



EL IMPACTO DE UN CURSO DE PRECÁLCULO EN EL APRENDIZAJE DE LOS CONOCIMIENTOS PREVIOS REQUERIDOS EN CÁLCULO

THE IMPACT OF A PRECALCULUS COURSE ON THE LEARNING OF PREREQUISITE KNOWLEDGE FOR CALCULUS

Luis Rojas-Torres¹

 ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-9085-2703>

Kevin Gómez Guillén²

 ORCID iD: <https://orcid.org/0009-0002-5415-4729>

Karol Jiménez Alfaro³

 ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-7891-1862>

Diana Chacón Camacho⁴

 ORCID iD: <https://orcid.org/0009-0004-6956-2244>

RESUMEN

El dominio de los conocimientos previos esperados es un elemento necesario para el aprendizaje efectivo de un curso. El objetivo de este artículo es estudiar el impacto de un curso de precálculo en los conocimientos previos requeridos en el curso de cálculo. Para este objetivo se aplicó un pretest y un postest a 236 personas antes y después de la nivelación. Para el análisis de los datos se compararon porcentajes de suficiencia y medias mediante pruebas *t* para muestras pareadas. Los resultados mostraron que en las cinco áreas evaluadas hubo progresos significativos en el

1 Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. Correo electrónico: luismiguel.rojas@ucr.ac.cr

2 Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. Correo electrónico: kevin.gomezguillen@ucr.ac.cr

3 Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. Correo electrónico: karol.jimenez@ucr.ac.cr

4 Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. Correo electrónico: dianalucia.chacon@ucr.ac.cr



promedio y en los porcentajes de personas que alcanzaron el nivel del suficiente. El área que presentó las mejoras más bajas fue funciones trigonométricas, mientras que las mayores se presentaron en operaciones algebraicas, ecuaciones y conceptos básicos de funciones. Estos resultados señalan que la nivelación fue exitosa y muestran que es factible la implementación de nivelaciones, aunque todavía persisten áreas que requieren reforzamiento.

Palabras clave: Nivelación, cálculo, conocimientos previos, álgebra, funciones

ABSTRACT

Mastery of the expected prerequisite knowledge is a necessary element for effective learning in a course. The objective of this article is to study the impact of a precalculus course on the prerequisite knowledge required in a calculus course. For this purpose, a pretest and a posttest were administered to 236 participants before and after the remedial course. Data analysis included comparisons of proficiency percentages and mean scores using paired-samples t-tests. The results showed that in the five areas assessed there were significant improvements in the mean scores and in the percentages of participants who reached a satisfactory performance level. The area with the smallest improvements was trigonometric functions, while the areas with the greatest improvements were algebraic operations, equations, and basic concepts of functions. These results indicate that the remedial course was successful and show that the implementation of remedial courses is feasible, although some areas still require further reinforcement.

Keywords: Remedial course, calculus, prerequisite knowledge, algebra, functions.

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los principales problemas que enfrentan las personas docentes de matemática durante las clases es la ausencia de la base de conocimientos requeridos para el desarrollo del curso (Gamboa et al., 2019). Esta situación obliga a las personas docentes a diseñar estrategias para nivelar al estudiantado, lo cual, muchas veces, resta tiempo de las lecciones previstas para el desarrollo de los objetivos del curso.

En los cursos de cálculo diferencial se requiere que el estudiantado posea un dominio de los conceptos de álgebra y funciones para poder desarrollar las nociones de límites y derivación. No obstante, la realidad es que muchas veces, la población no presenta las bases requeridas. En particular, en Costa Rica se ha observado que las personas admitidas a universidades públicas dominan incluso menos de la mitad del temario de álgebra y funciones de secundaria (Rojas et al., 2025).

Ahora bien, el aprendizaje universitario de las matemáticas, y particularmente del cálculo diferencial e integral, se caracteriza por ser acumulativo y jerárquico: los nuevos conceptos se construyen sobre estructuras conceptuales que han sido previamente desarrolladas. Desde la perspectiva cognitivista, el aprendizaje significativo ocurre cuando la nueva información se integra en esquemas de conocimiento existentes, por lo que la calidad y organización del conocimiento previo determinan directamente la comprensión posterior (Rach & Ufer, 2020; Bedada & Machaba, 2022). En esta línea, el conocimiento matemático previo no solo actúa como un requisito de entrada, sino como el principal predictor del éxito académico en los primeros cursos universitarios de matemáticas.

