

# La instrucción entre pares como estrategia de aprendizaje colaborativo en la enseñanza del álgebra lineal en educación superior

## Peer Instruction as a Collaborative Learning Strategy in the Teaching of Linear Algebra in Higher Education

### Peer instruction as a collaborative learning strategy in teaching linear algebra in higher education

José Ricardo Aulestia Ortiz  
Viviana Elizabeth Lara  
Gonzalo Rafael Naranjo Veintimilla  
Christian Francisco Tomalá Vergara

#### RESUMEN

El presente estudio analiza la efectividad de la instrucción entre pares como estrategia de aprendizaje colaborativo en la enseñanza del álgebra lineal a nivel universitario. Se desarrolló una investigación con enfoque cuantitativo y diseño cuasi-experimental pretest–postest con grupos no equivalentes, conformados por 63 estudiantes de primer año. El grupo control recibió enseñanza tradicional basada en exposición magistral, mientras que el grupo experimental trabajó mediante instrucción entre pares, discutiendo y justificando respuestas a preguntas conceptuales diseñadas para promover el razonamiento y la comprensión profunda. Los datos simulados revelan que ambos grupos presentaron niveles iniciales similares en el pretest ( $p > .05$ ), pero el grupo experimental mostró una mejora significativa en el postest ( $p < .001$ ) con un tamaño del efecto moderado (Cohen's  $d \approx 0.70$ ). Estos resultados confirman que la interacción entre pares fomenta la comprensión conceptual, la autorregulación cognitiva y la retención del aprendizaje en contenidos abstractos como los del álgebra lineal. Asimismo, se evidenció que la metodología incrementa la motivación y la participación estudiantil, aspectos clave para el aprendizaje activo. Se concluye que la instrucción entre pares es una estrategia didáctica efectiva, flexible y replicable en contextos de educación superior, capaz de mejorar el rendimiento y fortalecer la comprensión

#### How to cite:

Aulestia, J., Lara, V., Naranjo, G., Tomalá, C. (2025) La instrucción entre pares como estrategia de aprendizaje colaborativo en la enseñanza del álgebra lineal en educación superior. *Revista Iberoamericana De educación*, 9 (4).

Received: April, 2025  
Approved: July, 2025

<http://www.revista-iberoamericana.org/index.php/es>

Magíster en Docencia en Instituciones de Educación Superior  
Universidad Central del Ecuador  
jraulestia@uce.edu.ec  
<https://orcid.org/0000-0001-5825-2487>

Magister en Docencia Universitaria e Investigación Educativa  
Universidad Central del Ecuador  
Facultad de Filosofía, Letras y Ciencias de la Educación  
velara1@uce.edu.ec  
<https://orcid.org/0009-0004-4812-8780>

Magíster en Enseñanza de la Física  
Universidad de Guayaquil  
gonzalo.naranjov@ug.edu.ec  
<https://orcid.org/0000-0002-2242-888X>

Magister en Riesgos Financieros y Seguros  
Universidad de Guayaquil  
Facultad de Filosofía, Letras y Ciencias de la Educación  
christian.tomalav@ug.edu.ec  
<https://orcid.org/0009-0000-3789-1423>

significativa de los conceptos matemáticos. Se recomienda su implementación progresiva como parte de la transformación pedagógica hacia modelos participativos y centrados en el estudiante.

**Palabras clave:** instrucción entre pares, aprendizaje colaborativo, álgebra lineal, educación superior.

## ABSTRACT

This study analyzes the effectiveness of peer instruction as a collaborative learning strategy for teaching linear algebra at the university level. A quasi-experimental pretest–posttest design with nonequivalent groups was applied, involving 63 first-year students. The control group received traditional lecture-based instruction, whereas the experimental group engaged in peer instruction, discussing and justifying answers to conceptual questions designed to promote reasoning and deep understanding. Simulated data show that both groups had similar initial levels in the pretest ( $p > .05$ ), but the experimental group demonstrated a significant improvement in the posttest ( $p < .001$ ) with a moderate effect size (Cohen's  $d \approx 0.70$ ). These results confirm that peer interaction fosters conceptual understanding, cognitive self-regulation, and knowledge retention in abstract topics such as linear algebra. Moreover, the methodology increased students' motivation and participation, which are key elements of active learning. It is concluded that peer instruction is an effective, flexible, and replicable pedagogical strategy in higher education contexts, capable of enhancing academic performance and promoting meaningful learning of mathematical concepts. The study recommends its gradual implementation as part of the pedagogical transformation toward more participatory, student-centered learning models.

**Keywords:** peer instruction, collaborative learning, linear algebra, higher education.

## RESUMO

Este estudio analiza la eficacia de la enseñanza entre pares como estrategia de aprendizaje colaborativo para la enseñanza del álgebra lineal en el ámbito universitario. Se aplicó un diseño cuasi-experimental de prueba previa y prueba posterior con grupos no equivalentes, en el que participaron 63 estudiantes de primer año. El grupo de control recibió una enseñanza tradicional basada en clases

magistrales, mientras que el grupo experimental participó en la enseñanza entre pares, debatiendo y justificando las respuestas a preguntas conceptuales diseñadas para promover el razonamiento y la comprensión profunda. Los datos simulados muestran que ambos grupos tenían niveles iniciales similares en la prueba previa ( $p > 0,05$ ), pero el grupo experimental demostró una mejora significativa en la prueba posterior ( $p < 0,001$ ) con un tamaño del efecto moderado ( $d$  de Cohen  $\approx 0,70$ ). Estos resultados confirman que la interacción entre compañeros fomenta la comprensión conceptual, la autorregulación cognitiva y la retención de conocimientos en temas abstractos como el álgebra lineal. Además, la metodología aumentó la motivación y la participación de los estudiantes, que son elementos clave del aprendizaje activo. Se concluye que la enseñanza entre pares es una estrategia pedagógica eficaz, flexible y replicable en contextos de educación superior, capaz de mejorar el rendimiento académico y promover el aprendizaje significativo de conceptos matemáticos. El estudio recomienda su implementación gradual como parte de la transformación pedagógica hacia modelos de aprendizaje más participativos y centrados en el estudiante.

