Cuantitativa	Universidad	Cálculo	60	x				
Hung, Sun y Liu (2018)	3	Taiwán	Mixta	Educación Secundaria	Matemática General	238	x	x			x
Immekus (2019)	1	USA	Mixta	Universidad	Estadística		x				
Johnston (2016)	1	Australia	Mixta	Universidad	Matemática General	81	x	x	x	x	
Jordán, Magreñán y Orcos (2019)	3	España	Cualitativa	Universidad	Matemática General	175	x		x	x	x
Karampa y Paraskeva (2018)	2	Grecia	Cualitativa	Educación Primaria	Matemática General				x	x	
Kennedy, Beaudrie, Ernst y Laurent (2015)	4	UK	Mixta	Universidad	Cálculo	173	x			x	
Khan y Watson (2018)	2	Australia	Mixta	Universidad	Estadística	2041	x		x	x	
Kirvan, Rakes y Zamora (2015)	3	USA	Cuantitativa	Educación Secundaria	Álgebra	54	x				
Krouss y Lesseig (2019)	2	USA	Mixta	Universidad	Álgebra	44	x				x

Autor(es) (año)	Número autores	Localización	Tipo de investigación	Etapas educativa	Materia	Tamaño de la muestra	PE 1	PE 2	PE 3	PE 4	PE 5
Kuiper, Carver, Posner y Everson (2015)	4	USA	Cualitativa	Universidad	Estadística		x		x	x	x
Kumar, Chang y Chang (2015)	3	Taiwán	Cuantitativa	Educación Secundaria	Matemática General	82	x	x			
Lai y Hwang (2016)	2	Taiwán	Cuantitativa	Educación Primaria	Matemática General	44	x		x		
Li, Zheng y Yang (2017)	3	China	Cuantitativa	Universidad	Matemática General	120	x				x
Lo, Lie y Hew (2018)	3	Hong Kong	Cuantitativa	Educación Secundaria	Matemática General	382	x				
Lopes y Soares (2017)	2	Portugal	Cualitativa	Universidad	Matemática General	47		x	x		
Lopes y Soares (2018)	2	Portugal	Mixta	Universidad	Matemática General	803	x		x		x
Loux, Varner y VanNatta (2016)	3	USA	Mixta	Universidad	Estadística	98		x			
Love, Hodge, Grandgenett y Swift (2014)	4	USA	Mixta	Universidad	Álgebra	55	x			x	
Maciejewski (2015)	1	Nueva Zelanda	Cuantitativa	Universidad	Cálculo	690	x				
Madrid, Armenta, Prieto, Fernández y Olivares (2018)	5	México	Cuantitativa	Educación Secundaria	Matemática General	101	x				
Manenova y Spilka (2014)	2	República Checa	Cuantitativa	Educación Primaria	Matemática General				x	x	
Mattis (2014)	1	USA	Cuantitativa	Universidad	Álgebra	48	x				
McLaughlin, Khanova, Persky, Hathaway y Cox (2017)	5	USA	Cuantitativa	Universidad	Matemática General	153	x	x			
Muir (2020)	1	Australia	Mixta	Educación Secundaria	Matemática General	27		x	x	x	x
Muir y Geiger (2015)	2	Australia	Cualitativa	Educación Secundaria	Matemática General	27			x		x
Murphy, Chang y Suaray (2015)	3	USA	Mixta	Universidad	Álgebra	77	x	x			
Ni, Kwok, Zhen, Xie, Long, Zheng y Li (2015)	7	China	Mixta	Educación Secundaria	Matemática General	54	x		x	x	x

