

- LÍNEA
**INNOVACIÓN
 EN EL AULA**

Santiago
 2024-2

CARRERA

Tecnología Médica

ASIGNATURA

Matemática y Física

BENEFICIARIOS

151 estudiantes

DOCENTES

Danny Avello Fernández ☑
 Isabel Quintrileo Zabala ☑
 René Pino Pino ☑

FACULTAD DE MEDICINA-CLÍNICA ALEMANA

**Metodologías de aprendizaje activo con
 GeoGebra: potenciando aprendizajes de
 trigonometría y vectores**

RESUMEN

El proyecto tuvo como propósito optimizar el proceso de enseñanza-aprendizaje de trigonometría y vectores en la asignatura Matemática y Física de primer año de la carrera de Tecnología Médica. Este propósito respondió a la disminución en la disposición de los estudiantes para involucrarse activamente en su aprendizaje. Para ello, se implementaron metodologías de aprendizaje activo apoyadas en el software GeoGebra, aplicadas durante el segundo semestre de 2024 y el primer semestre de 2025.

En total participaron 151 estudiantes, quienes trabajaron en grupos con guías didácticas y actividades colaborativas en aula. Los resultados evidenciaron una mejora significativa en la resolución de problemas con trigonometría y vectores. En estudiantes que cursaron la asignatura por segunda vez se observó un cambio emocional positivo.

La intervención se consolidó como una estrategia exitosa para revitalizar el proceso de enseñanza-aprendizaje en un estudiantado menos involucrado en su propio aprendizaje.

INQUIETUD ATENDIDA CON LA INNOVACIÓN IMPLEMENTADA

La inquietud principal que motivó este proyecto fueron las altas tasas de reprobación históricas en la asignatura Matemática y Física, que alcanzaron hasta un 46% en los años 2022 y 2023 (ver Tabla 1). Solo bajaron durante el periodo de clases online, el cual no es un punto de referencia comparable con las clases presenciales, por las diferentes condiciones en que se desarrollaron las clases y evaluaciones.

Tabla 1: Tasas de reprobación durante los últimos años

Año	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Cantidad de estudiantes	109	148	145	122	88	130
Tasa de reprobación	25,5%	39,2%	23,5%	10,7%	46,6%	46,2%

Esta situación afecta directamente el avance curricular y la titulación oportuna de los estudiantes, al ser una asignatura prerrequisito de otra, convirtiéndose en un problema académico e institucional. La Comisión Nacional de Acreditación (Comisión Nacional de Acreditación, 2023) incluye dentro de sus indicadores la tasa de titulación oportuna. Recomendando utilizar las tasas de reprobación como indicadores del éxito de las estrategias pedagógicas implementadas, ya que permiten evaluar la efectividad del proceso de enseñanza-aprendizaje en distintas carreras universitarias.

Por otro lado, el bajo nivel de conocimientos de entrada, sumado a la falta de estrategias de estudio y a la desmotivación, dificultaba la enseñanza en un formato tradicional. Tras el retorno a la presencialidad después de la pandemia, algunos de estos problemas se acrecentaron, y además se sumaron otros actitudinales, tales como baja autoestima académica y resistencia al trabajo colaborativo.

La literatura especializada muestra que el uso de GeoGebra (Folake, *et.al*, 2022; Mukamba y Mukamure, 2020; Royati *et. al*, 2010) y de metodologías activas (Hernández-Silva, *et.al.*, 2018) puede favorecer la comprensión de conceptos matemáticos, mejorar la disposición.

OBJETIVOS PROPUESTOS PARA LA EJECUCIÓN DE LA INNOVACIÓN

Objetivo general

Favorecer la visualización espacial y el razonamiento matemático de los estudiantes, mediante la integración de GeoGebra en la asignatura de Matemáticas y Física de la carrera de Tecnología Médica.

Objetivos específicos

1. Diseñar actividades de visualización espacial y el razonamiento matemático utilizando GeoGebra en la unidad Trigonometría y Vectores a través de metodologías activas de aprendizaje.

2. Implementar las actividades de visualización espacial y el razonamiento matemático, utilizando GeoGebra en la unidad Trigonometría y Vectores durante el 2024-2 y 2025-1.

3. Evaluar el efecto de aplicar clases de metodologías activas de aprendizaje basadas en GeoGebra como recurso educativo, sobre el aprendizaje de los estudiantes en la unidad temática Trigonometría y Vectores .