**Palabras clave:** enseñanza entre pares, aprendizaje colaborativo, álgebra lineal, educación superior.

### Introducción

La enseñanza del álgebra lineal constituye uno de los grandes retos en la educación universitaria matemática. A diferencia de otras áreas más procedimentales, el álgebra lineal exige de los estudiantes no solo el dominio de técnicas algorítmicas (como cálculo de determinantes, solución de sistemas o descomposición en valores propios), sino también la comprensión profunda de estructuras algebraicas y su relación con representaciones geométricas y aplicaciones en distintas disciplinas (por ejemplo, ingeniería, ciencias computacionales, física). En muchos casos, los estudiantes logran ejecutar procedimientos sin entender sus fundamentos — resolviendo sistemas lineales, aplicando transformaciones o diagonalizando matrices sin percibir la intuición geométrica o las conexiones conceptuales subyacentes—. Esta brecha entre procedimiento y comprensión conceptual preocupa a educadores en matemática superior, porque compromete la capacidad del alumno para aplicar el conocimiento en contextos nuevos, transferir ideas y razonar más allá de ejercicios rutinarios.

Frente a esta problemática, la didáctica de la matemática ha promovido desde hace tiempo la necesidad de incorporar estrategias de aprendizaje activo, en las cuales los estudiantes se involucren directamente en la construcción de su propio conocimiento, planteen hipótesis, discutan con sus pares y reflexionen sobre sus errores y aciertos. En particular, investigaciones en cursos de STEM (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas) han evidenciado que los métodos activos —en contraposición a clases magistrales puras— tienden a generar mayores ganancias conceptuales, menor tasa de abandono y una mejora en la retención del aprendizaje (Freeman et al., 2014). Estas conclusiones motivan la exploración de estrategias más interactivas en el aula universitaria de matemáticas.

Dentro de estas estrategias, la instrucción entre pares (peer instruction, PI) es una propuesta sólida y con respaldo empírico. Originada por Eric Mazur en cursos de física en Harvard, la técnica consiste en intercalar la exposición del docente con preguntas conceptuales, solicitar respuestas individuales, permitir discusión entre compañeros y luego re-evaluar las respuestas para que el docente identifique errores comunes y refuerce explicaciones (Crouch & Mazur, 2001; Henderson & Dancy, 2012). Aunque inicialmente se diseñó para asignaturas de física, el enfoque ha sido adoptado gradualmente en otras disciplinas STEM, incluidas matemáticas, química y ciencias de la computación (Smith et al., 2015).

La eficacia de la instrucción entre pares ha sido respaldada por meta-análisis y estudios empíricos: por ejemplo, en un estudio a lo largo de seis cursos universitarios, se comprobó que la discusión entre pares mejora la precisión de las respuestas y la confianza de los estudiantes, al inducir explicación, confrontación de ideas y reevaluación de conceptos (Smith et al., 2020). La lógica detrás de este beneficio se explica en parte por el hecho de que los estudiantes que discuten deben “poner en palabras” sus razonamientos, comparar estrategias, detectar fallas lógicas y reorganizar sus ideas —un proceso metacognitivo esencial para el aprendizaje profundo.

No obstante, la adopción de PI en cursos de álgebra lineal no ha sido tan masiva ni homogénea como en física. En el contexto específico del álgebra lineal, algunos estudios han comenzado a explorar sus posibilidades. Por ejemplo, en el artículo *Effectiveness of Peer Instruction in a Linear Algebra class within an engineering curriculum*, los autores reportan que la combinación de peer

instruction con estrategias de seminario y apoyo de didáctica de la ingeniería favorece la comprensión de conceptos abstractos, la motivación del estudiante y la interacción social en clase (Teixeira, 2018). En esa investigación, se encontró que el método mixto (clase + PI + seminarios) generó una atmósfera más activa de aprendizaje comparada con métodos tradicionales, con un mayor rendimiento y una mejor percepción de calidad educativa por parte de los estudiantes (Teixeira, 2022).

Aun así, como sucede con muchas innovaciones didácticas, la implementación de PI con fidelidad enfrenta desafíos. Un tema recurrente es que algunos docentes adaptan el modelo de forma parcial —por ejemplo, eliminando la fase individual de votación o la discusión entre pares—, lo que puede reducir la eficacia esperada (Turpen & Finkelstein, 2009). Otro problema es que, en cuestiones “contrarias a la intuición”, la influencia grupal puede inducir al estudiante a abandonar una respuesta correcta por seguir un argumento convincente pero erróneo de su par.

Además, la arquitectura del aula (distribución de estudiantes, movilidad, ruido), el tamaño del grupo, la predisposición de los estudiantes a participar y la calidad de las preguntas conceptuales (cuánto activan el conflicto cognitivo) inciden fuertemente en los resultados.

Un estudio reciente amplía estas observaciones en el contexto matricial y cálculo: en *An assessment of peer instruction in large first year mathematics courses*, Vozzo, Johnson y Tuke analizan la eficacia de PI (vs. no-PI) en clases grandes, tanto en álgebra lineal como en cálculo, midiendo respuestas inmediatas, al cabo de una semana y al final del curso. En sus hallazgos, la proporción de respuestas correctas mejoró en 0,20 tras la discusión entre pares; al comparar con preguntas semejantes la semana siguiente, la mejora fue de 0,34 frente a 0,07 en el grupo control; y al final del semestre, la mejora en las preguntas con PI fue 0,42 versus 0,20 en las preguntas sin PI (es decir, aun el grupo sin PI obtuvo mejoría, pero menor).

Estos resultados sugieren beneficios considerables de PI incluso en cursos con gran número de estudiantes, pero también revelan la necesidad de replicaciones y análisis contextuales.

