



Recibido: 15 de julio de 2024
Aceptado: 17 de diciembre de 2024

Dirección de los autores:

^{1,2} Departamento de Didáctica de las Matemáticas y de las Ciencias Experimentales, Universidad Internacional de La Rioja (UNIR), Avenida de la Paz, 137, 26006 Logroño, La Rioja (España)

³ Departamento de Matemáticas. Área de Didáctica de la Matemática. Facultad de Educación. Universidad de Zaragoza. Calle de Pedro Cerbuna, 12, 50009 Zaragoza (España)

E-mail / ORCID


luis.dubarbie@unir.net

 <https://orcid.org/0000-0001-9133-1128>

alvaro.barreras@unir.net

 <https://orcid.org/0000-0001-5325-8505>

oller@unizar.es

 <https://orcid.org/0000-0002-8191-3199>

ARTÍCULO / ARTICLE

El uso de GeoGebra en la enseñanza de conceptos matemáticos: prácticas, barreras y percepciones docentes

The Use of GeoGebra in Teaching Mathematical Concepts: Practices, Barriers, and Teachers' Perceptions

Luis Dubarbie-Fernández¹, Álvaro Barreras² y Antonio M. Oller-Marcén³

Resumen: La utilización de GeoGebra en la enseñanza de las matemáticas ha crecido notablemente en los últimos años, por lo que en este estudio se pretende indagar acerca del uso de este software por parte del profesorado en la enseñanza del límite de una función. Para ello, se ha diseñado y validado un cuestionario que ha sido respondido por 129 docentes de matemáticas. Los datos han sido analizados tanto cuantitativa como cualitativamente con el objetivo de conocer obstáculos para el uso de GeoGebra y para la elaboración de applets propios, identificar las características más destacadas de los applets de GeoGebra para la enseñanza del límite y determinar los momentos del proceso de enseñanza-aprendizaje en los que se utiliza esta herramienta. Así, ha sido identificado un escaso uso de GeoGebra en la enseñanza del límite y un bajo porcentaje de docentes que elaboran sus propios applets debido, fundamentalmente, a la ausencia de recursos tecnológicos y a la falta de conocimientos. Además, la interactividad y la posibilidad de utilizar varios sistemas de representación del límite se revelan como las características más valoradas por los docentes. Finalmente, GeoGebra es especialmente utilizado a la hora de mostrar ejemplos y apenas se usa en el proceso de evaluación.

Palabras clave: GeoGebra, Tecnología Educativa, Profesorado de Matemáticas, Conceptos matemáticos, Curriculum de Matemáticas, Educación Secundaria.

Abstract: The use of GeoGebra in teaching mathematics has grown significantly in recent years, so this study aims to explore the use of this software by teachers in teaching the limit of a function. For this purpose, a questionnaire has been designed and validated and has been answered by 129 mathematics teachers. The data have been analyzed both quantitatively and qualitatively with the objective of knowing obstacles to the use of GeoGebra and to the development of own applets, to identify the most outstanding characteristics of the GeoGebra applets for teaching the limit and to determine the moments of the process of teaching-learning in which this tool is used. Thus, a limited use of GeoGebra in teaching the limit and a very low percentage of teachers who develop their own applets has been identified, mainly due to the absence of technological resources and the lack of knowledge. Furthermore, interactivity and the possibility of using various representation systems of the limit are revealed as the characteristics most valued by teachers. Finally, GeoGebra is especially used when showing examples and barely used in the evaluation process.

Keywords: GeoGebra, Educational Technology, Mathematics Teachers, Mathematical Concepts, Mathematics Curriculum, Secondary Education.

1. Introducción

La noción de límite es de gran relevancia desde una perspectiva matemática. Se trata de un objeto complejo que suele ubicarse dentro del pensamiento matemático avanzado (Tall, 1991) y que ha recibido mucha atención desde la investigación en educación matemática. Además, existen múltiples investigaciones que exploran las potencialidades que proporciona el uso de entornos interactivos dinámicos para la enseñanza de la noción de límite (Martinovic y Karadag, 2012). Actualmente, GeoGebra es uno de los entornos interactivos dinámicos más extendidos en el ámbito de la enseñanza de las matemáticas (Hohenwarter et al., 2009). En el contexto de la enseñanza del límite, el uso de GeoGebra puede permitir que los estudiantes superen algunos obstáculos importantes asociados a este concepto (Rodríguez et al., 2020). Hutkemri (2014) también señala que su uso permite a los estudiantes mejorar sus conocimientos conceptuales y procedimentales relativos a la noción de límite, pero que «es necesario formar a los profesores sobre las ventajas de GeoGebra y sus capacidades operativas» (p. 880). Para proporcionar esta formación, es necesario tener una visión clara de las características de los applets disponibles en los repositorios oficiales de GeoGebra (Barreras et al., 2022), pero también resulta interesante conocer las prácticas de los docentes al utilizar este software en las situaciones de enseñanza-aprendizaje de la noción de límite.

En este contexto, es posible plantear la siguiente pregunta de investigación de carácter general: ¿Con qué frecuencia, por qué y de qué modo los docentes utilizan GeoGebra en el contexto de la enseñanza y aprendizaje de la noción de límite? Con el presente estudio, pretendemos realizar algunos avances de carácter parcial en la respuesta de esta pregunta de investigación. En particular, se proponen los siguientes objetivos específicos:

1. Determinar la frecuencia con que los docentes utilizan GeoGebra en los procesos de enseñanza-aprendizaje de la noción de límite e identificar posibles obstáculos.
2. Conocer la frecuencia con que se diseñan applets propios de GeoGebra y posibles obstáculos que encuentran para hacerlo.
3. Indagar en la utilidad de GeoGebra en los procesos de enseñanza-aprendizaje de la noción de límite.
4. Determinar en qué momentos del proceso de instrucción incorporan el uso de GeoGebra.

1.1. Revisión de la literatura

Martinovic y Karadag (2012) señalan que los entornos de aprendizaje de matemáticas dinámicos e interactivos suponen un entorno de experimentación de gran valor pedagógico y ofrecen a los estudiantes la posibilidad de explorar distintos conceptos matemáticos, así como las relaciones entre dichos conceptos, para que puedan desarrollar sus propios esquemas cognitivos. En particular, estos autores señalan que «la percepción de un cambio continuo en los objetos matemáticos puede afectar la comprensión de dichos conceptos por parte de los estudiantes y llevarlos a desarrollar un nuevo tipo de aprendizaje» (p. 47).

Así, el uso de GeoGebra en la enseñanza del cálculo diferencial, y del límite de una función en particular, puede contribuir a una mejor comprensión de los conceptos matemáticos tratados. Esto es debido, entre otros factores, a la interactividad de los applets, a su carácter dinámico (Sari, 2017) y a la posibilidad de trabajar simultáneamente con diversos sistemas de representación (Caligaris et al., 2015). En este sentido, Barreras et al. (2022) analizan el uso de GeoGebra para la enseñanza del límite, prestando atención a varias variables: interactividad, imagen conceptual, sistemas de representación y acciones. En su trabajo, concluyen que estas variables deberían estar interconectadas a la hora de utilizar este software, de tal modo que, la interactividad debería ser un recurso para combinar distintos sistemas de representación y así fomentar imágenes conceptuales eficientes del límite.

Al margen de los aspectos conceptuales, una de las cuestiones a tener en cuenta a la hora de incluir GeoGebra en las situaciones de aprendizaje, es cómo esta herramienta puede contribuir al desarrollo de los distintos procesos matemáticos en los estudiantes (NCTM, 2000). En este sentido, se ha demostrado que GeoGebra puede ser un apoyo suficiente para alcanzar buen nivel en el desarrollo de competencias matemáticas relacionadas con los procesos de representación de conceptos, resolución de problemas, razonamiento y argumentación, realización de conexiones y comunicación (Romero et al., 2015).