Diferentes estudios han mostrado que la falta de dominio en contenidos principalmente de álgebra y trigonometría constituye una de las principales causas del fracaso en cálculo. Watson et al. (2023) señalan que las deficiencias en habilidades y conocimientos previos afectan negativamente la capacidad de resolver problemas incluso cuando el estudiante comprende los nuevos conceptos teóricos. De forma similar, Mahadewsing et al. (2024) evidencian que muchos errores en exámenes de cálculo se originan en conocimientos previos deficientes, por ejemplo, cuando dichos conocimientos son necesarios al inicio de la resolución, el estudiante puede verse imposibilitado para desarrollar el problema. También, McKinney & Dibbs (2021) señalan que la fluidez algebraica es necesaria para las clases universitarias, y gran parte del fracaso en cálculo puede atribuirse a la falta de conceptos y habilidades de precálculo, incluso mencionan que estudiantes que se retiran de los cursos de cálculo, a menudo muestran analfabetismo algebraico.

El papel estructural de estos conocimientos también ha sido documentado desde la teoría de la carga cognitiva. Un conocimiento previo suficiente permite agrupar información en unidades significativas, liberando recursos de memoria de trabajo para el razonamiento matemático de mayor nivel; por el contrario, la carencia de bases provoca sobrecarga cognitiva y aprendizaje superficial (Alreshidi, 2023). En consecuencia, estudiantes con mayor dominio inicial no solo aprenden mejor, sino que también experimentan menos dificultades al enfrentarse a tareas matemáticas complejas, lo que favorece percepciones de autoeficacia más positivas y reduce la frustración asociada al aprendizaje. Esto contribuye a una mayor persistencia académica y a actitudes más favorables hacia la matemática.

En el contexto específico de cálculo, múltiples estudios coinciden en que la preparación previa es un predictor más importante del desempeño que la exposición previa al propio cálculo. Schraeder et al. (2019) encontraron que haber cursado cálculo anteriormente no garantiza el éxito universitario, mientras que Carnell et al. (2018) reportaron que los estudiantes sin bases sólidas requieren ritmos de enseñanza distintos y mayor revisión de álgebra. De hecho, las entrevistas analizadas por Schraeder et al. (2019) muestran que los estudiantes perciben el álgebra y la trigonometría como los verdaderos prerrequisitos para comprender el curso.

Finalmente, el conocimiento previo también cumple un rol estructurante en la construcción de nuevas conexiones matemáticas. Pambudi (2022) demuestra que estudiantes con mayor dominio inicial establecen más relaciones conceptuales al resolver problemas de cálculo, mientras que Radmehr y Drake (2020) señalan que la existencia de conocimientos previos organizados facilita la integración de contenidos avanzados al permitir vincular nuevas ideas con estructuras conceptuales ya consolidadas. Así, el aprendizaje matemático puede entenderse como un proceso de reconstrucción progresiva del conocimiento, donde cada nuevo concepto depende de la red conceptual previamente consolidada.

1.1. El impacto de las nivelaciones en matemática

Dada la importancia que tienen los conocimientos previos, muchos programas educativos han implementado la política educativa de ofrecer talleres de nivelación de

los contenidos requeridos para sus asignaturas. Estos cursos de nivelación matemática surgen como respuesta de las diferentes instituciones educativas a la heterogeneidad en la preparación académica del estudiantado que ingresa a la educación superior. Estos cursos son concebidos como prerrequisitos destinados a desarrollar las habilidades necesarias para cursar asignaturas universitarias formales. Sin embargo, la investigación internacional ha mostrado que su efectividad depende fuertemente de su diseño pedagógico y de la población a la que están dirigidos.

Díaz et al. (2019) desarrollaron un curso de álgebra básica en línea para un subgrupo de estudiantes de una asignatura de matemáticas de ingeniería. Las personas que llevaron el curso nivelatorio presentaron una mejor nota que el grupo control en un examen de una asignatura de ingeniería sobre diferenciación. Por su parte, Alcotzi et al. (2024) también diseñaron un curso virtual de álgebra para personas estudiantes de ingeniería. Se obtuvo que luego de las clases, el promedio en un posttest de matemática mejoró con respecto a la nota obtenida en un pretest.