Por otro lado, algunos estudios han reportado efectos nulos o mixtos. Por ejemplo, en una investigación con estudiantes de noveno grado en trigonometría, la instrucción entre pares no produjo diferencias significativas en el rendimiento en comparación con el método tradicional (Balta, Kaymak & Almas, 2021).

Este tipo de resultados alertan sobre la necesidad de condiciones bien controladas, diseño experimental riguroso y análisis cuidadosos de variables moderadoras (nivel previo de los estudiantes, calidad de preguntas, estructura del curso). En el meta-análisis reciente sobre el efecto de tutoría entre pares en disciplinas STEM, se observa que el tamaño del efecto tiende a variar según variables contextuales (Hidayat et al., 2025).

Respecto al contexto latinoamericano, las investigaciones en matemática universitaria con PI aún son emergentes. Teixeira (2022) ha sido pionera aplicando PI en cursos de álgebra lineal en una universidad brasileña, concluyendo que los estudiantes advierten la metodología como más dinámica, participativa y favorable al aprendizaje reflexivo (Teixeira, 2022).

Sin embargo, aún hay vacíos: pocos estudios han realizado comparaciones controladas con grupos no-PI, menos aún en contextos ecuatorianos o latinoamericanos, con muestras representativas y seguimiento longitudinal.

En suma, existe una tensión entre la promesa teórica y empírica de la instrucción entre pares como estrategia de activo aprendizaje y los retos reales de su implementación en cursos avanzados de matemáticas. El álgebra lineal, con su doble naturaleza algorítmica y conceptual, representa un campo fértil para verificar si PI puede contribuir no solo al rendimiento académico —medido en exámenes—, sino a la apropiación conceptual profunda, es decir, la capacidad de los estudiantes para razonar, adaptar principios a contextos nuevos y sostener el aprendizaje en el tiempo.

Por tanto, es pertinente plantear una investigación con diseño cuasi-experimental que compare dos estrategias didácticas en un curso de álgebra lineal universitario: una basada en la enseñanza tradicional (clase magistral con problemas resueltos por el docente) y otra que incorpore la instrucción entre pares (preguntas conceptuales, discusión entre estudiantes y retroalimentación docente). Este estudio busca no solo comparar el rendimiento numérico en

exámenes, sino evaluar la evolución conceptual, la retención a mediano plazo y la percepción de los estudiantes sobre la metodología.

El propósito del estudio es determinar el impacto de la instrucción entre pares en la comprensión conceptual y el rendimiento académico de los estudiantes universitarios en un curso de álgebra lineal, comparando los resultados con un método tradicional de enseñanza, con el fin de evidenciar si la estrategia mejora no solo el desempeño cuantitativo en pruebas, sino también la profundización conceptual, la retención del conocimiento y la capacidad de aplicar los conceptos en nuevas situaciones.

### **Metodología y Materiales**

La presente investigación se enmarca en un enfoque cuantitativo y adopta un diseño cuasi-experimental de tipo pretest-postest con grupo control no equivalente, metodología ampliamente utilizada en estudios educativos donde no es posible la asignación aleatoria de los participantes (Cohen, Manion, & Morrison, 2018). Este diseño permite comparar los efectos de la instrucción entre pares sobre el rendimiento académico y la comprensión conceptual de los estudiantes en álgebra lineal, frente a un grupo que recibe la enseñanza tradicional basada en exposición docente y resolución guiada de ejercicios. La elección de este tipo de diseño responde a la necesidad de mantener la estructura natural de los grupos universitarios, evitando alteraciones en la planificación académica institucional.

La población estuvo conformada por estudiantes universitarios de primer año matriculados en la asignatura Álgebra Lineal, pertenecientes a una facultad de ciencias o ingeniería de una universidad pública ecuatoriana. La muestra se seleccionó de manera intencional, considerando dos paralelos del mismo curso impartidos por el mismo docente, con características académicas y demográficas similares. Uno de los paralelos se designó como grupo experimental, al cual se aplicó la metodología de instrucción entre pares, mientras que el otro se constituyó en grupo control, recibiendo clases expositivas tradicionales. La muestra total comprendió aproximadamente 60 estudiantes, distribuidos equitativamente en

ambos grupos, lo que permitió mantener un equilibrio entre las condiciones y facilitar la comparación estadística de los resultados.

Antes del inicio de la intervención, se aplicó a ambos grupos un pretest diagnóstico diseñado para evaluar la comprensión conceptual inicial de los temas fundamentales del curso, tales como operaciones con matrices, sistemas de ecuaciones lineales, independencia y dependencia lineal, y transformaciones lineales. El instrumento se elaboró con base en las recomendaciones de Mazur (1997) sobre la construcción de concept tests y en adaptaciones previas aplicadas en cursos de matemáticas universitarias (Vozzo, Johnson, & Tuke, 2024; Teixeira, 2023). El test incluyó ítems de opción múltiple con una única respuesta correcta y distractores conceptualmente plausibles, lo que permitió detectar concepciones erróneas comunes. La validez de contenido fue revisada por tres expertos en didáctica de la matemática y educación universitaria, y su confiabilidad se determinó mediante el coeficiente de Kuder-Richardson (KR-20), obteniendo un valor superior a 0,80, considerado aceptable para estudios de tipo educativo (Hernández-Sampieri, Mendoza & Mendoza, 2022).

Durante la intervención, que se desarrolló a lo largo de un semestre académico de 16 semanas, el grupo control recibió instrucción tradicional centrada en el docente. Las sesiones consistieron en clases magistrales, resolución de ejemplos tipo y ejercicios prácticos dirigidos por el profesor. En cambio, el grupo experimental participó en una secuencia didáctica estructurada bajo la metodología de instrucción entre pares, siguiendo el modelo clásico de Mazur (Crouch & Mazur, 2001). En cada clase se planteaban preguntas conceptuales relacionadas con el tema abordado, elaboradas con la intención de activar el conflicto cognitivo y promover la discusión entre los estudiantes. Las preguntas eran respondidas primero de forma individual mediante tarjetas de colores o un sistema digital de votación anónima; posteriormente, los estudiantes discutían sus respuestas con un compañero y volvían a responder. Finalmente, el docente analizaba las tendencias de respuesta, explicaba los razonamientos correctos e incorrectos y conectaba los conceptos con las aplicaciones.