Por otro lado, GeoGebra facilita que los estudiantes tengan un papel más activo en su aprendizaje y permite a los docentes diseñar situaciones de aprendizaje más efectivas, promoviendo un proceso bidireccional de enseñanza y aprendizaje (Hutkemri, 2014). En general, se ha visto que el aprendizaje de los aspectos conceptuales relacionados con las funciones y su representación es más eficaz cuando se utiliza GeoGebra, incluso trabajando en grupos, debido a las posibilidades de exploración y construcción. El motivo es que los estudiantes pueden dedicar más tiempo a analizar conexiones entre conceptos matemáticos que a realizar cálculos. Adicionalmente, GeoGebra también permite a los estudiantes reconocer si su aprendizaje es correcto y detectar errores por sí mismos (Takaci et al., 2015). Sin embargo, hay actitudes, como la creatividad o el razonamiento y prueba, que se desarrollan en un menor número de estudiantes, siendo necesaria la intervención docente en tiempo real para orquestar dinámicas individuales (García et al., 2021, p. 194). La interactividad y navegabilidad de GeoGebra favorecen el desarrollo de la autonomía de los estudiantes, fomentando su capacidad de pensamiento flexible en la resolución de problemas. Además, la posibilidad que ofrece GeoGebra a los estudiantes de realizar sus propias representaciones como consecuencia de decisiones y estrategias elaboradas por ellos mismos, junto con la ayuda de preguntas guiadas por parte del docente, aumentan el nivel de precisión y rigor con el que se pueden trabajar en clase, así como el desarrollo de la capacidad de razonamiento por parte de los estudiantes (Romero y García, 2023).

No obstante, es necesario analizar el papel del docente a la hora de utilizar GeoGebra en el aula para poder asegurar la consecución de los beneficios que esta herramienta puede aportar (Iranzo y Fortuny, 2009). De hecho, como señalan Arnal-Bailera y Oller-Marcén (2020), bajos niveles de capacitación en el uso de GeoGebra pueden llevar a un uso inadecuado de la herramienta. Esto implica la necesidad de incorporar el uso de GeoGebra en la formación del profesorado de forma que se integren conocimientos provenientes de distintos dominios (conocimiento

pedagógico, conocimiento del contenido y conocimiento tecnológico), tal y como señalan Koehler et al. (2013).

El uso de GeoGebra en programas de formación docente ha demostrado recientemente tener beneficios en la asimilación y aplicación de conceptos matemáticos (García-Lázaro y Martín-Nieto, 2023), así como en la visualización de conceptos geométricos (Dockendorff y Solar, 2016) en los futuros docentes y en los estudiantes (Guarin y Parada, 2023). Además, resulta una herramienta efectiva a la hora de mejorar las actitudes de los docentes en formación hacia las demostraciones matemáticas (Zengin, 2017b). De hecho, Zengin (2017a) considera que los docentes en formación deberían familiarizarse con este software por sus ventajas en el desarrollo de su capacidad de comunicación matemática. Por otro lado, la participación del profesorado en ejercicio en programas de formación sobre el uso de GeoGebra hace que estos docentes adopten en su enseñanza un enfoque más centrado en el estudiante (Marange y Tatira, 2023).

En todo caso, es necesario analizar el uso real que los docentes hacen de este software antes o después de su proceso de formación, así como los motivos por los que lo hacen. Lasa y Wilhelmi (2013) señalan tres posibles momentos en los que un docente puede integrar el uso de GeoGebra en el aula en un contexto geométrico: exploratorio (construyendo modelos para resolver ejercicios y problemas o para inferir propiedades), ilustrativo (dando ejemplos de propiedades a partir de casos concretos) y demostrativo (justificando y demostrando propiedades tanto inductiva como deductivamente). Además, estos autores señalan las potencialidades del software para trabajar de forma coordinada en los tres momentos. Otras investigaciones (Carvalho et al., 2023; Rosyidi et al., 2024) señalan, además, la posibilidad de integrar el uso de GeoGebra en el momento de la evaluación.

Por otro lado, McCulloch et al. (2018) señalan diversos motivos por los cuales los docentes integran la tecnología en el aula: generar oportunidades para mejorar la comprensión conceptual o procedimental, evitar errores al realizar tareas rutinarias, dar sentido a ideas e implementar procedimientos matemáticos. Además, señalan como factores en la elección de un instrumento tecnológico concreto, aspectos como su facilidad de uso, la posibilidad de acceso, las características interactivas o su potencial de mejora del proceso de instrucción. Por su parte, Saralar-Aras (2022), señala motivos relacionados con la visualización, la mejora de los aprendizajes de los estudiantes, el aumento de la motivación de los estudiantes o la reducción de la carga de trabajo del docente. Además, también recoge obstáculos como la gestión del aula o la planificación de las lecciones. No obstante, también existen algunos desafíos en la inclusión de GeoGebra que tienen que ver con aspectos que van más allá de la propia formación de los docentes, como la accesibilidad a recursos tecnológicos o la dificultad de uso por parte de los estudiantes (Wassie y Zergaw, 2019).

2. Método

Para alcanzar los objetivos específicos presentados anteriormente, abordamos una investigación de carácter exploratorio y descriptivo. El diseño metodológico adoptado se corresponde con lo que Creswell (2012) denomina diseño integrado (embedded design). En nuestro caso, este diseño se materializa en el uso de datos primarios de carácter cuantitativo recogidos a través de un cuestionario en el que también se

incluyen algunas preguntas abiertas que proporcionan información secundaria de carácter cualitativo, que sirve como apoyo y complemento a los datos cuantitativos.

2.1. Instrumento

El cuestionario se estructura en tres bloques. Un bloque inicial de 7 preguntas de carácter contextual. Un segundo bloque de 5 preguntas sobre aspectos generales relativos la enseñanza-aprendizaje del límite de una función. Finalmente, un tercer bloque de preguntas sobre el uso de GeoGebra por parte de los docentes encuestados en la enseñanza del límite de una función.

Una vez diseñada una primera versión del cuestionario, y con el fin de verificar su validez (Elangovan y Sundaravel, 2021), se contó con el juicio de cuatro investigadores y docentes universitarios del área de didáctica de las matemáticas, seleccionados por conveniencia. Estos expertos fueron consultados con respecto a la claridad y pertinencia de cada una de las preguntas, permitiéndoles realizar comentarios y sugerencias sobre las preguntas y sobre el diseño general del cuestionario. Las valoraciones de los expertos se tuvieron en cuenta según dos criterios:

- Si dos o más expertos indicaban que una pregunta no era pertinente, esta sería eliminada del cuestionario.
- Si algún experto valoraba que una pregunta no tenía claridad, su redacción sería revisada.

De acuerdo con los comentarios de los expertos, se añadieron algunas preguntas y también se aclaró el valor de las escalas Likert, añadiendo explicaciones verbales a las valoraciones numéricas: 1 (nada importante), 5 (muy importante).

Con esta segunda versión del cuestionario se realizó una prueba piloto con diez docentes españoles de matemáticas de Educación Secundaria, seleccionados nuevamente por conveniencia. Estos docentes cumplimentaron el cuestionario y posteriormente fueron consultados sobre la claridad y la pertinencia de las preguntas. También se les preguntó por la utilidad de estas para obtener información sobre el uso de GeoGebra en la enseñanza del límite. Todos los participantes en la prueba piloto coincidieron en que la redacción de las preguntas era clara y en que todas las preguntas eran pertinentes. Las sugerencias de mejora del cuestionario que se recibieron hacían referencia a cuestiones ajenas a los objetivos de la investigación, por lo que fueron descartadas para el presente estudio. La versión final del cuestionario puede ser consultada en el Anexo I.

2.2. Muestra

El cuestionario fue distribuido por correo electrónico a través de la herramienta Survey Monkey a un total de 514 docentes matriculados en un Máster en Didáctica de las Matemáticas en Educación Secundaria y Bachillerato. Dicho cuestionario estuvo abierto desde el 24 de octubre hasta el 13 de noviembre de 2023. La tasa de participación fue del 25% aproximadamente, recogándose de forma anónima la respuesta de 129 docentes de matemáticas de varios países: Colombia (57.4%), Ecuador (38%), República Dominicana (2.3%), Uruguay (1.5%) y México (0.8%). El 55.8% de los participantes

fueron hombres y el 44.2% mujeres. La edad media resultó ser de 37.9 años, con una desviación típica de 8.8 años.