METODOLOGÍA

El proyecto de innovación didáctica se implementó en modalidad presencial en la asignatura de Matemática y Física del primer año de Tecnología Médica. Participaron 151 estudiantes: 71 en 2024 y 80 en 2025. En 2024, más del 95% cursaba la asignatura por segunda vez, mientras que en 2025 la mayoría lo hacía por primera vez. Se cumplieron todos los resguardos éticos, incluyendo consentimiento informado y autorización institucional.

La metodología se basó en guías de aprendizaje activo, integrando GeoGebra como recurso central. La Figura 1 muestra dos actividades: a la izquierda, un círculo con triángulo inscrito para introducir la función coseno; a la derecha, un vector multiplicado por un escalar para explicar la operación correspondiente.

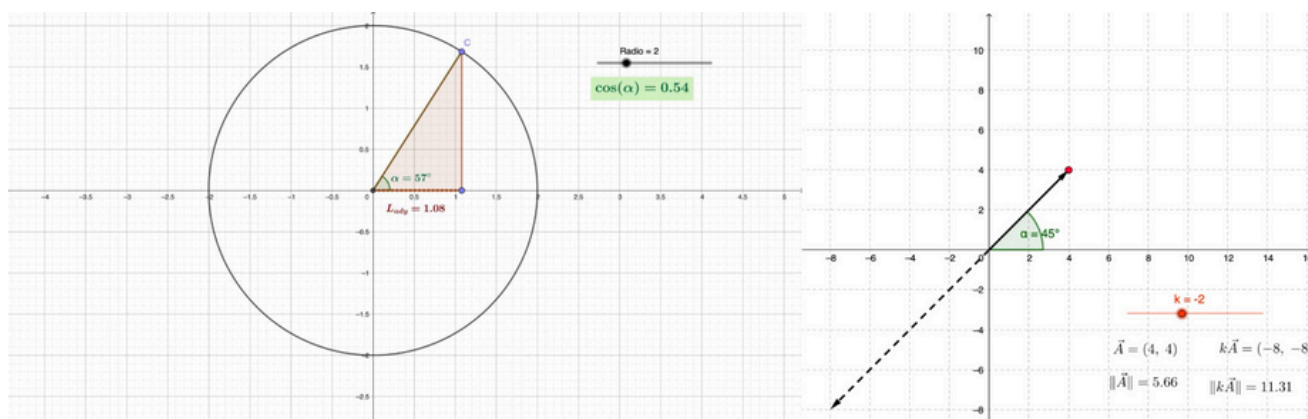


Figura 1: Imágenes de dos de las animaciones utilizadas durante la intervención

La intervención se organizó en ocho módulos, distribuidos en cinco sesiones por semestre, con un enfoque colaborativo y un docente cada 20 estudiantes. Se elaboraron ocho guías de aprendizaje activo, dos de problemas y nueve actividades en GeoGebra, con asesoría de especialistas en didáctica y aprendizaje activo (Carla Hernández, Universidad de Santiago de Chile; Pedro Vidal, Universidad del Desarrollo). Para el uso del software, se adaptaron animaciones interactivas existentes, editadas desde la comunidad abierta de GeoGebra para ajustarlas a los objetivos curriculares.

Para la evaluación de los resultados, se diseñaron y aplicaron instrumentos de medición antes y después de la intervención (pre y post test), enfocados en medir la disposición emocional y el nivel de logro de los aprendizajes en las áreas de trigonometría y vectores. Es fundamental señalar que los posts test, destinados a evaluar los contenidos de vectores y trigonometría, se administraron sin aviso previo y al menos una semana después de la finalización de la intervención; esta temporalidad se eligió para evaluar específicamente los aprendizajes significativos obtenidos. Adicionalmente, a la aplicación de instrumentos, un estudiante ayudante del proyecto realizó anotaciones detalladas sobre el comportamiento observado en los estudiantes durante el curso. La validación y confiabilidad de los instrumentos siguió un proceso exhaustivo. Ambos instrumentos —el de disposición emocional y el de aprendizaje— fueron sometidos a pruebas piloto con estudiantes de segundo año. Además, se mostraron ambos instrumentos a todos los profesores de la asignatura para recoger sus observaciones pertinentes. El instrumento que evaluó la disposición emocional se confeccionó utilizando una escala Likert de cinco niveles, la cual abarcó desde “Completamente en desacuerdo” hasta “Completamente en acuerdo”, incluyendo el elemento neutro. Esta elección de formato siguió las recomendaciones de la literatura especializada en el tema, con el fin de evitar las respuestas socialmente “deseables”. Finalmente, debido a que los índices típicos de confiabilidad dependen de tamaños de muestra grandes, y este no fue el caso del proyecto, se optó por una alternativa metodológica para evaluar la fiabilidad. Esta alternativa consistió en construir pares de preguntas que se esperaba fueran respondidas de manera idéntica, para luego verificar si existía un alto grado de coherencia entre las respuestas dadas a estos pares. De esta forma, se evaluó la confiabilidad atendiendo a la definición sustantiva de que medidas iguales deben producir resultados iguales.