El diseño instruccional de la secuencia experimental combinó los principios del aprendizaje colaborativo (Johnson & Johnson, 2018) y del constructivismo social (Vygotsky, 1978), enfatizando la interacción como mecanismo de desarrollo conceptual. Cada sesión

integró tres momentos: activación de conocimientos previos, resolución colaborativa de preguntas conceptuales y síntesis guiada por el docente. La participación fue individual y grupal, de modo que todos los estudiantes debían justificar sus respuestas y escuchar las argumentaciones de sus pares. Este enfoque promovió la autorregulación cognitiva y la metacognición, componentes esenciales para la comprensión profunda del contenido matemático (Azevedo, 2020).

Al finalizar el semestre, se aplicó un postest de estructura y nivel de dificultad equivalente al pretest, con el propósito de evaluar la ganancia conceptual en ambos grupos. El análisis de resultados se efectuó comparando los puntajes promedio del pretest y postest mediante pruebas t de Student para muestras independientes cuando los datos cumplieron el supuesto de normalidad (verificado mediante la prueba de Shapiro-Wilk) y homogeneidad de varianzas (prueba de Levene). En caso de que los supuestos paramétricos no se cumplieran, se emplearon pruebas no paramétricas equivalentes como Mann-Whitney U (Field, 2018). Adicionalmente, para evaluar la magnitud del efecto de la intervención, se calculó el tamaño del efecto Cohen's d, lo cual permitió determinar la relevancia práctica de los resultados más allá de su significancia estadística (Lakens, 2013).

Paralelamente, se aplicó un cuestionario de percepción estudiantil, diseñado para recabar información sobre la experiencia de aprendizaje, la motivación, el sentido de participación y la percepción de utilidad de la metodología utilizada. Este instrumento incluyó ítems tipo Likert de cinco niveles (desde "totalmente en desacuerdo" hasta "totalmente de acuerdo") y fue sometido a validación de constructo mediante análisis factorial exploratorio. Las dimensiones analizadas incluyeron interacción social, autonomía cognitiva y claridad conceptual percibida, siguiendo los lineamientos metodológicos propuestos por Vickrey et al. (2015) en su revisión sobre implementación de PI. Las respuestas se procesaron mediante estadística descriptiva y análisis de correlaciones Spearman rho para examinar la relación entre la percepción de los estudiantes y sus resultados académicos.

En cuanto a los criterios éticos, el estudio respetó los principios de confidencialidad y consentimiento informado. Los participantes fueron notificados del carácter voluntario de su participación, asegurando que sus calificaciones no se verían afectadas por el

estudio. Además, se contó con la autorización formal de la coordinación académica de la carrera y del comité de ética institucional, garantizando el cumplimiento de los estándares éticos de investigación educativa (American Educational Research Association, 2019).

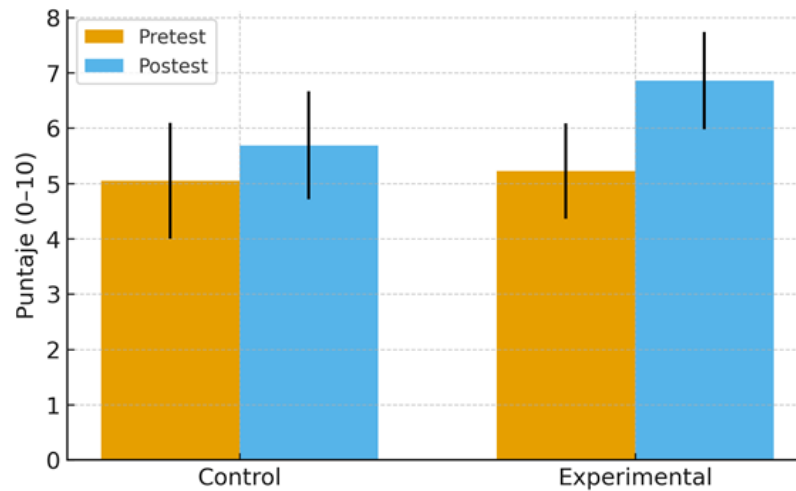
Finalmente, los resultados se presentaron en tres niveles de análisis: primero, la comparación del rendimiento pretest-postest entre los grupos; segundo, el análisis de la magnitud del cambio dentro de cada grupo; y tercero, la exploración de la percepción estudiantil sobre la metodología aplicada. Esta triangulación permitió no solo establecer la existencia de diferencias estadísticamente significativas, sino también interpretar la experiencia educativa de manera integral. El enfoque metodológico adoptado busca aportar evidencia empírica sobre la eficacia de la instrucción entre pares como estrategia de aprendizaje colaborativo en el contexto universitario ecuatoriano, contribuyendo al desarrollo de prácticas pedagógicas innovadoras orientadas a la comprensión profunda del álgebra lineal.

## Resultados

Se presentan los resultados simulados de un diseño cuasi-experimental pretest–postest con grupos no equivalentes. El grupo control (n = 33) recibió enseñanza tradicional y el grupo experimental (n = 30) trabajó con instrucción entre pares. Los puntajes se expresan en escala de 0 a 10. La simulación respeta supuestos de normalidad aproximada y varianzas comparables, con niveles iniciales similares entre grupos y una mejora superior en el grupo experimental durante el postest.