Estos docentes manifiestan tener una experiencia media de 7.7 años impartiendo matemáticas en Educación Secundaria (estudiantes entre 12 y 18 años). A este respecto, entendemos como docentes de poca experiencia aquellos con 2 años o menos (OECD, 2013) y como docentes expertos a aquellos con más de 10 años de labor docente (Huang y Li, 2012). De este modo, la muestra está formada por 34 participantes que presentan poca experiencia, 35 docentes de mucha experiencia y los 60 restantes tienen experiencia intermedia. Finalmente, en la siguiente figura se puede consultar la formación académica de los encuestados, a excepción de 8 respuestas (6,2%) que no se han podido clasificar por resultar ambiguas.

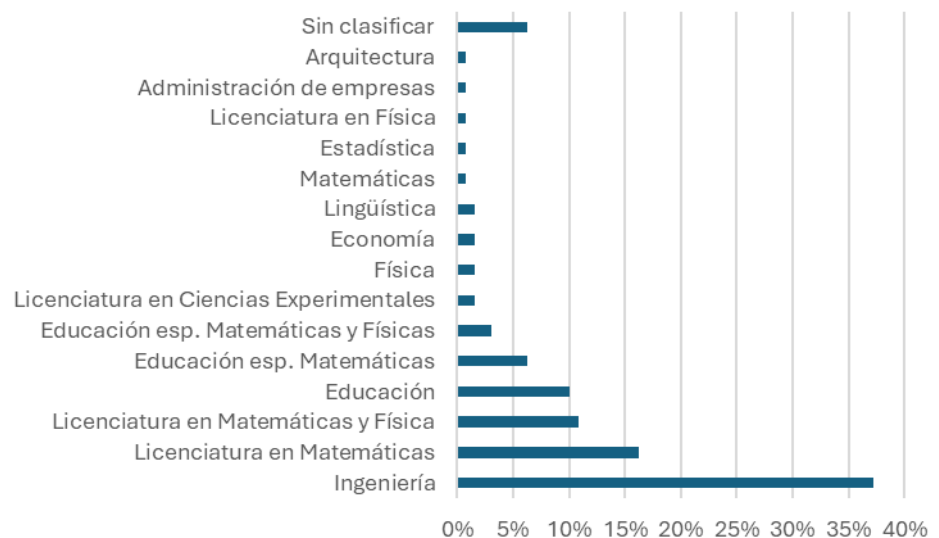


Figura 1. Formación académica.

2.3. Análisis

Para el análisis de los datos de tipo cuantitativo recogidos a través del cuestionario se han utilizado herramientas estadísticas de carácter esencialmente descriptivo, teniendo en cuenta el carácter ordinal de las escalas Likert utilizadas en algunas de las preguntas (Blaikie, 2003). Por otro lado, de acuerdo con los objetivos de investigación planteados previamente, el cuestionario también incluyó algunas preguntas en las que los participantes debían elegir entre varias opciones y otras de respuesta abierta.

Con relación al primer objetivo, se solicitó a los participantes que no habían utilizado GeoGebra para la enseñanza del límite, que indicaran los motivos a través de una pregunta abierta y se analizó el contenido de sus respuestas de forma inductiva. Las categorías que emergieron del proceso se encuentran recogidas en la Tabla 1.

Para abordar el segundo objetivo, se proporcionó a los participantes el siguiente listado de motivos por los que pudieron haber decidido no diseñar sus propios applets de GeoGebra (González Pérez y De Pablos Pons, 2015): Falta de conocimientos, falta de tiempo, uso de applets disponibles en la red y otros (que debían aportar).

Tabla 1. Categorías para el análisis de los motivos por los que no se usa GeoGebra.

Categorías	Descripción	Ejemplo
Ausencia de recursos tecnológicos	No se utiliza GeoGebra en la enseñanza del límite debido a que los centros o los estudiantes carecen de los recursos tecnológicos necesarios.	ID4: «En la institución no contamos con recursos tecnológicos para utilizar aplicaciones».
Falta de oportunidad	No se ha utilizado GeoGebra en la enseñanza del límite por carecer de experiencia profesional o por no haber impartido dicho contenido.	ID13: «Porque no he tenido la oportunidad de impartir esta temática».
Falta de conocimientos	No se utiliza GeoGebra en la enseñanza del límite debido al desconocimiento sobre su funcionamiento.	ID42: «Desconocimiento de la utilidad de la herramienta».
Por consideraciones didácticas	No se ha utilizado GeoGebra en la enseñanza del límite por no haberse considerado adecuado desde un punto de vista didáctico.	ID45: «Por el tiempo que lleva explicar el uso de Geogebra a los estudiantes de secundaria, los manuales que hay disponibles no son entendibles para ellos».

Con respecto al tercer objetivo, se comenzó solicitando a los docentes que manifestaron haber utilizado GeoGebra, que puntuaran de 1 a 5 el peso que otorgan a distintas características de los applets. Las características propuestas fueron: abordar conjuntamente varios aspectos conceptuales, combinar varios sistemas de representación, la interactividad y otras (que debían proporcionar). Por otro lado, a través de una pregunta abierta, también se solicitó que aportaran una explicación sobre los motivos por los cuales consideran útil su uso en la enseñanza del límite. Estas respuestas fueron analizadas atendiendo a tres variables: criterio didáctico, ventajas del uso de GeoGebra y procesos. La descripción de las distintas categorías (no necesariamente excluyentes) consideradas para cada una de ellas puede verse en las Tablas 2, 3 y 4. La primera variable y sus categorías se generaron de forma emergente. En el caso de la segunda variable, las categorías consideradas provienen esencialmente del trabajo de Barreras et al. (2022). Por último, para la tercera variable, se tuvieron en cuenta los procesos matemáticos definidos por la NCTM (2000).

Finalmente, en relación con el cuarto objetivo, los participantes que declararon haber utilizado GeoGebra en la enseñanza del límite, fueron consultados sobre los momentos del proceso de instrucción en los que lo incorporan. Las opciones (cerradas, pero no excluyentes) proporcionadas fueron: al introducir conceptos, al mostrar ejemplos, al resolver ejercicios, al resolver problemas y en la evaluación. Estas categorías tratan de recoger en cierto modo las prácticas docentes más usuales en el aula de matemáticas (Perrin-Glorian, 1999).

Tabla 2. Variables y categorías para el análisis de la utilidad de GeoGebra. Variable: Criterio didáctico.

Categorías	Descripción	Ejemplo
Enseñanza	La respuesta incluye aspectos propios de la práctica del docente.	ID94: «La oportunidad que ofrece la aplicación a la hora de graficar y visualizar las funciones es muy significativa en el proceso de enseñanza».
Aprendizaje	La respuesta incluye aspectos propios de la práctica del estudiante.	ID9: «GeoGebra provee herramientas para hacer que los conceptos sean más comprensibles».

Tabla 3. Variables y categorías para el análisis de la utilidad de GeoGebra. Variable: Ventajas del uso de GeoGebra.

Categorías	Descripción	Ejemplo
Visualización	Los applets favorecen la visualización del límite de una función.	ID48: «La visualización gráfica es fundamental y GeoGebra facilita mucho el análisis gráfico».
Interactividad	Los applets ofrecen la posibilidad de interactuar.	ID95: «Permite interacción del estudiante con el concepto de límite y de esta manera el aprendizaje es significativo».
Combinación de sistemas de representación	Los applets ofrecen la posibilidad de combinar diferentes sistemas de representación del límite de una función.	ID30: «Permite que los estudiantes integren el concepto de límite desde lo algebraico a lo gráfico, allí analizan y comparan».
Apoyo en la resolución de problemas	Los applets favorecen la resolución de problemas en los que se utilizan los límites de funciones.	ID49: «Permite motivar al estudiante al aprendizaje significativo, es representativo para analizar y verificar resoluciones de problemas».
Aspectos afectivos o motivacionales	El uso de applets motiva a los estudiantes y/o favorece una actitud positiva.	ID127: «Los estudiantes se motivan más por el aprendizaje al utilizar estas herramientas».
Comprensión del concepto de límite	El uso de applets favorece la comprensión del concepto de límite de una función.	ID16: «Es una forma de que los chicos entiendan de mejor manera, fácil, simple y sencilla».