Autor(es) (año)	Número autores	Localización	Tipo de investigación	Etapas educativa	Materia	Tamaño de la muestra	PE 1	PE 2	PE 3	PE 4	PE 5
Nihlawi, El-Baz y Gunn (2017)	3	Emiratos Árabes Unidos	Mixta	Universidad	Cálculo	179	x	x	x		x
Novak, Kensington-Miller y Evans (2016)	3	Nueva Zelanda	Cualitativa	Universidad	Cálculo	300				x	x
Ogden (2015)	1	USA	Cualitativa	Universidad	Álgebra	117		x	x		
Overmyer (2015)	1	USA	Cuantitativa	Universidad	Álgebra	175	x		x		
Pavanelo y Lima (2017)	2	Brasil	Mixta	Universidad	Cálculo		x				
Peters, Johnston, Bolles, Ogilvie, Knaub y Holme (2018)	6	USA	Cuantitativa	Universidad	Cálculo	359	x				x
Petrillo (2015)	1	USA	Mixta	Universidad	Cálculo	535	x				
Reyneke, Fletcher y Harding (2018)	3	Sudáfrica	Cuantitativa	Universidad	Estadística	4294	x				
Salas-Rueda y Lago-García (2019)	2	México	Cuantitativa	Universidad	Matemática General	88	x				
Scott, Green y Etheridge (2016)	3	USA	Mixta	Universidad	Cálculo	100	x				x
Shinaberger (2017)	1	USA	Mixta	Universidad	Estadística	1103	x				
Song y Kapur (2017)	2	Hong Kong	Mixta	Educación Secundaria	Álgebra	50	x		x		
Spilka y Popper (2014)	2	República Checa	Cuantitativa	Educación Primaria	Matemática General	54	x				
Steen-Utheim y Flodnes (2018)	2	Noruega	Cualitativa	Universidad	Matemática General	12		x	x		
Sun, Xie y Anderman (2017)	3	Dinamarca	Cuantitativa	Universidad	Cálculo	151			x	x	
Talbert (2014)	1	USA	Cualitativa	Universidad	Álgebra	53			x	x	
Talbert (2015)	1	USA	Mixta	Universidad	Matemática General	39	x	x	x		
Tawfik y Lilly (2015)	2	USA	Cualitativa	Universidad	Estadística	24		x		x	x
Toor y Mgombeo (2018)	2	Canadá	Cualitativa	Educación Primaria	Matemática General	3			x		x

Autor(es) (año)	Número autores	Localización	Tipo de investigación	Etapas educativa	Materia	Tamaño de la muestra	PE 1	PE 2	PE 3	PE 4	PE 5
Triantafyllou y Timcenko (2014)	2	Dinamarca	Mixta	Universidad	Estadística	106	x		x	x	x
Triantafyllou y Timcenko (2015a)	2	Dinamarca	Cualitativa	Universidad	Estadística	150	x				x
Triantafyllou y Timcenko (2015b)	2	Dinamarca	Cualitativa	Universidad	Matemática General	44	x				x
Turra, Carrasco, González, Sandoval y Yáñez (2019)	5	Chile	Cualitativa	Universidad	Cálculo	76					x
Wasserman, Quint, Norris y Carr (2015)	4	Taiwán	Mixta	Universidad	Cálculo	152	x			x	
Wei, Cheng, Chen, Yang, Liu, Dong, Zhai y Kinshuk (2020)	8	China	Cuantitativa	Educación Secundaria	Matemática General	88	x				
Weinhandl, Lavicza, Hohenwarter y Schallert (2020)	4	Austria	Cualitativa	Educación Secundaria	Matemática General	41		x		x	
Winquist y Carlson (2014)	2	USA	Cuantitativa	Universidad	Estadística	111	x				
Wright (2015)	1	USA	Cualitativa	Universidad	Álgebra				x	x	x
Yong, Levy y Lape (2015)	3	USA	Cuantitativa	Universidad	Álgebra		x				
Young (2015)	1	USA	Cualitativa	Universidad	Cálculo				x	x	
Zengin (2017)	1	Turquía	Mixta	Universidad	Matemática General	28	x				
Ziegelmeier y Topaz (2015)	2	USA	Mixta	Universidad	Cálculo	45	x		x	x	x