RESULTADOS

► Disposición emocional

Los resultados muestran que en los estudiantes que tuvieron una experiencia universitaria tradicional, hubo un notorio cambio positivo. En cambio, en estudiantes sin experiencias de educación universitaria previa, no hubo un cambio emocional positivo hacia la asignatura, ni tampoco hacia los contenidos abordados. Todos los resultados se muestran en porcentaje, porque hubo ligeros cambios en la cantidad de estudiantes que rindieron los pre y post test.

La Figura 2, 3 y 4 muestran algunos resultados de la aplicación del instrumento antes (café) y después (azul) de la intervención, tanto en los años 2024 y 2025. En estas figuras “-2” representa una respuesta muy negativa (muy en desacuerdo) y “2” muy positiva (muy de acuerdo), y cero la respuesta neutra (ni en acuerdo ni en desacuerdo). Esta encuesta se basó en una escala Likert de 5 niveles.

La Figura 2 muestra que las respuestas positivas aumentaron después de la intervención (post test valores sobre 1), y esto fue acompañado de una disminución de respuestas negativas. En cambio, en el año 2024 no hubo cambios sistemáticos antes y después de la intervención. Sin embargo, es importante mencionar que, aunque aumentó la percepción positiva, aun la mayoría de las personas no está de acuerdo con que sea fácil plantear ecuaciones. Esto es algo que se dice mucho, pero acá mostramos una prueba empírica que, en nuestros cursos, estas competencias son percibidas como difíciles. Esto releva la importante de la tarea educativa en estas áreas.

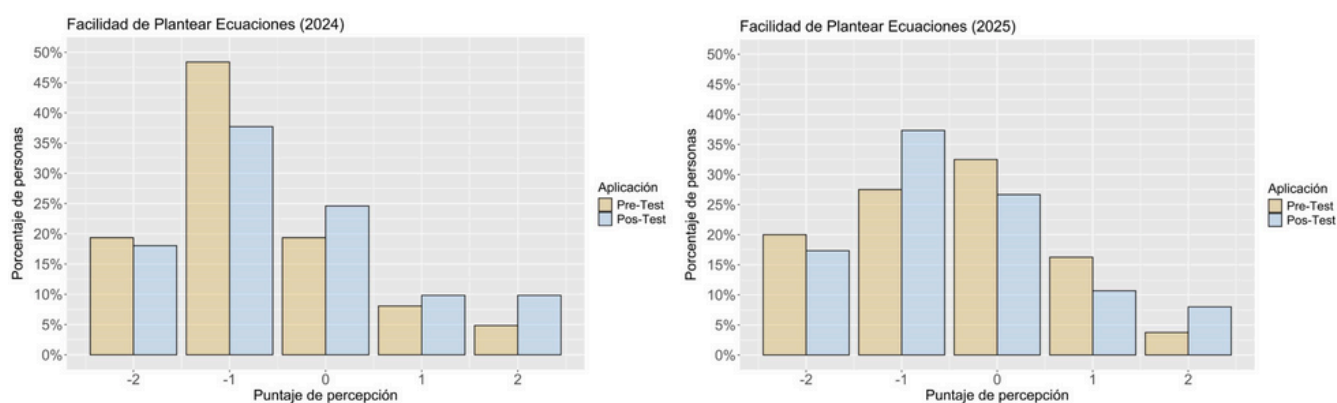


Figura 2: Durante la aplicación 2024, la percepción positiva sobre la facilidad de plantear ecuaciones aumentó notoriamente durante el post test, en cambio en el año 2025, no hubo un cambio sistemático entre ambas aplicaciones.