Tabla 4. Variables y categorías para el análisis de la utilidad de GeoGebra. Variable: Procesos

Categorías	Descripción	Ejemplo
Resolución de problemas	Posibilidad de trabajar la resolución de problemas matemáticos en todo tipo de contextos.	ID81: «Nos ayuda a resolver problemas complejos de forma rápida».
Razonamiento y prueba	Posibilidad de trabajar demostraciones matemáticas y realizar razonamientos, hacer conjeturas y evaluar argumentos.	ID112: «GeoGebra es una herramienta que permite conjeturar y verificar dichas conjeturas».
Representación	Posibilidad de utilizar distintas representaciones de los conceptos matemáticos.	ID20: «Se visualiza de manera clara lo que es un límite de una función».
Conexiones	Posibilidad de establecer conexiones entre distintas ideas matemáticas o con la vida cotidiana.	ID21: «Porque permite la interacción de las nuevas tecnologías con el conocimiento aplicados en la vida real».
Comunicación	Posibilidad de expresar ideas matemáticas, de comunicar esas ideas y de hacer uso del lenguaje matemático.	n/a

Para realizar el análisis de las respuestas de los participantes a las preguntas abiertas (Tablas 1 y 2), cada uno de los tres investigadores realizó su propio análisis. Después se compararon las clasificaciones individuales para llegar a un consenso. Este proceso de triangulación (Flick, 2004), en el que tres investigadores actúan sobre los mismos registros, contribuye a mejorar la validez y fiabilidad internas de la investigación (Hernández et al., 2010).

3. Resultados

El contenido de esta sección se estructura de acuerdo con los cuatro objetivos de investigación señalados en la introducción.

3.1. Uso de GeoGebra

De los 129 docentes que completaron el cuestionario, solo 54 (un 41.9%) manifiestan haber utilizado en alguna ocasión GeoGebra durante su práctica profesional en los procesos de enseñanza-aprendizaje de la noción de límite de una función. Los 75 restantes manifiestan no haber utilizado nunca GeoGebra en la enseñanza del límite. En la Figura 2 se puede apreciar la distribución de esta variable en función de la experiencia de los participantes. Aunque de forma no estadísticamente significativa, se

identifica un mayor uso de GeoGebra en la enseñanza del límite por parte de los docentes de mucha experiencia. Aproximadamente, el 46% manifiestan utilizarlo, frente al 35.3% de los docentes de poca experiencia y al 43.3% de los de experiencia intermedia.

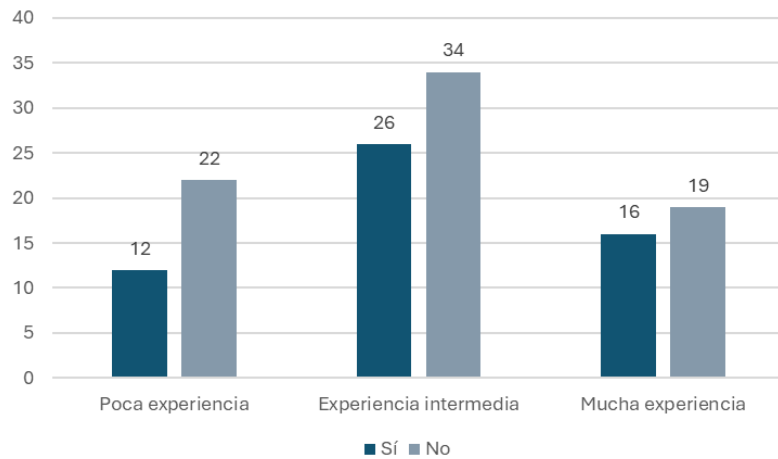


Figura 2. Uso de GeoGebra en función de la experiencia.

Los motivos expresados por los docentes que manifiestan no utilizar GeoGebra en la enseñanza del límite se clasificaron en cuatro categorías (Figura 3): ausencia de recursos tecnológicos (38.7%), falta de experiencia docente o de experiencia en la impartición del límite (25.3%), falta de conocimiento sobre el uso de GeoGebra (24%) y consideraciones didácticas, como cuestiones de planificación o dificultades de los estudiantes (8%). El resto (6 docentes) no indicó ningún motivo o la respuesta no pudo ser clasificada.

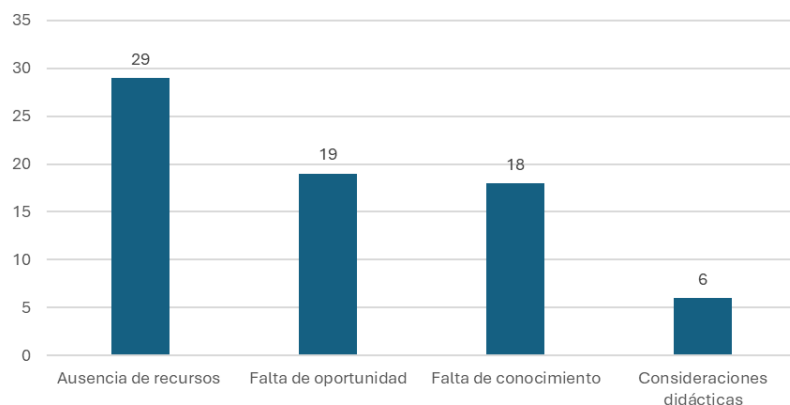


Figura 3. Motivos por los que no se utiliza GeoGebra.

Es interesante observar que, los docentes con mucha experiencia, aluden a consideraciones didácticas para justificar la falta de uso de GeoGebra, mientras que el resto de los docentes apenas menciona este tipo de consideraciones. También llama la atención que la falta de conocimiento sobre el uso de GeoGebra sea un motivo con porcentajes similares independientemente de la experiencia (Figura 4).

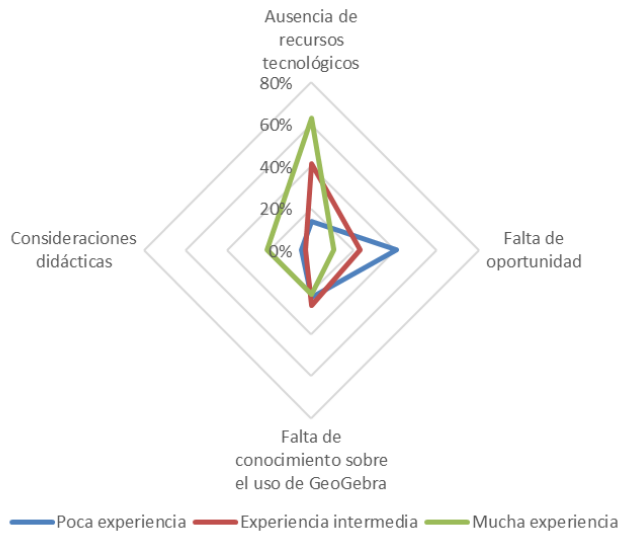


Figura 4. Motivos por los que no se utiliza GeoGebra según su experiencia.

3.2. Diseño de applets

La cantidad de docentes que han elaborado sus propios applets de GeoGebra para la enseñanza del límite de una función es muy baja, tan solo 8 de los 129 participantes. Esto supone que, de los 54 docentes que manifiestan haber utilizado GeoGebra en este contexto, más del 85% recurren a applets ajenos, no habiendo diseñado ni elaborado nunca un applet de GeoGebra para la enseñanza del límite. Así, la Figura 5 recoge los motivos por los cuales los docentes no elaboran sus propios applets.