Un ensayo controlado aleatorizado desarrollado por Logue et al. (2016) comparó el modelo remedial tradicional con un enfoque alternativo en el que los estudiantes se matriculan directamente en un curso universitario de estadística acompañado de apoyo adicional. Los resultados mostraron que el grupo con enfoque alternativo obtuvo tasas de aprobación 16 puntos porcentuales superiores y acumuló más créditos académicos. En un seguimiento a tres años, Logue et al. (2019) confirmaron que este modelo no solo mejora la aprobación inicial, sino que también incrementa las tasas de graduación (8.1 puntos porcentuales más) y acelera el cumplimiento de los requisitos cuantitativos. Esto indica que las nivelaciones acompañadas de apoyo presentan mejores resultados.

Los estudios sobre modelos alternativos que integran apoyo académico simultáneo al curso universitario muestran que estos enfoques aumentan la inscripción y aprobación en matemáticas durante el primer año (Meiselman & Schudde, 2022; Mokher et al., 2021), aunque sus efectos a largo plazo sobre persistencia universitaria son menos consistentes. Asimismo, el diseño específico del programa influye en su efectividad, con aspectos como el uso del mismo docente para el curso principal y el de apoyo, la integración curricular y la heterogeneidad de habilidades (Ryu et al., 2022). Así, estudios sobre programas estructurados de aceleración, como Statway, muestran que integrar contenidos universitarios con apoyo específico y estrategias pedagógicas basadas en evidencia aumenta significativamente la obtención de créditos en matemática y favorece resultados más equitativos (Yamada & Bryk, 2016).

Por otro lado, la literatura indica que los efectos de la nivelación no son homogéneos. Boatman y Long (2018) encontraron que el impacto depende del nivel de preparación inicial, es decir, estudiantes con desempeño cercano al punto de corte pueden experimentar efectos negativos al ser asignados a cursos remediales, ya que estos requieren nivelaciones menos exhaustivas. Este resultado cuestiona la aplicación uniforme de políticas de nivelación y resalta la necesidad de diagnósticos más precisos y decisiones diferenciadas.

1.2. Contextualización del problema

En la Universidad de Costa Rica se implementó el curso de precálculo con el fin de repasar y profundizar en los temas de álgebra y funciones requeridos para los cursos de cálculo diferencial e integral. Este curso no es una nivelación directamente de secundaria, pero sí lo es de forma indirecta, ya que dentro de su metodología se considera repases constantes de los temas de álgebra y funciones que se requieren para los temas consignados.

El curso de precálculo es obligatorio para varias de las carreras que llevan cursos de cálculo diferencial, pero para otras carreras no lo es, por lo cual un grupo de estudiantes puede llevar cálculo sin la nivelación requerida. El curso se organiza en los ejes temáticos de Funciones, Geometría Analítica, Funciones Trigonométricas y Geometría del Espacio. Su metodología es principalmente presencial, pero también hace uso de entornos de aprendizaje en línea, dentro de los cuales destaca la evaluación de cinco cursos cortos en línea masivos y abiertos (MOOCs) que cubren áreas críticas como álgebra, principios de funciones y trigonometría.

El presente artículo tuvo como objetivo estudiar el impacto del curso de nivelación de Precálculo en los conocimientos previos requeridos para el curso de Cálculo. Para ello, se analizó la distribución del dominio de dichos conocimientos mediante un pretest aplicado antes de la nivelación y se comparó con la distribución observada en un postest aplicado al finalizar el curso.

2. METODOLOGÍA

La investigación desarrollada fue de carácter cuantitativo con un diseño preexperimental, de tipo test-retest, dirigido a observar el cambio en las puntuaciones de los conocimientos previos requeridos en Cálculo, luego de tomar el curso de precálculo.

2.1. Participantes

La población del estudio estuvo conformada por 236 estudiantes que aprobaron el curso de Precálculo y que realizaron tanto el pretest como el postest de conocimientos previos de cálculo. El pretest fue aplicado antes de iniciar el curso, mientras que el postest se aplicó una vez finalizada la nivelación. Se excluyeron del estudio a las personas que realizaron el postest en menos de 10 minutos, dado que la prueba requiere más de ese tiempo para poder ser analizada.

2.2. Instrumento

El pretest fue un subconjunto de 20 preguntas del examen de diagnóstico de matemática de la Universidad de Costa Rica (DiMa, Rojas-Torres y Jiménez, 2025), el cual fue aplicado en su totalidad. Este examen contiene preguntas de álgebra y funciones de secundaria, junto con otros temas avanzados de matemática que no son conocimientos de secundaria. Debido al objetivo del estudio, para la nota del pretest solo se consideraron las 20 preguntas de temas de secundaria.