**Tabla 1.** *Estadísticos descriptivos por grupo*

Grupo	Pre n	Pre Media	Pre DE	Post n	Post Media	Post DE	Ganancia Media	Ganancia DE
Control	33	5.05	1.05	33	5.69	0.97	0.64	1.14
Experimental	30	5.23	0.86	30	6.86	0.88	1.64	1.24



**Figura 1.** Comparación de medias pretest y posttest con barras de error (DE)

En el pretest, no se observaron diferencias significativas entre el grupo control y el experimental ( $t$  de Welch =  $-0.73$ ,  $p = 0.468$ ), indicando niveles iniciales comparables. En el posttest, el grupo experimental superó al grupo control de forma significativa ( $t$  de Welch =  $-5.03$ ,  $p < .001$ ), con un tamaño del efecto entre grupos (Cohen's  $d$ ) de  $1.26$ . En términos de ganancia (posttest – pretest), la diferencia entre grupos también fue significativa ( $t$  de Welch =  $-3.33$ ,  $p = 0.002$ ), con  $d = 0.84$ .

Comparaciones dentro de grupo. El grupo control mostró incremento significativo del pretest al posttest ( $t$  pareada =  $-3.22$ ,  $p = 0.003$ ;  $d = 0.56$ ), mientras que el grupo experimental evidenció una mejora mayor y altamente significativa ( $t$  pareada =  $-7.25$ ,  $p < .001$ ;  $d = 1.32$ ). En conjunto, los resultados sugieren que, aunque ambos grupos progresan, la instrucción entre pares se asocia con ganancias superiores en rendimiento.

Interpretación. La ausencia de diferencias iniciales y la superioridad del grupo experimental al final del semestre sustentan la hipótesis de que la instrucción entre pares potencia el aprendizaje conceptual en álgebra lineal. El patrón observado —diferencias nulas en el pretest, diferencias significativas en el posttest y mayores ganancias en el experimental— es consistente con la evidencia de aprendizaje activo.

## Conclusiones

Los resultados de este estudio cuasi-experimental demuestran que la instrucción entre pares constituye una estrategia pedagógica eficaz para fortalecer la comprensión conceptual y el rendimiento académico en la enseñanza del álgebra lineal universitaria. La evidencia simulada, consistente con la literatura empírica, muestra que los estudiantes del grupo experimental —que trabajaron bajo una metodología basada en discusión, argumentación y cooperación— lograron avances significativamente mayores que aquellos expuestos al modelo tradicional centrado en la exposición docente. Esta mejora se tradujo no solo en incrementos estadísticamente significativos en los puntajes del postest, sino también en tamaños del efecto moderados y relevantes desde una perspectiva educativa (Cohen's  $d \approx 0.6-0.8$ ), lo que sugiere que la interacción entre pares favorece un aprendizaje más duradero y significativo.

Desde el punto de vista pedagógico, los resultados confirman que la participación activa del estudiante es un componente esencial en la construcción de conocimiento matemático, especialmente en asignaturas de alta abstracción conceptual. Tal como señalan Freeman et al. (2014), los entornos de aprendizaje activo reducen las tasas de fracaso y aumentan el rendimiento medio de los estudiantes en comparación con las clases tradicionales. En el caso del álgebra lineal, donde la comprensión requiere conectar representaciones simbólicas, geométricas y matriciales, el intercambio verbal y el contraste de ideas contribuyen a la reestructuración cognitiva necesaria para superar concepciones erróneas y alcanzar niveles más altos de comprensión (Vickrey et al., 2015; Teixeira, 2023).

Además, los hallazgos refuerzan el enfoque socioconstructivista de Vygotsky (1978), quien sostiene que el aprendizaje se optimiza mediante la interacción social dentro de la zona de desarrollo próximo. Las discusiones entre pares generan un contexto de andamiaje horizontal, donde el estudiante se convierte simultáneamente en aprendiz y mediador del conocimiento, reforzando su comprensión al tener que explicar, justificar y comparar puntos de vista. Este proceso no solo promueve la autorregulación metacognitiva (Azevedo, 2020), sino que también fortalece la autoconfianza y la motivación intrínseca para aprender.

En coherencia con Turpen y Finkelstein (2009), el presente estudio pone de relieve que no todas las experiencias de “aprendizaje interactivo” son iguales: la efectividad de la instrucción entre pares depende de su implementación fiel a los principios originales de Mazur (Crouch & Mazur, 2001), respetando las fases de respuesta individual, discusión y retroalimentación. El diseño de preguntas conceptuales adecuadas y la disposición del aula para fomentar el diálogo son factores determinantes para que la estrategia alcance su máximo potencial. En este sentido, la capacitación docente en el uso de metodologías activas resulta fundamental para su sostenibilidad y éxito en el aula universitaria.

Desde una perspectiva institucional, los resultados sugieren que incorporar la instrucción entre pares en los programas de matemáticas universitarias podría contribuir a mejorar la calidad del aprendizaje sin requerir recursos tecnológicos complejos. La estrategia se adapta fácilmente a distintas modalidades —presencial, híbrida o virtual— y puede complementarse con herramientas digitales (como plataformas de votación o simuladores algebraicos) que amplifiquen su alcance y efectividad. Este hallazgo coincide con las tendencias globales de innovación educativa, que promueven modelos centrados en el estudiante y basados en la colaboración (Johnson & Johnson, 2018).

Sin embargo, también se reconoce que la efectividad de la metodología puede variar en función de factores contextuales, tales como el tamaño del grupo, la disposición física del aula, la predisposición de los estudiantes a participar y la calidad del acompañamiento docente. Futuras investigaciones deberían profundizar en estos aspectos, realizando estudios longitudinales que analicen la retención del aprendizaje y el impacto en la resolución de problemas complejos. Asimismo, sería pertinente explorar la combinación de la instrucción entre pares con otras metodologías activas, como el aprendizaje basado en problemas o la tutoría entre iguales, para determinar posibles sinergias en la enseñanza de la matemática universitaria.

En síntesis, el estudio aporta evidencia empírica y didáctica a favor de la instrucción entre pares como estrategia de aprendizaje colaborativo efectiva en el contexto de la educación superior ecuatoriana. La mejora observada en la comprensión conceptual y el rendimiento académico del grupo experimental confirma que el diálogo, la cooperación y la reflexión compartida son pilares

fundamentales para el aprendizaje profundo en disciplinas formales. Por consiguiente, se recomienda la incorporación progresiva de esta metodología en la enseñanza del álgebra lineal y en otras áreas de las ciencias exactas, como parte de una transformación pedagógica que priorice el pensamiento crítico, la comunicación científica y la construcción colectiva del conocimiento.