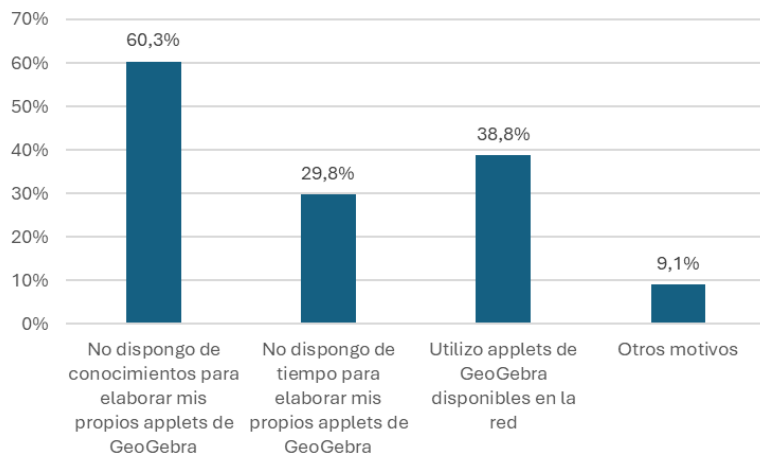


Figura 5. Motivos por los que no elaboran sus applets.

Por lo tanto, el principal motivo es la falta de conocimientos para el diseño y la elaboración de los applets de GeoGebra (60.3%). A continuación, se sitúa la utilización de los applets de GeoGebra que se encuentran disponibles en la red y, por último, la falta de tiempo para su elaboración. Además, otros motivos por los que los docentes no

elaboran sus propios applets de GeoGebra para la enseñanza del límite son la falta de experiencia docente, la falta de experiencia impartiendo este contenido y la falta de recursos tecnológicos para su elaboración y uso en el aula.

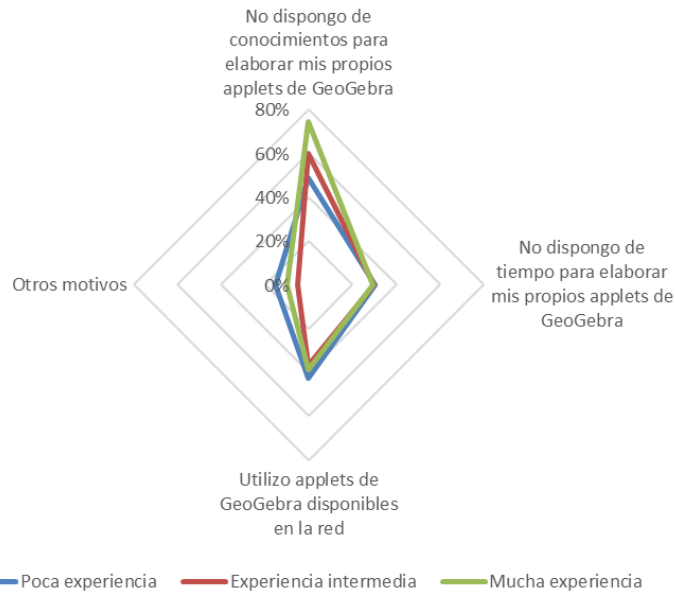


Figura 6. Motivos por los que no elaboran sus applets en función de la experiencia.

Lo más destacado del gráfico anterior (Figura 6) es que los docentes que cuentan con mucha experiencia tienden a señalar con mayor frecuencia su falta de conocimientos como motivo para no elaborar sus propios applets. Por su parte, los docentes con poca experiencia esgrimen otros motivos por los que no han podido elaborar sus applets de GeoGebra (por ejemplo, la falta de experiencia docente) en un porcentaje superior a los docentes con intermedia o mucha experiencia. Para el resto de los motivos, los porcentajes son prácticamente iguales con independencia de la experiencia.

3.3. Uso y utilidad

En una pregunta del cuestionario (Anexo I), se aborda la importancia que se le otorga a distintas características de los applets de GeoGebra para su utilización en la enseñanza del límite de una función. En la Figura 7, se muestran los resultados obtenidos.

Analizando este gráfico, se aprecia cómo la interactividad es la característica a la que un mayor porcentaje de participantes en este estudio (64.2%) ha otorgado la máxima puntuación a la hora de utilizarlos en la enseñanza del límite, seguida de la posibilidad de combinar varios sistemas de representación del límite (54.7%). Menor relevancia parece tener la posibilidad de abordar conjuntamente varios aspectos conceptuales del límite, ya que tan solo el 39.6% de los docentes ha estimado oportuno otorgarle la máxima importancia. De hecho, las dos primeras características comparten mediana (5), mientras que la mediana de esta última característica de los applets de GeoGebra es de 4. Entre las otras características que llevan al profesorado a

utilizar los applets de GeoGebra en el proceso de enseñanza del límite, se encuentran la simplificación del proceso de visualización de conceptos matemáticos para los estudiantes (en particular, del límite de una función) y su facilidad de uso.

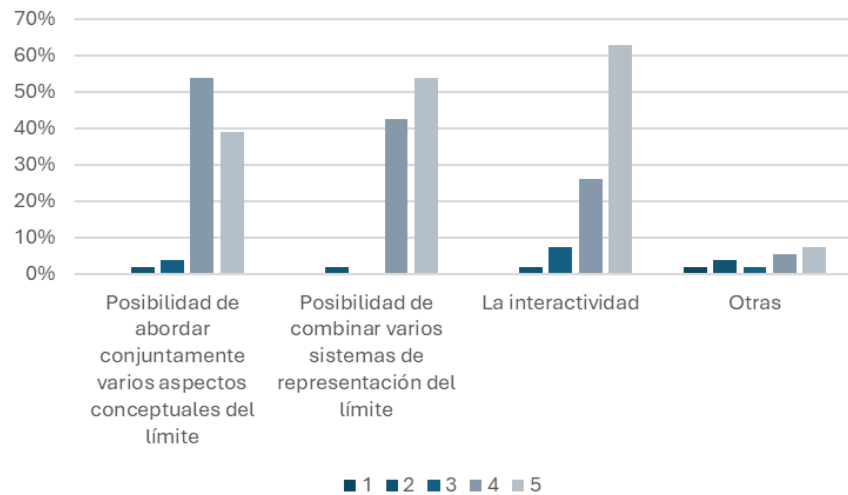


Figura 7. Importancia de las características de los applets.

El siguiente gráfico (Figura 8) muestra que el porcentaje de docentes que otorga la máxima puntuación a cada una de las características es muy similar con independencia de la experiencia docente.

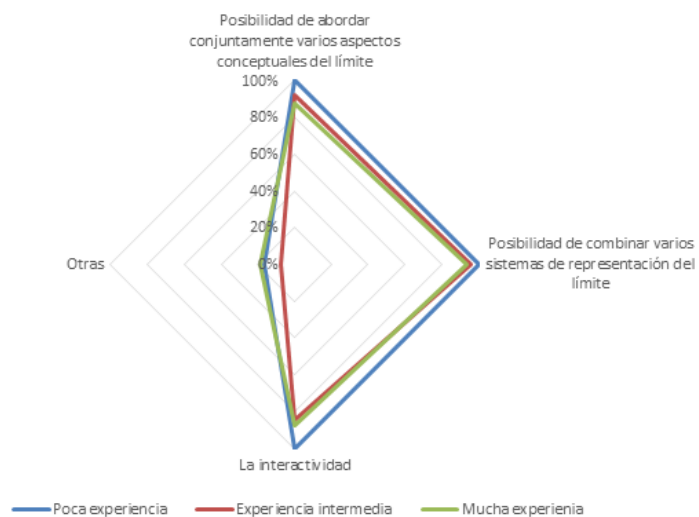


Figura 8. Porcentaje de puntuaciones máximas según la experiencia.