El postest fue una prueba con únicamente las 20 preguntas consideradas para el pretest. Las medidas consideradas utilizaron 4 preguntas de cada una de las siguientes áreas: operaciones algebraicas, transformaciones algebraicas, ecuaciones, conceptos básicos de funciones y funciones trigonométricas. Las preguntas fueron de selección única y utilizaron 5 opciones de respuesta. Si bien el uso de los mismos ítems podría introducir un efecto de familiaridad, el postest se aplicó al finalizar el curso, es decir, con más de 5 meses de diferencia para reducir el efecto de recuerdo inmediato de las preguntas.

2.3. Procedimiento

El examen de diagnóstico de matemática se aplicó antes de ingresar a la nivelación, por medio de una convocatoria oficial de la Universidad de Costa Rica, ya que esta prueba es parte del proceso de matrícula del estudiantado a los cursos de precálculo. Si un estudiante aprueba esta evaluación se exime de dicho curso. El examen se aplicó en formato virtual, no presencial. Posteriormente, en la última semana del curso de precálculo, se realizó el postest en formato virtual en una sesión presencial de clases.

2.3. Análisis de datos

El primer análisis consistió en comparar los porcentajes de las personas que presentaron una nota suficiente en cada área temática (operaciones algebraicas, transformaciones algebraicas, ecuaciones, funciones y funciones trigonométricas), según aplicación de la prueba. Para ello, se estableció que una persona tenía una nota suficiente en un área temática si poseía entre 3 o 4 respuestas correctas de las 4 preguntas consideradas.

El segundo análisis consistió en comparar los promedios obtenidos en el pretest y el postest mediante la aplicación de una prueba t para muestras pareadas, tanto en la nota global de la prueba como en las notas por áreas. Esta prueba permitió determinar si las diferencias observadas entre ambos momentos eran estadísticamente significativas, considerando que las mediciones provenían de las mismas personas. Así, se evaluó si el cambio en el desempeño promedio podría atribuirse al efecto de la nivelación y no únicamente a variaciones aleatorias.

Algo importante a considerar, son las limitaciones metodológicas del estudio, entre las que se encuentra la ausencia de un grupo control, lo cual limita la atribución causal de los cambios observados exclusivamente al curso de nivelación. Asimismo, el carácter voluntario de parte de la evaluación y la aplicación virtual del pretest podrían introducir sesgos asociados a la motivación del estudiantado y a las condiciones de realización de la prueba.

3. RESULTADOS

En las siguientes secciones se presentan los resultados encontrados luego de realizar el análisis de datos de comparación de las puntuaciones del pretest con el postest.

3.1. Cambio en la distribución según niveles de dominio en cada área temática

En la Tabla 1 se puede observar que la población que aprobó precálculo inició el curso con porcentajes bajos de personas con el nivel suficiente en los distintos temas (inferiores al 20%). De hecho, en transformaciones algebraicas, funciones y funciones trigonométricas los porcentajes no alcanzan el 10%.

Tabla 1. Porcentajes de personas con nota suficiente, según área y test.

Examen/Nivel	AL	TA	EC	FN	FT
Pretest	18.22%	7.20%	15.25%	9.32%	5.51%
Posttest	50.85%	40.25%	56.36%	49.15%	27.12%
Diferencia	32.63%	33.05%	41.10%	39.83%	21.61%

Nota: N=236; AL=operaciones algebraicas, TA=transformaciones algebraicas, EC=ecuaciones, FN=funciones y FT=funciones trigonométricas

En los porcentajes señalados se puede apreciar que el porcentaje de personas con nivel suficiente aumentó en más del 30% en todas las áreas, luego de la aprobación del curso de precálculo, con excepción de funciones trigonométricas donde el porcentaje incrementó en un 21.61%. Con este aumento tres áreas alcanzaron alrededor de un 50% de personas con un nivel suficiente, las cuales fueron operaciones algebraicas, ecuaciones y funciones. Transformaciones algebraicas alcanzó un 40.25% y funciones trigonométricas solo un 27.12%.

3.2. Cambio en el promedio de las secciones y la prueba

Las medias obtenidas en las notas totales del pretest y del posttest, en una escala de 0 a 20 puntos, fueron 5.16 y 11.56, respectivamente. Luego de verificar la normalidad de las diferencias entre el posttest y el pretest se estimó la prueba t de diferencias de muestras pareadas. El estadístico de la prueba fue $t(386)=-24.49$, $p<.001$, con lo cual se concluyó que las medias fueron significativamente diferentes.