La Figura 3 muestra resultados similares a la Figura 2, esta vez respecto de disfrutar resolver problemas matemáticos. Una vez más, hubo un cambio positivo en las personas que estaba tomando el curso por segunda vez (aplicación 2024) y no entre quienes rinden la asignatura por primera vez (aplicación 2025). Algo que llama la atención acá es que, antes de la intervención, los estudiantes del 2025 (de primer año) mostraron mayor gusto por resolver problemas matemáticos que los estudiantes de 2024 (quienes estaban en el ramo por segunda vez). Esto sugiere que la mayor dificultad universitaria sumado a clases tradicionales, podrían afectar negativamente el gusto por las matemáticas.

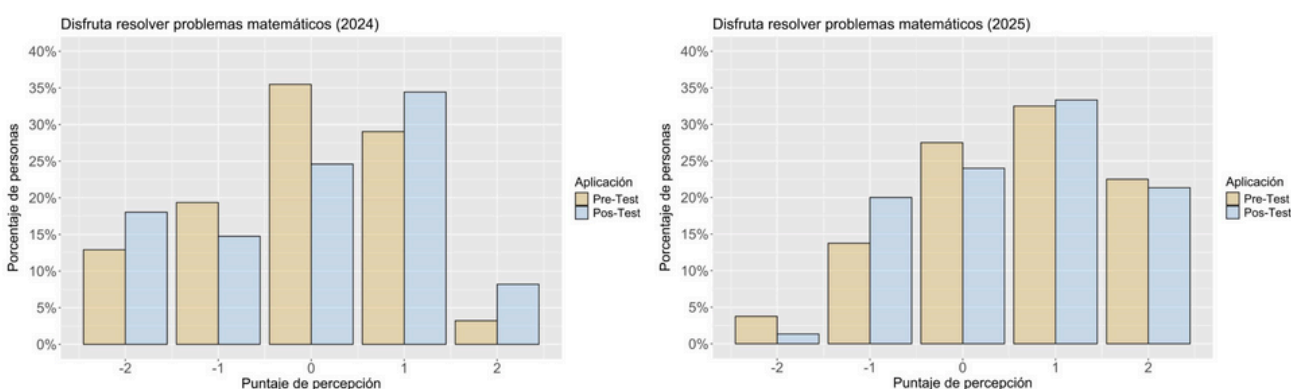


Figura 3: Durante la aplicación 2024, la percepción positiva sobre la disfrutar resolver problemas matemáticos aumentó notoriamente durante el post test, en cambio en el año 2025, no hubo un cambio sistemático entre ambas aplicaciones.

La Figura 4 muestra que durante ambas aplicaciones aumentó la percepción positiva hacia el uso de artefactos electromagnéticos como medios didácticos. Sin embargo, en coherencia con lo visto en otras preguntas, este aumento fue más notorio durante la aplicación 2024. Las figuras sugieren que fueron las personas neutras que luego tomaron una disposición positiva, en cambio, durante la aplicación 2024, fueron las personas con disposición negativa y neutras las que cambiaron su disposición. Esto es razonable, pues gran parte de la intervención se basó en el uso de artefactos como celulares, Tablet y computadores como materiales didácticos a través del uso de GeoGebra.