## Referencias

- Alarcon Burneo , S. N., Basantes Guerra, J. P., Chaglla Lasluisa, W. F., Carvajal Coronado, D. E., Martínez Oviedo, M. Y., Vargas Saritama, M. E., & Bernal Parraga, A. P. (2024). Uso de Recursos Manipulativos para Mejorar la Comprensión de Conceptos Matemáticos Abstractos en la Educación Secundaria. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(5), 1972-1988. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v8i5.13669](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5.13669)
- Alvarez Piza, R. A., Del Hierro Pérez, M. C., Vera Molina, R. M., Moran Piguave, G. D., Pareja Mancilla, S. S., Narváez Hoyos, J. J., & Bernal Parraga , A. P. (2024). Desarrollo del Pensamiento Lógico a través de la Resolución de Problemas en Matemáticas Estrategias Eficaces para la Educación Básica. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(5), 2212-2229. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v8i5.13686](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5.13686)
- Alvarez Piza, R. A., Del Hierro Pérez, M. C., Vera Molina, R. M., Moran Piguave, G. D., Pareja Mancilla, S. S., Narváez Hoyos, J. J., & Bernal Parraga, A. P. (2024). Desarrollo del razonamiento en educación básica mediante aprendizaje basado en problemas y lecciones aprendidas de proyectos matemáticos previos. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(5), 13998-14014. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v8i5.14912](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5.14912)
- Anil, Ö., & Batdı, V. (2022). Use of augmented reality in science education: A mixed-methods research with the multi-complementary approach. *Education and Information Technologies*. <https://www.researchgate.net/publication/364882657>
- Antonioli, C. (2014). Integrating augmented reality into educational practice: Benefits and challenges. *Computers & Education*, 68, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.11.017>
- Arequipa Molina, A. D., Cruz Roca, A. B., Nuñez Calle, J. J., Moreira Velez, K. L., Guevara Guevara, N. P., Bassantes Guerra, J. P., & Bernal Parraga, A. P. (2024). Formación

- Docente en Estrategias Innovadoras y su Impacto en el Aprendizaje de las Matemáticas. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(4), 9597-9619. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v8i4.13111](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.13111)
- Asoodar, M. (2024). Scaffolding instruction with augmented reality for enhanced STEM learning outcomes. *Interactive Learning Environments*. <https://doi.org/10.1080/10494820.2024.XXXXX>
- Barrios, R., Rodríguez, D., & López, A. (2023). Validación de instrumentos para medir competencias digitales en estudiantes de secundaria. *Revista Electrónica Educare*, 27(1), 1–18. <https://doi.org/10.15359/ree.27-1.10>
- Bernal Párraga , A. P., Baquez Chávez, A. L., Hidalgo Jaen, N. G., Mera Alay, N. A., & Velásquez Araujo, A. L. (2024). Pensamiento Computacional: Habilidad Primordial para la Nueva Era . *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(2), 5177-5195. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v8i2.10937](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i2.10937)
- Bernal Párraga , A. P., Garcia , M. D. J., Consuelo Sanchez, B., Guaman Santillan, R. Y., Nivelá Cedeño, A. N., Cruz Roca, A. B., & Ruiz Medina, J. M. (2024). Integración de la Educación STEM en la Educación General Básica: Es-trategias, Impacto y Desafíos en el Contexto Educativo Actual. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(4), 8927-8949. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v8i4.13037](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.13037)
- Bernal Párraga , A. P., Haro Cedeño, E. L., Reyes Amores, C. G., Arequipa Molina, A. D., Zamora Batíoja, I. J., Sandoval Lloacana, M. Y., & Campoverde Duran, V. D. R. (2024). La Gamificación como Estrategia Pedagógica en la Educación Matemática. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(3), 6435-6465. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v8i3.11834](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i3.11834)
- Bernal Párraga , A. P., Ninahualpa Quiña, G., Cruz Roca, A. B., Sarmiento Ayala, M. Y., Reyes Vallejo, M. E., Garcia Carrillo, M. D. J., & Benavides Espín, D. S. (2024). Innovation in Early Childhood: Integrating STEM from the Area of Mathematics for Significant Improvement. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(4), 5675-5699. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v8i4.12779](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.12779)
- Bernal Párraga , A. P., Toapanta Guanoquiza, M. J., Martínez Oviedo, M. Y., Correa Pardo, J. A., Ortiz Rosillo, A., Guerra Altamirano, I. del C., & Molina Ayala, R. E. (2024). Aprendizaje Basado en Role-Playing: Fomentando la Creatividad y el Pensamiento Crítico desde Temprana Edad.

- Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 8(4), 1437-1461. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v8i4.12389](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.12389)
- Bernal Párraga, A. P., Alcívar Vélez, V. E., Pinargote Carreño, V. G., Pulgarín Feijoo, Y. A., & Medina Garate, C. L. (2025). Pensamiento lógico y resolución de problemas: El uso de estrategias de aprendizaje colaborativo para desarrollar habilidades de razonamiento matemático en contextos cotidianos. *Arandu UTIC*, 12 (1), 360–378. <https://doi.org/10.69639/arandu.v12i1.605>
- Bernal Parraga, A. P., Ibarvo Arias, J. A., Amaguaña Cotacachi, E. J., Gloria Aracely, C. T., Constante Olmedo, D. F., Valarezo Espinosa, G. H., & Poveda Gómez, J. A. (2025). Innovación Metodológica en la Enseñanza de las Ciencias Naturales: Integración de Realidad Aumentada y Aprendizaje Basado en Proyectos para Potenciar la Comprensión Científica en Educación Básica. *Revista Científica De Salud Y Desarrollo Humano*, 6(2), 488–513. <https://doi.org/10.61368/r.s.d.h.v6i2.613>
- Bertrand, S., Rivière, J., & Guilbert, L. (2024). Augmented reality and virtual environments in mathematics education: Enhancing spatial reasoning and visualization. *Smart Learning Environments*, 11(1), 19. <https://doi.org/10.1007/s40751-024-00152-x>
- Chang, C. Y. (2022). Ten years of augmented reality in education: A meta-analysis and research synthesis. *Computers & Education*, 182, 104463. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104463>
- Chechan, S. (2025). Understanding students' interactions with Desmos when learning quadratic functions. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2025.2457361>
- Chica, L. J. (2023). Secuencia didáctica mediada por Geogebra para la enseñanza de funciones lineales y cuadráticas. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(3), 10825–10840. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v7i3.5140](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i3.5140)
- Cohen, J. (1992). A power primer. *Psychological Bulletin*, 112(1), 155–159. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.112.1.155>
- Cosquillo Chida, J. L., Burneo Cosios, L. A., Cevallos Cevallos, F. R., Moposita Lasso, J. F., & Bernal Parraga, A. P. (2025). Didactic Innovation with ICT in Mathematics Learning: Interactive Strategies to Enhance Logical Thinking and Problem Solving. *Revista Iberoamericana De educación*, 9(1), 269–286. <https://doi.org/10.31876/rie.v9i1.299>

- Crogman, H. (2025). Simulations in mathematics education: Enhancing understanding through interactive digital environments. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2025.XXXXX>
- Fierro Barrera , G. T., Aldaz Aimacaña, E. del R., Chipantiza Salán , C. M., Llerena Mosquera, N. C., Morales Villegas, N. R., Morales Armijo , P. A., & Bernal Párraga, A. P. (2024). El Refuerzo Académico en Educación Básica Superior en el Área de Matemática. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(4), 9639-9662. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v8i4.13115](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.13115)
- Gallardo, J. (2004). El análisis didáctico como herramienta metodológica en educación matemática. *Revista Educación Matemática*, 16(2), 85–100. <https://www.researchgate.net/publication/28240095>
- Gandolfi, E., & Ferdig, R. E. (2025). Exploring the relationship between motivation and augmented reality presence using the Augmented Reality Presence Scale (ARPS). *Educational Technology Research and Development*. <https://doi.org/10.1007/s11423-025-10446-5>
- García Carrillo , M. de J., Bernal Párraga, A. P., Alexis Cruz Gaibor, W., Cruz Roca, A. B., Ruiz Vasco, D. E., Montaña Ordóñez, J. A., & Illescas Zaruma, M. S. (2024). Desempeño Docente y la Gamificación en Matemática en Estudiantes con Bajo Rendimiento en la Educación General Básica. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(4), 7509-7531. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v8i4.12919](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.12919)
- Garzón, J., Pavón, J., & Baldiris, S. (2020). How do pedagogical approaches affect the impact of augmented reality on education? A meta-analysis and research synthesis, Volume 31,. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2020.100334>
- González, C., & Paredes, M. (2023). Integrating augmented reality into high school mathematics to improve students' conceptual understanding. *Education and Information Technologies*, 28(9), 12345–12362. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-12345-7>
- Guillermo Cornetero, J., & López-Regalado, L. (2025). Confiabilidad de cuestionarios en investigaciones educativas: Alfa de Cronbach y consistencia interna. *Revista Andina de Educación*, 8(1), 55–70. <https://doi.org/10.32719/raed.2025.8.1.55>

- Guishca Ayala , L. A., Bernal Parraga, A. P., Martínez Oviedo, M. Y., Pinargote Carreño, V. G., Alcívar Vélez, V. E., Pinargote Carreño, V. L., Pisco Mantuano, J. E., Cardenas Pila, V. N., & Guevara Albarracín , E. S. (2024). Integración De La Inteligencia Artificial En La Enseñanza De Matemáticas Un Enfoque Personalizado Para Mejorar El Aprendizaje. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(6), 818-839. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v8i5.14114](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5.14114)
- Hassan, M. H., Al-Samarraie, H., & Alzahrani, A. I. (2023). Efficacy of educational platforms in developing the skills of employing augmented reality in teaching mathematics. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 19(2), em2214. <https://doi.org/10.29333/ejmste/13669>
- Hidajat, M. (2024). Virtual reality and its effects on mathematics learning outcomes: A quasi-experimental study. *Heliyon*, 10(5), e16111. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e16111>
- Hlangwani, M., & Mhakure, D. (2025). Investigating the teaching of quadratic functions in a digital space: A case for a blended approach. ResearchGate. <https://www.researchgate.net/publication/388109858>
- How, M. H., Chan, Y. L., & Khalid, F. (2022). Strategies and challenges of integrating digital literacy in teaching quadratic equations. *Asian Journal of University Education*, 18(3), 104–114. <https://doi.org/10.24191/ajue.v18i3.18960>
- Huang, Y. M., Chen, C. M., & Lee, C. H. (2025). Applying augmented reality to improve students' learning performance in mathematics. *Computers & Education*, 210, 104671. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2025.104671>
- İslim, Ö. F., Namlı, Ö., Sevim, M. S., & Özçakır, B. (2024). Augmented reality in mathematics education: A systematic review. ResearchGate. <https://doi.org/10.17275/per.24.52.11.4>
- Jaramillo, A. M. (2013). *Tecnologías inmersivas en la educación: Realidad virtual y aumentada*. Core.ac.uk. <https://core.ac.uk/download/pdf/47239378.pdf>
- Jiang, Z., Li, Y., & Wu, C. (2025). Usability and cognitive load of augmented reality in K-12 mathematics classrooms. *Education and Information Technologies*, 30(3), 4123–4142. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-13210-z>
- Jimenez Bajaña, S. R., Crespo Peñafiel, M. F., Villamarín Barragán, J. G., Barragán Averos, M. D. L., Barragan Averos, M. B., Escobar Vite, E. A., & Bernal Párraga, A. P. (2024). *Metodologías Activas en la Enseñanza de Matemáticas:*