En todas las áreas se obtuvo el mismo comportamiento, es decir, que las medias aumentaron significativamente, los valores de estos promedios se pueden observar en la tabla 2. Los aumentos fueron de aproximadamente 1.2 unidades en operaciones algebraicas, transformaciones algebraicas y funciones trigonométricas; mientras que el aumento en ecuaciones y funciones fue de aproximadamente 1.4 unidades. Estos cambios llevaron las notas promedio a valores superiores al punto medio (2 de 4) en todas las áreas, con excepción de funciones trigonométricas que fue la que tuvo el promedio más bajo inicialmente.

Tabla 2. Promedio de las notas de cada componente de la prueba, según test.

Examen	AL	TA	EC	FN	FT	Total
Pretest	1.449	1.000	1.119	0.936	0.657	5.161
Posttest	2.602	2.216	2.547	2.314	1.881	11.559
Diferencia	1.153	1.216	1.428	1.377	1.225	6.398
Valor p	<.01	<.01	<.01	<.01	<.01	<.01

Nota: N=236; AL=operaciones algebraicas, TA=transformaciones algebraicas, EC=ecuaciones, FN=funciones y FT=funciones trigonométricas. El valor p representa el valor asociado a la prueba t de diferencias de muestras pareadas.

4. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este estudio muestran que las áreas de álgebra básica, funciones y ecuaciones son las secciones en las que se obtuvieron las mejoras más significativas. La comprensión de las reglas algebraicas básicas facilitará la computación de los métodos algebraicos implicados en el cálculo diferencial, como las simplificaciones requeridas en algunos límites o la aplicación de reglas de diferenciación. Por otro lado, el dominio de los conceptos de funciones brinda una base para la comprensión de los conceptos del cálculo, los cuales representan propiedades de las funciones.

Las mejoras observadas en álgebra sugieren una posible reducción de la carga cognitiva asociada a los procesos algebraicos requeridos en cálculo diferencial. Por ejemplo, un mayor dominio de racionalización o factorización puede facilitar que el estudiantado concentre más recursos cognitivos en la comprensión de conceptos abstractos como el de límite, en lugar de centrarse únicamente en la aritmética del procedimiento. Desde este punto, el fortalecimiento de las bases algebraicas constituye un apoyo importante para el aprendizaje de nuevas ideas matemáticas. Visto así, esta nivelación en álgebra actuará como un facilitador de la capacidad de resolución en conceptos nuevos.

En las transformaciones algebraicas menos personas alcanzaron el nivel de suficiente que las áreas mencionadas previamente. Esta área es de mucha importancia, debido a que las racionalizaciones y las factorizaciones son la base de varios métodos de cálculo de límites; por tanto, se debe redoblar el esfuerzo en Precálculo para aumentar la cantidad de personas que llegan al nivel suficiente. No obstante, la mejora un poco menor que en las otras áreas era esperable debido a que estos temas van más allá de la aplicación de reglas, demandan la identificación de patrones en los cuales las reglas son útiles.

El área donde se obtuvo el nivel de mejora más bajo fue trigonometría. Esta área es fundamental para muchos cursos de matemática avanzada como cálculo en varias variables o ecuaciones diferenciales. Debido a esto, resulta pertinente que la cátedra de

Precálculo valore la implementación de ajustes en la metodología del curso que favorezcan un mayor dominio de estos temas por parte del estudiantado. Una sugerencia para mejorar este resultado es cambiar la ubicación del contenido de funciones trigonométricas en el cronograma del curso: pasar de las últimas semanas a las semanas intermedias. La hipótesis que se maneja es que el estudiantado que lleva notas altas en los exámenes iniciales del curso puede bajar el compromiso en las últimas evaluaciones. Si se implementa este cambio, en futuros estudios se debe evaluar si este cambio de la metodología repercutió en cambios en las notas de este tema.

De manera global, se observó una mejora grande y significativa en la puntuación total del postest, la cual llevó el promedio de una nota baja (5.16) a una nota media (11.56). Esto muestra que la nivelación brindada por Precálculo es efectiva, pero todavía no alcanza el nivel deseado de al menos un nivel medio-alto, de aproximadamente 14 puntos de 20 (70%). Ahora bien, hay que considerar que estas notas podrían estar subestimadas por el carácter voluntario de la evaluación; es posible que en un ambiente sumativo estas notas sean mucho más altas que las observadas y la nivelación sea más exitosa que lo observado.