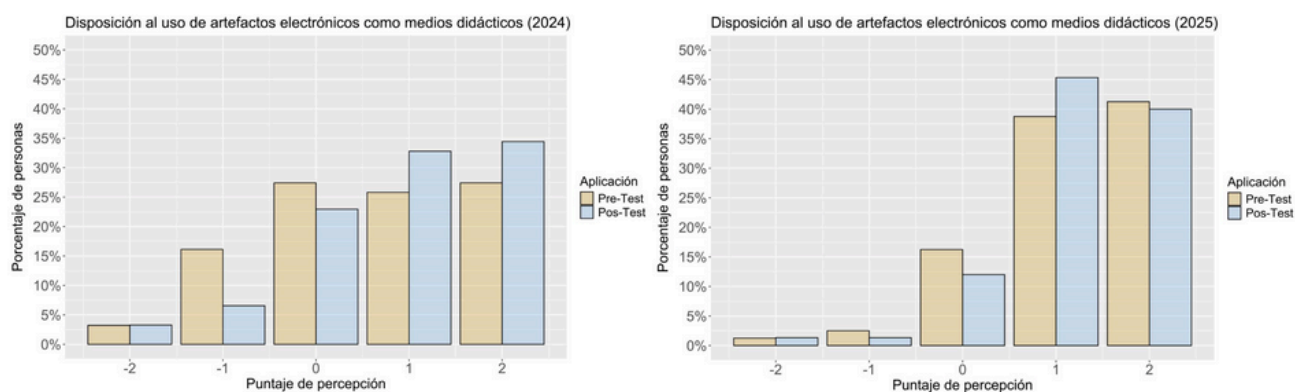


Figura 4: Durante las aplicaciones 2024 y 2025 se observó un aumento en la disposición positiva hacia utilizar dispositivos electrónicos como medios didácticos, aunque este aumento fue más notorio el año 2024.

► Habilidad para resolver problemas vectoriales y trigonométricos

En este caso los resultados fueron muy alentadores. En ambas aplicaciones se constató una ganancia importante de aprendizajes logrados en las unidades intervenidas. Esto de gran relevancia, pues todo el esfuerzo educativo fue orientado a este fin, potenciar los aprendizajes logrados. Este resultado cobra mayor valor después de considerar que se dejó tiempo entre la segunda evaluación y la última clase con el proyecto. En la Figura 2.5 se ve que, aunque la distribución de estudiantes se movió notoriamente hacia los puntajes más altos en ambas intervenciones, aún existieron personas con la mitad o menos del instrumento resuelto correctamente (cada respuesta correcta un punto). Probablemente, el resultado hubiera sido más notorio si hubiera asociada una calificación a estas evaluaciones, y con aviso previo, de manera que hubieran estudiado más.

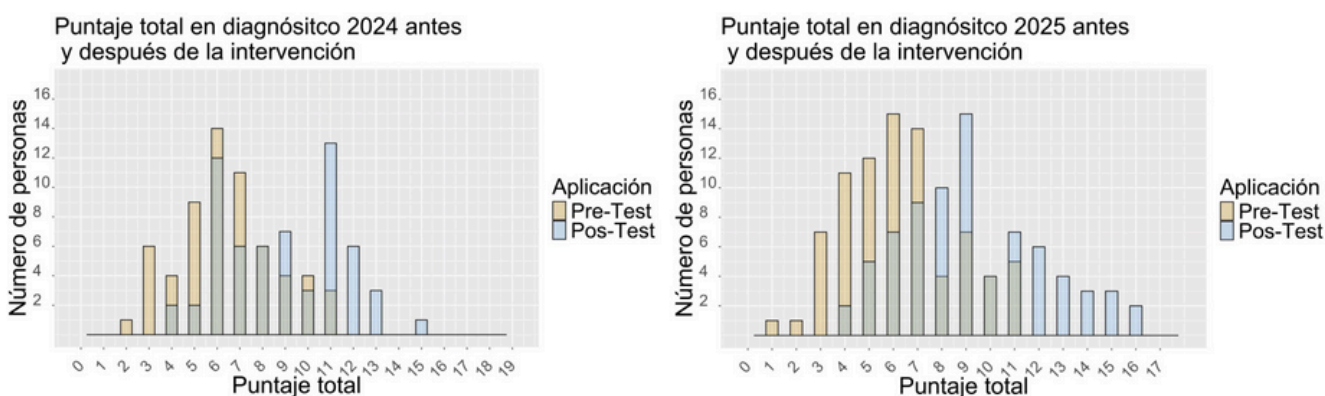


Figura 5: Durante las aplicaciones 2024 y 2025 se observó un aumento en la disposición positiva hacia utilizar dispositivos electrónicos como medios didácticos, aunque este aumento fue más notorio el año 2024.

Además de estos resultados que dan cuenta de la adquisición de aprendizajes significativos, comparamos las notas obtenidas en los certámenes que incluyeron los contenidos temáticos intervenidos. La Tabla 2 muestra no solo un aumento del porcentaje de personas con nota igual o superior a cuatro. Este resultado es más relevante aún, si se toma en consideración que los certámenes aplicados durante las intervenciones tuvieron una dificultad mayor de acuerdo con la taxonomía de Bloom. Avanzamos de un certamen basado mayoritariamente en comprensión, a uno basado principalmente en aplicación.