También se propuso una pregunta abierta para identificar los motivos por los que les ha resultado útil utilizar applets de GeoGebra en la enseñanza del límite de una función. Para analizar las respuestas a esta pregunta, se realizaron tres clasificaciones diferentes. En cuanto al criterio didáctico, casi el 39% de los docentes que utilizan

GeoGebra menciona motivos relativos a la enseñanza del límite, mientras que más del 46% hacen referencia a cuestiones sobre el aprendizaje de dichos conceptos, poniendo el foco de atención en los estudiantes. Casi un 30% de los docentes expone motivos que no hacen referencia a ninguna de estas dos cuestiones (Figura 9).

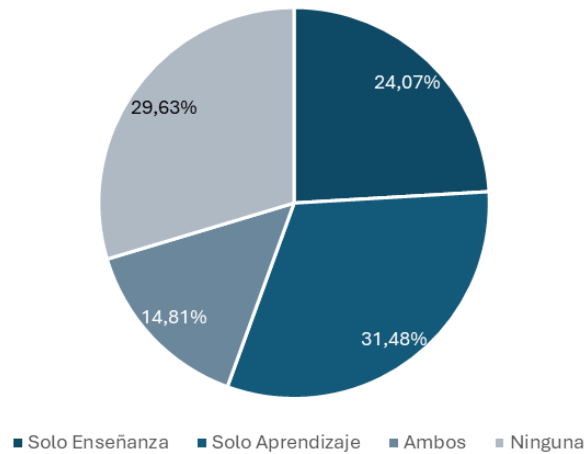


Figura 9. Criterios didácticos sobre la utilidad del uso de GeoGebra.

Por otro lado, se analiza la distribución de las respuestas que mencionan algunas de las principales ventajas del uso de GeoGebra (Figura 10). Destaca la capacidad de visualización como la principal ventaja, reconocida por más del 53% de los docentes, así como la ayuda en la comprensión del concepto de límite (31.5%). En el extremo opuesto se sitúan el apoyo en la resolución de problemas (11.1%) y los aspectos afectivos o motivacionales (9.3%).

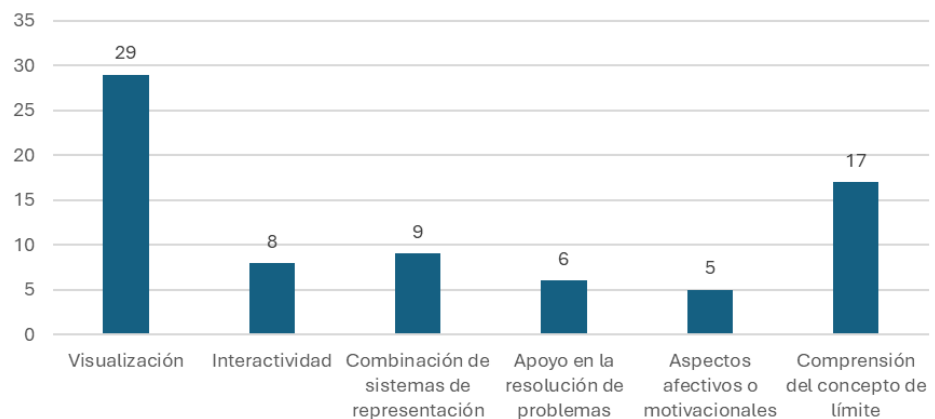


Figura 10. Ventajas del uso de GeoGebra.

En la Figura 11 se puede observar que la frecuencia con que se mencionan estas ventajas del uso de GeoGebra apenas presenta dependencia de la experiencia docente.



Figura 11. Ventajas del uso de GeoGebra según la experiencia.

Respecto a la cantidad de ventajas del uso de GeoGebra en la enseñanza del límite indicadas por cada uno de los docentes, ninguno expresa más de 3 ventajas. Los docentes con más experiencia tienden a considerar 3 ventajas simultáneas en mayor proporción que sus compañeros (Figura 12).

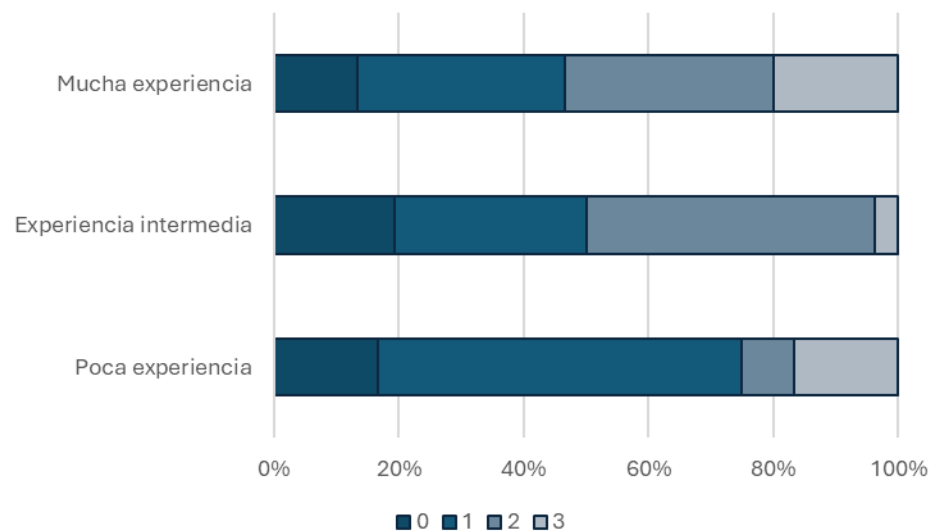


Figura 12. Número de ventajas del uso de GeoGebra según la experiencia.

En tercer lugar, se clasifican las respuestas sobre el interés de utilizar GeoGebra en la enseñanza del límite atendiendo a los procesos matemáticos definidos por la NCTM. Destaca muy por encima del resto la representación, siendo indicada por más del 54% de los docentes (Figura 13). Sin embargo, la comunicación no es mencionada por ninguno de los docentes que utiliza GeoGebra como un proceso tenido en cuenta.

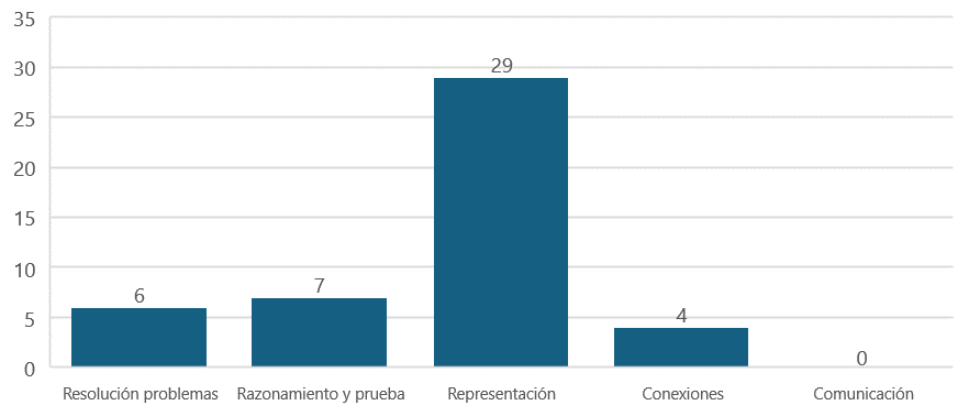


Figura 13. Procesos matemáticos (NCTM) considerados para el uso de GeoGebra.

Llama la atención que los docentes con poca experiencia no mencionan el razonamiento y prueba entre los procesos que citan. Además, destaca la poca importancia que le dan los docentes con experiencia intermedia a las conexiones y los de poca experiencia a la resolución de problemas, frente a sus colegas, que les dan más importancia (Figura 14).