En futuros estudios se debe analizar si los y las estudiantes que aprobaron el curso de precálculo presentan mejores notas en el curso de cálculo que aquellas personas que no lo llevan. Se espera que al igual que en Díaz et al. (2019) y Alcotzi et al. (2024), las personas que llevan la nivelación presentan mejores resultados en cálculo diferencial, lo cual se justifica en el manejo de la base conceptual requerida para el curso (Alreshidi, 2023).

Las nivelaciones asociadas a los conocimientos previos pueden representar una alta inversión de recursos, pero ignorar su necesidad puede ser aún más costoso. Las personas que llevan cursos para los cuales no están preparados pueden experimentar niveles de frustración más altos y su probabilidad de aprobación tiende a ser mucho más baja, ya que la ausencia de los conocimientos previos es un obstáculo ineludible para el aprendizaje. En particular, las personas que aprobaron el curso de precálculo cuentan con un panorama más favorable para el aprendizaje del cálculo que el que tenían antes de llevar el curso, dado que ahora cuentan con una mejor base de conocimientos.

No obstante, los resultados deben analizarse considerando algunas limitaciones del estudio. En primer lugar, la ausencia de un grupo control impide asegurar que las mejoras observadas se deban únicamente al curso de Precálculo. Además, el estudio se realizó únicamente con estudiantes que aprobaron el curso, por lo que los resultados no necesariamente representan a toda la población matriculada. Asimismo, el formato virtual del pretest y el carácter voluntario de parte de la evaluación pudieron influir en el desempeño observado.

Por otra parte, las dificultades observadas en funciones trigonométricas y transformaciones algebraicas muestran que muchos estudiantes aún presentan debilidades en temas que requieren mayor comprensión conceptual y reconocimiento de patrones algebraicos. Esto evidencia la necesidad de fortalecer las estrategias metodológicas utilizadas en estas áreas.

DECLARACIONES DE CONTRIBUCIONES DE LAS PERSONAS AUTORAS

Todos los autores participaron activamente en las distintas etapas de la construcción del artículo.

DECLARACIÓN DE DISPONIBILIDAD DE DATOS

Los datos que respaldan los resultados de este estudio estarán disponibles por la persona autora principal del artículo previa solicitud razonable.

AGRADECIMIENTOS

La investigación fue apoyada por el departamento de Matemática Aplicada de la Universidad de Costa Rica, con el fin de evaluar la eficacia del curso de Precálculo.

5. REFERENCIAS

- Acoltzi, E., Hernández, J. L., Ameneiro, H. M., & Gómez, J. (2024). Curso virtual de nivelación de álgebra elemental con aprendizaje activo para estudiantes de ingeniería. *ANFEI Digital – Revista Científica del Instituto Tecnológico de Apizaco*. 10.63136/read162024958pp271
- Alreshidi, N. A. K. (2023). Enhancing topic-specific prior knowledge of students impacts their outcomes in mathematics. *Frontiers in Education*, 8. <https://doi.org/10.3389/educ.2023.1050468>
- Bedada, T. B., & Machaba, M. F. (2022). Investigation of students' perception learning calculus with GeoGebra and cycle model. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 18(10), em2164. <https://doi.org/10.29333/ejmste/12443>
- Boatman, A., & Long, B. T. (2018). Does remediation work for all students? How the effects of postsecondary remedial and developmental courses vary by level of academic preparation. *Educational Evaluation and Policy Analysis*, 40(1), 29-58. <https://doi.org/10.3102/0162373717715708>
- Carnell, L., Graham-Squire, A., O'Hara, K., y Piechnik, L. (2018). Environmental Impacts: How comparative prior knowledge affects students' calculus experience. *Problems, Resources, and Issues in Mathematics Undergraduate Studies (PRIMUS)*, 28(10), 920-935. <https://doi.org/10.1080/10511970.2018.1472682>
- Díaz, J. J., Luna, M., & Salinas-Padilla, H. (2019). Curso de nivelación algebraica para incrementar el rendimiento académico en estudiantes de ingeniería en un ambiente