Indicador	Sin intervención	Intervención 2024	Intervención 2025
Notas $\geq 4,0$	43%	50%	63%
Mediana	3,6	4,0	4,9
Percentil 25	2,7	3,2	3,3
Percentil 75	5,0	4,9	6,1

Tabla 2: Descripción de rendimiento en el certamen que incluye la unidad temática intervenida

Respecto de las tasas de reprobación, el resultado no fue el esperado. Aunque, como se nombró anteriormente, las notas subieron durante la primera unidad, esto no fue suficiente para disminuir las tasas de reprobación en los estudiantes de primer año. Las tasas de reprobación de los últimos dos años fueron superiores de 46%, y durante el primer semestre del 2025 (estudiantes de primer año) esta tasa se mantuvo igual. Es importante mencionar que el 2025 hubo 4 secciones, y de ellas, una no utilizó las guías de aprendizajes activo como fue planificado originalmente, y en su lugar, se aplicaron clases tradicionales. En esta sección de clases tradicionales la tasa de reprobación fue de un 60%, lo que sugiere que sin esta metodología las tasas podrían haber aumentado. Sin embargo, esta última observación debe ser vista con mucha cautela, pues cada sección tuvo docentes distintos, además, tampoco es seguro que todas las secciones hayan tenido una distribución de habilidades previas homogénea.

Con todo esto, estimamos que hemos cumplido con nuestro objetivo general: favorecer la visualización espacial y el razonamiento matemático de los estudiantes, mediante la integración de GeoGebra en la asignatura de Matemáticas y Física de la carrera de Tecnología Médica. Pues todos los datos muestran que hubo una ganancia de aprendizaje, y además sugieren que el proceso actual fue más efectivo en el logro de aprendizajes esperados significativos.

Adicionalmente, perseguimos otros logros que, si bien no fueron parte explícita del proyecto, sí tienen relación con él. A continuación, describimos estos “otros logros”:

- **Desarrollar el pensamiento inductivo y deductivo de los estudiantes:** Esto sí fue logrado con creces. Todas las guías tuvieron una componente importante de pensamiento matemático inductivo para lograr deducir los conocimientos que se requerían abordar. Las observaciones realizadas en cada clase, junto con los resultados de aprendizaje evaluados por el instrumento de este proyecto junto con la prueba de la asignatura, demuestran que lograron deducir los conocimientos requeridos.

- **Mediar la adquisición de distintas técnicas de los estudiantes para solucionar problemas, utilizando conocimientos de trigonometría y vectores:** Esto también fue logrado, los resultados en el instrumento creado para este proyecto dan cuenta de esto.
- **Evaluar la disposición emocional del estudiante hacia la asignatura Matemática y Física:** Esto sí fue logrado a través de la creación del instrumento de disposición emocional que se tomó al inicio y final de la intervención.
- **Evaluar la comprensión y aplicación de las funciones trigonométricas y álgebra vectorial para resolver problemas:** Esto sí fue logrado a través de la creación del instrumento de habilidades que se tomó al inicio y final de la intervención.

RECOMENDACIONES METODOLÓGICAS PARA FUTURAS IMPLEMENTACIONES

- Involucrar directamente a docentes del curso en el proyecto; en este caso, dos de los cuatro participaron activamente, lo que favoreció la implementación.
- Involucrar activamente a todo el cuerpo docente, ya que su apoyo es crucial para el éxito. Asegurando que los docentes conozcan previamente las ventajas de estas metodologías en otros contextos.
- Realizar reuniones constantes para comunicar con claridad las expectativas de la implementación.
- Contar con el apoyo de personas con experiencia en estas metodologías, capaces de aportar soluciones creativas ante problemas u oportunidades durante la implementación.
- Salas de clases mejor adaptadas al trabajo grupal, por ejemplo, espacios con pizarras en las paredes laterales además de la frontal, asientos móviles y superficies planas que faciliten la interacción y el desplazamiento de los estudiantes.

CONCLUSIONES

El proyecto permitió optimizar el aprendizaje de trigonometría y vectores en la asignatura Matemática y Física de primer año de Tecnología Médica, generando aprendizajes duraderos y un aumento en las calificaciones de la unidad intervenida. Sin embargo, este avance no fue suficiente para disminuir la alta tasa de reprobación del curso, lo que sugiere la necesidad de extender la innovación a otras unidades temáticas para lograr un impacto más amplio en los resultados globales.