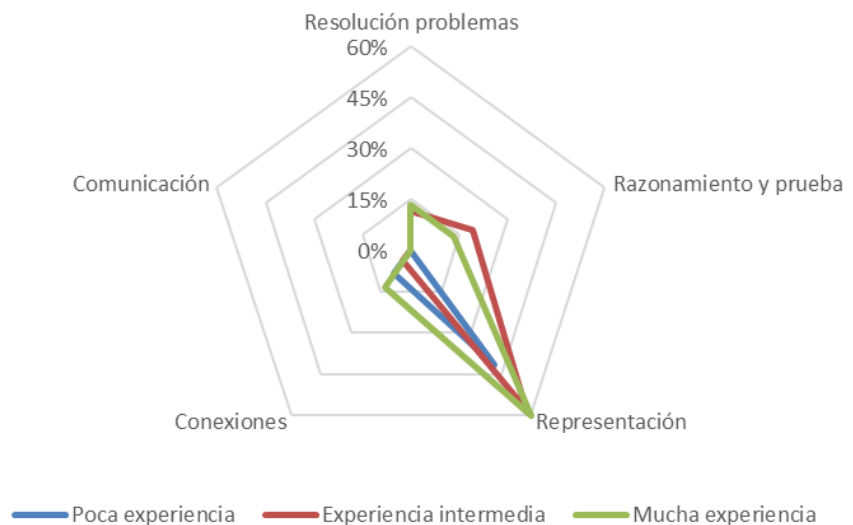


Figura 14. Procesos matemáticos (NCTM) considerados según la experiencia.

Respecto al número de procesos matemáticos considerados, tan solo se identifica un docente, de experiencia intermedia, que menciona 3 procesos de manera simultánea, mientras que nunca se mencionan más de 3 procesos. Por otro lado, aproximadamente el 30% de los docentes no menciona ningún proceso (Figura 15).

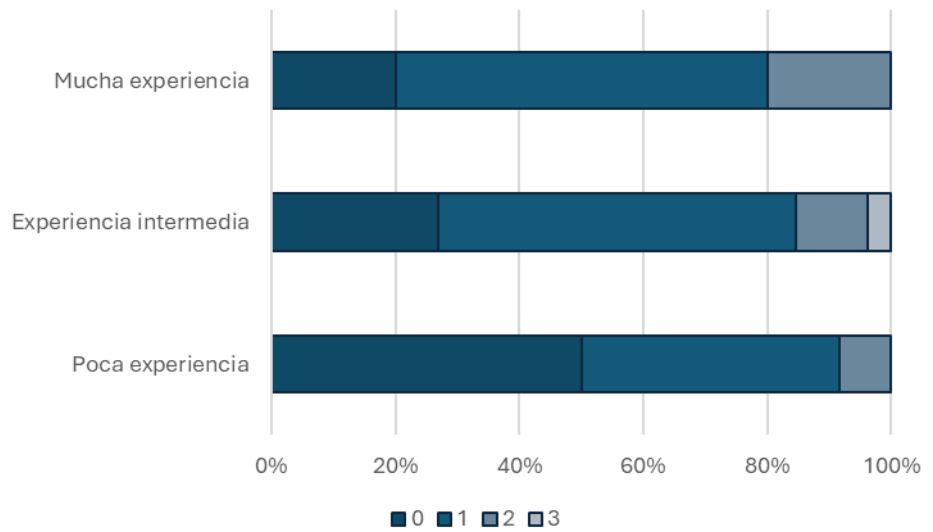


Figura 15. Número de procesos matemáticos (NCTM) considerados según la experiencia.

3.4. Momentos de uso

En primer lugar, se consultó acerca de los distintos momentos del proceso de enseñanza del límite en los que se hace uso de los applets de GeoGebra. Pues bien, el 83.3% considera que el momento adecuado para emplearlos es al mostrar ejemplos, mientras que el 77.8% los utiliza al resolver ejercicios. A continuación, se sitúan la introducción de conceptos y la resolución de problemas contextualizados, mientras que poco más de la cuarta parte (25.9%) hacen uso de los applets de GeoGebra en la evaluación (Figura 16).

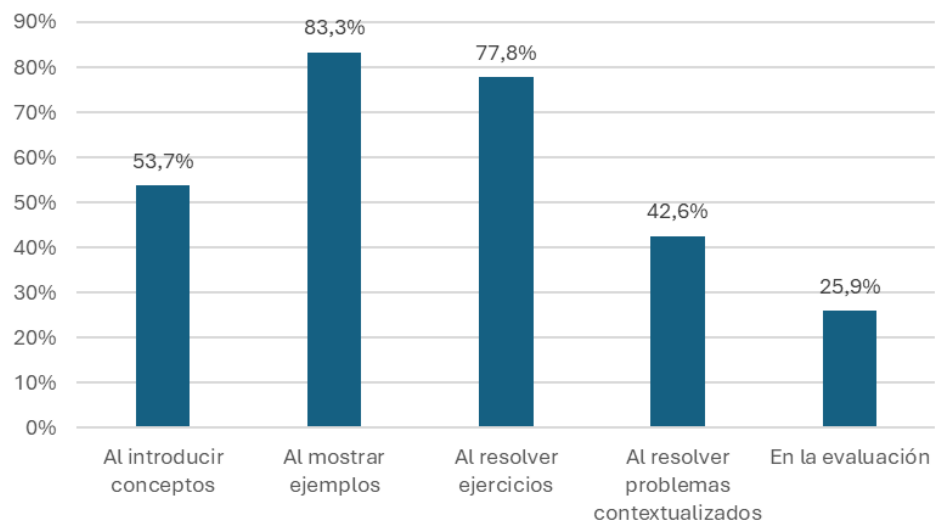


Figura 16. Momentos de uso de GeoGebra.

Si analizamos los momentos del proceso de enseñanza del límite en los que los docentes utilizan los applets de GeoGebra atendiendo a su experiencia, en la Figura 17 podemos observar que los docentes con poca experiencia apenas hacen uso de esta herramienta en el proceso de evaluación. Además, también cabe destacar la diferencia entre los porcentajes de los docentes con mucha experiencia (análogamente para los de poca experiencia) respecto de los de experiencia intermedia al introducir conceptos y al resolver problemas contextualizados.

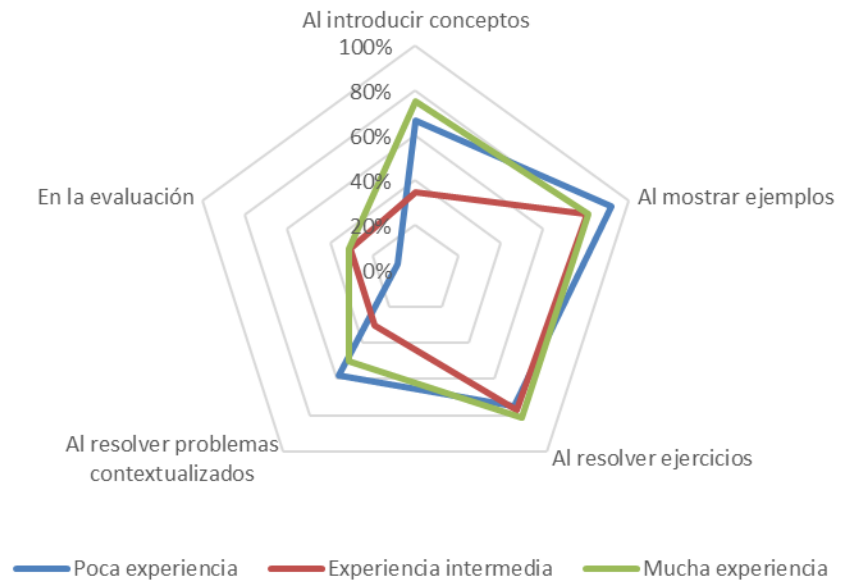


Figura 17. Momentos de uso de GeoGebra en función de la experiencia.

Respecto a la cantidad de momentos del proceso de enseñanza del límite en los que se hace uso de este tipo de recursos (Figura 18), llama la atención la escasa proporción de docentes que hace uso de los applets de GeoGebra en los cinco momentos propuestos, consecuencia del pequeño porcentaje de docentes que hacen uso de GeoGebra en la evaluación.