- virtual de aprendizaje. *RIDE. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 9(18), 456-489. <https://doi.org/10.23913/ride.v9i18.432>
- Gamboa Araya, R., Castillo Sánchez, M., & Hidalgo Mora, R. (2019). Errores matemáticos de estudiantes que ingresan a la universidad. *Actualidades Investigativas en Educación*, 19(1), 1–31. <https://doi.org/10.15517/aie.v19i1.35278>
- Logue, A. W., Douglas, D., & Watanabe-Rose, M. (2019). Corequisite mathematics remediation: Results over time and in different contexts. *Educational Evaluation & Policy Analysis*, 41(3), 294-315. <https://doi.org/10.3102/0162373719848777>
- Logue, A. W., Watanabe-Rose, M., & Douglas, D. (2016). Should students assessed as needing remedial mathematics take college-level quantitative courses instead? A randomized controlled trial. *Educational Evaluation and Policy Analysis*, 38(3), 578-598. <https://doi.org/10.3102/0162373716649056>
- Mahadewsing, R., Getrouw, D., & Calor, S. (2024). Prior knowledge of a calculus course: The impact of prior knowledge on students' errors. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 19(3), em0786. <https://doi.org/10.29333/iejme/14765>
- McKinney, T., & Dibbs, R. (2021). Performance in Calculus II for students in CLEAR Calculus: A causal comparative study. *Pursue: Undergraduate Research Journal*, 4(1), article 3. https://digitalcommons.pvamu.edu/pursue/vol4/iss1/3?utm_source=digitalcommons.pvamu.edu%2Fpursue%2Fvol4%2Fiss1%2F3&utm_medium=PDF&utm_campaign=PDFCoverPages
- Meiselman, A. Y., & Schudde, L. (2022). The impact of corequisite math on community college student outcomes: Evidence from Texas. *Education Finance and Policy*, 17(4), 719-744. https://doi.org/10.1162/edfp_a_00365
- Mokher, C. G., Park-Gaghan, T. J., & Hu, S. (2021). Does the method of acceleration matter? Exploring the likelihood of college coursetaking success across four developmental education instructional strategies. *Teachers College Record*, 123(9), 3-27. <https://doi.org/10.1177/01614681211052000>
- Pambudi, D. S. (2022). Exploration of Prospective Mathematics Teachers' Mathematical Connections When Solving Integral Calculus Problems Based on Prior Knowledge. *European Journal of Mathematics and Science Education*, 3(2), 105-116. <https://doi.org/10.12973/ejmse.3.2.105>
- Rach, S., & Ufer, S. (2020). Which Prior Mathematical Knowledge Is Necessary for Studying Mathematics at University? *International Journal of Research in Undergraduate Mathematics Education*, 6(3), 375-403. <https://doi.org/10.1007/s40753-020-00112-x>
- Radmehr, F., & Drake, M. (2020). Exploring Students' Metacognitive Knowledge: The Case of Integral Calculus. *Education Sciences (MDPI)*, 10(3), 55. <https://doi.org/10.3390/educsci10030055>

- Rojas-Torres, L. & Jiménez-Alfaro, K. (2025). Construcción e implementación de una prueba diagnóstica para cursos de cálculo. *Revista Electrónica Calidad En La Educación Superior*, 16(1), 376–405. <https://doi.org/10.22458/caes.v16i1.5628>
- Rojas-Torres, L., Jiménez-Alfaro, K. y Solano, B. (2025). Problemas de formación en matemáticas se reflejan en estudiantes que ingresan a la universidad. En Programa Estado de la Nación (Ed), Estado de la Educación.
- Ryu, W., Schudde, L., & Pack, K. (2022). Constructing Corequisites: How community colleges structure corequisite math coursework and the implications for student success. *AERA Open*, 8(1), 1-13. <https://doi.org/10.1177/23328584221086664>
- Schraeder, M. R., Pyzdrowski, L. J., & Miller, D. A. (2019). The impact of prior exposure to calculus. *American Journal of Educational Research*, 7(3), 237-243. <https://pubs.sciepub.com/education/7/3/8/index.html>
- Watson, C., Duran, P., Castillo, A., Fuller, E., Potvin, G., & Kramer, L. (2023). The supportive role of active learning in a calculus course on low precalculus proficiency students. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 56(4), 561–582. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2023.2255189>
- Yamada, H., & Bryk, A. S. (2016). Assessing the first two years' effectiveness of Statway®: A multilevel model with propensity score matching. *Community College Review*, 44(3), 179-204. <https://doi.org/10.1177/0091552116643162>