La experiencia mostró una recepción más positiva entre estudiantes que cursaban la asignatura por segunda vez, en comparación con quienes lo hacían por primera vez. Este hallazgo es relevante, pues evidencia que quienes ya habían experimentado la docencia universitaria tradicional valoraron con mayor claridad las metodologías activas, mientras que los estudiantes de primera matrícula, aún en transición desde la enseñanza escolar, tuvieron más dificultades para reconocer sus beneficios.

La implementación generó materiales de alta calidad —figuras en Tikz (LaTeX), animaciones en GeoGebra y guías de trabajo— que son fácilmente reutilizables en otras carreras. Además, se consolidaron técnicas y rutinas de trabajo transferibles a distintos programas, dado que los contenidos abordados son comunes a diversas asignaturas. Esto abre la posibilidad de un esfuerzo conjunto entre carreras para preparar materiales compartidos, con una inversión inicial de horas docentes cuyos beneficios se proyectan más allá de un par de semestres.

Finalmente, la experiencia invita a reflexionar sobre la evaluación docente en el marco de metodologías activas. Aunque los aprendizajes esperados se lograron, la percepción de los estudiantes de primera matrícula fue menos favorable, lo que podría impactar negativamente en las evaluaciones docentes. Por ello, se recomienda complementar dichas evaluaciones con indicadores adicionales —como la creación de materiales y la evidencia empírica del logro de objetivos de aprendizaje— e incorporar reactivos específicos que reconozcan el rol del profesor como mediador en estas metodologías.

REFLEXIÓN DOCENTE

A través de este proyecto se abrió una amplia ventana de oportunidades para el equipo docente. Por un lado, fue posible observar en tiempo real cómo los estudiantes construyen su pensamiento al resolver problemas, algo difícil de captar mediante metodologías expositivas tradicionales.

Esta experiencia resultó valiosa tanto desde una perspectiva contemplativa —al presenciar al estudiantado “hacer matemática”— como desde una perspectiva diagnóstica, al permitir identificar con mayor precisión sus fortalezas y debilidades. Este diagnóstico continuo se transformó en una fuente de información clave para diseñar guías adaptadas a la realidad educativa del curso.

Asimismo, el proceso de creación de guías basadas en aprendizaje activo implicó que el equipo docente reflexionara sobre cómo los estudiantes desarrollan su pensamiento. Esta tarea favoreció la explicitación de creencias sobre las formas de razonar del estudiantado y, al mismo tiempo, la socialización de distintos tipos de conocimiento: el formal y aquel adquirido en la práctica cotidiana. La elaboración y revisión de las guías generó un espacio de reflexión docente único, que trasciende las conversaciones informales, al propiciar discusiones deliberadas sobre los modelos cognitivos que sustentan la creación de conocimiento y su interacción con la disciplina enseñada.

Finalmente, el proyecto permitió levantar información valiosa sobre el quehacer docente del equipo. Estos hallazgos constituyen un punto de partida sólido para continuar trabajando hacia el objetivo central: promover aprendizajes significativos en los estudiantes.

REFERENCIAS

- Comisión Nacional de Acreditación. (2023). Orientaciones para el subsistema universitario. <https://www.cnachile.cl/noticias/SiteAssets/Paginas/Forms/AllItems/ORIENTACIONES%20PARA%20EL%20SUBSISTEMA%20UNIVERSITARIO.pdf>
- Folake, A., Israel, M. y Jogymol, A. (2022). Geogebra software to Teach and Learn Circle Geometry: Academic Achievement of Grade 11 Students. *Mathematics Teaching Research Journal Golden Fall 2022*, 4(3).
- Hernández-Silva, C., López-Fernández, L., González-Donoso, . A., & Tecpan-Flores, S. (2018). Impacto de estrategias de aprendizaje activo sobre el conocimiento disciplinar de futuros profesores de física, en un curso de didáctica. *Pensamiento Educativo*, 55(1), 1–12. <https://doi.org/10.7764/PEL.55.1.2018.6>

- Mukamba, E. y Makamure, C. (2020). Integration of GeoGebra in Teaching and Learning Geometric Transformations at Ordinary Level in Zimbabwe. *Contemporary Mathematics and Science Education*, 1(1), ep20001. <https://doi.org/10.30935/conmaths/8431>
- Royati, A., Ahmad, F. y Rohani, A. (2010). The Effects of GeoGebra on Mathematics Achievement: Enlightening Coordinate Geometry Learning. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 8, 686-693. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.12.095>.