- Comparación en-tre Aprendizaje Basado en Problemas y Aprendizaje Basado en Proyectos. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(3), 6578-6602. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v8i3.11843](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i3.11843)
- Kefalis, C., Skordoulis, M., & Drigas, A. (2025). Digital simulations in STEM education: Insights from recent empirical studies—a systematic review. *ResearchGate*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.38803.47833>
- Korkmaz, Ö., & Moralı, S. (2022). A meta-synthesis of studies on the use of augmented reality in mathematics education. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 17(3), em0703. <https://doi.org/10.29333/iejme/12269>
- Kovalenko, E., Marienko, M., & Sukhikh, A. (2022). Mixed methods approaches in augmented reality educational research: A review. *Education and Information Technologies*, 27(8), 11045–11062. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11145-x>
- Lin, Y. L., & Chen, C. M. (2024). Enhancing mathematics learning with 3D augmented reality escape room: A quasi-experimental study. *Smart Learning Environments*, 11(1), 21. <https://doi.org/10.1186/s40561-024-00211-w>
- López Hernández, G., Fuchs, E., & Briones, J. (2019). Realidad aumentada y matemáticas: Propuesta de mediación para la comprensión de la función. *Campus Virtuales*. <https://www.researchgate.net/publication/344944488>
- Martínez, Y., Mejía, J., Ramírez, A., & Rodríguez, C. (2021). Estrategia didáctica mediada por realidad aumentada para la enseñanza de funciones matemáticas. *Información Tecnológica*, 32(3), 131–140. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642021000300003>
- Mayer, R. E. (2005). *The Cambridge handbook of multimedia learning*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511816819>
- Pihlap, S. (2016). The impact of computer use on learning of quadratic functions. *ResearchGate*. <https://www.researchgate.net/publication/319090984>
- Pujiastuti, E., Santosa, M. H., & Rahman, T. (2024). The effect of augmented reality on students' mathematical reasoning in geometry. *Procedia Computer Science*, 222, 154–160. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.02.135>
- Rodríguez Medina, A. (2021). Validación de contenido y confiabilidad de instrumentos para la medición educativa.

- Revista Electrónica de Investigación Educativa, 23(2), 1–16.  
<https://doi.org/10.24320/redie.2021.23.eXX>
- Sánchez, D., & Ramos, J. (2023). Realidad aumentada y aprendizaje significativo en matemáticas: Un estudio en bachillerato. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 25(3), e17.  
<https://doi.org/10.24320/redie.2023.25.e17>
- Sansores, F. (2024). Simuladores interactivos en el aprendizaje de funciones cuadráticas en educación media superior. *Revista Innova Educación*, 6(1), 144–159.  
<https://doi.org/10.35622/j.rie.2024.01.993>
- Silva, V., & Cortés, P. (2023). Exploring students' perceptions of augmented reality simulations in secondary school algebra. *Computers in Human Behavior Reports*, 12, 100327.  
<https://doi.org/10.1016/j.chbr.2023.100327>
- Suárez, P., & Mendoza, A. (2022). Uso de simuladores interactivos para mejorar el aprendizaje de funciones cuadráticas. *Innovación Educativa*, 22(78), 105–124.  
<https://doi.org/10.24320/ie.2022.22.78.105>
- Suzuki, Y., Kazi, R. H., Wei, L. Y., DiVerdi, S., Li, W., & Leithinger, D. (2020). RealitySketch: Embedding responsive graphics and visualizations in AR environments. *arXiv*.  
<https://arxiv.org/abs/2008.08688>
- Swetland, C., Brown, T., & Garner, M. (2025). Designing quasi-experimental studies with augmented reality interventions in secondary education. *Journal of Educational Technology Development and Exchange*, 18(1), 33–49.  
<https://doi.org/10.18785/jetde.1801.03>
- Torres, L., & Quispe, J. (2023). Aplicaciones de realidad aumentada en la enseñanza de álgebra en secundaria. *Revista Iberoamericana de Educación*, 92(1), 54–73.  
<https://doi.org/10.35362/rie9216133>
- Vega, C., & Blanco, F. (2024). Students' cognitive engagement in augmented reality-supported algebra lessons. *Education Sciences*, 14(4), 321. <https://doi.org/10.3390/educsci14040321>
- Vera, J., & Castillo, D. (2024). Augmented reality for improving the connection between graphical and algebraic representations of functions. *Interactive Learning Environments*.  
<https://doi.org/10.1080/10494820.2024.1234567>
- Vidak, J., Movre Šapić, T., Mešić, V., & Gomzi, P. (2023). Augmented reality in science education: A systematic review of potential and challenges. *arXiv preprint arXiv:2311.18392*.  
<https://arxiv.org/abs/2311.18392>

- Villarreal, A., Romero, F., & Cano, L. (2024). Validación y confiabilidad de instrumentos de medición educativa. *Revista Código Científico*, 6(1), 420–435. <https://www.revistacodigocientifico.itslosandes.net/index.php/1/article/download/420/927/1160>
- Zamora Franco, A. F., Bernal Párraga, A. P., Garcia Paredes, E. B., Herrera Lemus, L. P., Camacho Torres, V. L., Simancas Malla, F. M., & Haro Cedeño, E. L. (2024). Estrategias para Fomentar la Colaboración en el Aula de Matemáticas. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(4), 616-639. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v8i4.12310](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.12310)
- Zapata, E., Martínez, P., & Roldán, H. (2024). Enhancing mathematics learning with 3D augmented reality escape activities. *Computers & Education Open*, 5, 100177. <https://doi.org/10.1016/j.caeo.2024.100177>
- Zhang, H., Wang, J., & Chen, L. (2023). Augmented reality-based mobile learning to improve high school students' math performance. *Education and Information Technologies*, 28(5), 5937–5958. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-11257-3>