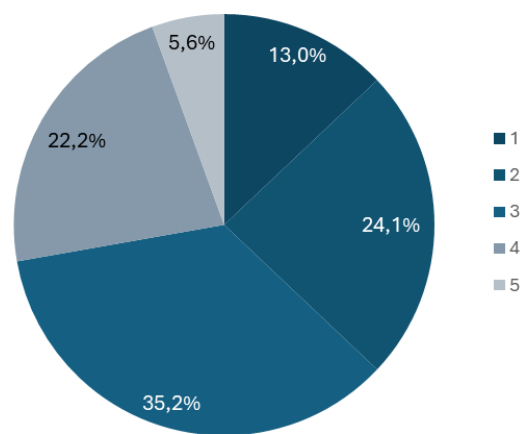


Figura 18. Cantidad de momentos de uso de GeoGebra.

Ahora bien, teniendo en cuenta la experiencia de los docentes, se observa que ninguno de los que cuenta con poca experiencia ha indicado los cinco momentos del proceso de enseñanza del límite para introducir el uso de GeoGebra. En particular, tan solo uno de estos docentes utiliza GeoGebra en la evaluación (Figura 19).

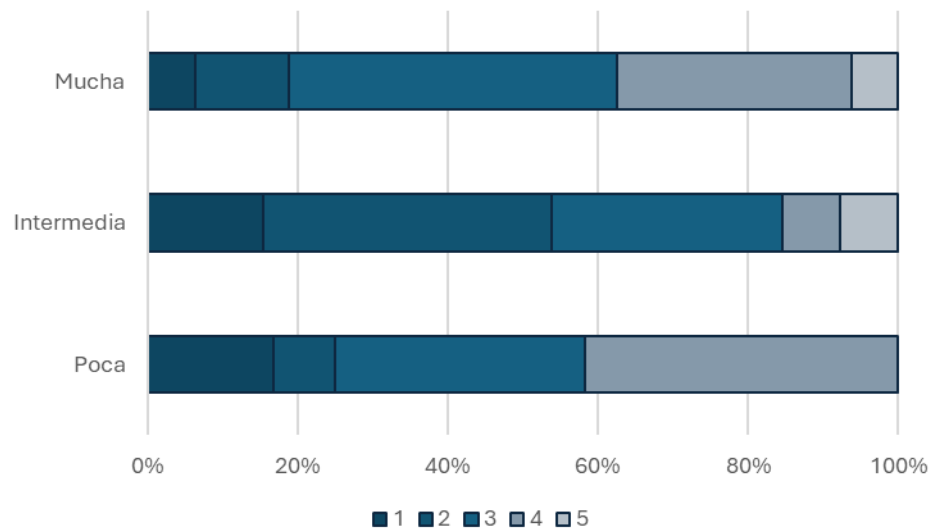


Figura 19. Cantidad de momentos de uso de GeoGebra según la experiencia.

4. Discusión y conclusiones

Se ha identificado que apenas un 42% de los docentes ha hecho uso de GeoGebra en el proceso de enseñanza del límite de una función. Además, el porcentaje de docentes que utiliza GeoGebra en este contexto aumenta con la experiencia docente, aunque en todos los casos se aprecia que este porcentaje es inferior al de los docentes que no usan GeoGebra para la enseñanza del límite. Entre los argumentos expuestos por aquellos docentes que no utilizan GeoGebra, destaca la falta de recursos tecnológicos, aunque cabe mencionar que casi la cuarta parte de estos docentes afirma carecer de conocimientos suficientes para utilizar esta herramienta (Wassie y Zergaw, 2019; Saralar-Aras, 2022).

Por otro lado, el número de docentes que manifiesta crear sus propios applets es extremadamente bajo (15%). El motivo que se aduce mayoritariamente está relacionado con la falta de formación sobre el uso del software (Musa et al., 2021; Saralar-Aras, 2022; Wassie y Zergaw, 2019) y pone de manifiesto, en términos del modelo de Koehler et al. (2013), la importancia de disponer de un conocimiento tecnológico (TK) adecuado como requisito previo para poder integrar adecuadamente el software en la práctica docente. Además, una buena cantidad de docentes manifiestan utilizar applets disponibles en la red. A este respecto, Barreras et al. (2022) señalan que los applets que se encuentran públicamente accesibles a menudo presentan ciertas deficiencias, como una escasa riqueza de representaciones y acciones o la promoción de imágenes conceptuales ineficientes en el sentido de Przenioslo (2004). Esto conlleva la necesidad de que los docentes sean «críticos a la hora de seleccionar recursos online ajenos» "(Barreras et al., 2022, p. 79) y evidencia la

importancia de ir más allá del mero conocimiento tecnológico en lo que a la formación del profesorado se refiere (McGrath et al., 2011). A su vez, casi un tercio de los participantes señala la falta de tiempo para preparar sus propios materiales, un factor limitante que también ha sido identificado en contextos como la modelización en el aula (Schmidt, 2011) o la implementación del aprendizaje basado en problemas (Nurlaily et al., 2019), por lo que resulta interesante señalar que los distintos factores mencionados por los docentes parecen tener un carácter transversal a la introducción de diversas herramientas, instrumentos o metodologías en el aula.

Además, a la hora de utilizar applets de GeoGebra, la característica más valorada por los docentes es la interactividad, seguida de la posibilidad de combinar varios sistemas de representación del límite. Tanto la interactividad (Sari, 2017), como la combinación de varios sistemas de representación (Blázquez y Ortega, 2001), han sido identificadas en la literatura como características que pueden contribuir a mejorar la comprensión del concepto de límite. Además, Barreras et al. (2022) consideran ambas características como primordiales a la hora de seleccionar los applets de GeoGebra disponibles en la web. Llama la atención que, atendiendo a la experiencia docente, apenas haya diferencias a la hora de destacar estas características.

Al analizar la utilidad del uso de GeoGebra, se ha realizado un análisis en tres niveles. En primer lugar, más del 46% de los docentes que utilizan GeoGebra ponen el foco de atención en los estudiantes, mencionando motivos relativos al aprendizaje del límite de una función; y casi el 39% hacen referencia a cuestiones sobre la enseñanza de dicho concepto. En segundo lugar, los docentes, independientemente de su experiencia, destacan dos ventajas principales del uso de GeoGebra: la visualización y la comprensión de concepto del límite. Llama la atención que las ventajas menos citadas sean la resolución de problemas (11%) y los aspectos afectivos y emocionales (9%), dada la existencia de investigaciones como la de García et al. (2021) que demuestran que el uso de GeoGebra mejora la motivación de los estudiantes. En tercer lugar, al analizar qué procesos matemáticos (NCTM) son favorecidos por el uso de GeoGebra, destaca la representación. A pesar de las ventajas demostradas del uso de GeoGebra en procesos como la comunicación, el razonamiento y argumentación y la resolución de problemas (Romero et al., 2015), ningún docente de los encuestados considera que esta herramienta permita desarrollar el proceso de comunicación.

Finalmente, el momento en que los docentes manifiestan utilizar GeoGebra con mayor frecuencia es al mostrar ejemplos, que se corresponde con un momento ilustrativo en términos de Lasa y Wilhelmi (2013). En segundo lugar, aparece la resolución de ejercicios, relacionado con un momento exploratorio. Los momentos demostrativos, que podrían vincularse en parte con la introducción de conceptos, son abordados por poco más de la mitad de los participantes que utilizan GeoGebra. Por otra parte, creemos que podría existir una cierta correlación entre los momentos en los que se introduce GeoGebra en el aula y algunos de los motivos señalados por McCulloch et al. (2018) para la utilización de tecnología en el aula. Así, el uso al resolver ejercicios o problemas contextualizados se corresponde con las oportunidades para la práctica, el uso al introducir conceptos se corresponde con dar sentido a ideas y procedimientos matemáticos y el uso al mostrar ejemplos con las oportunidades para mejorar la comprensión. Pese a que existen algunos trabajos que muestran la posibilidad de diseñar instrumentos válidos de evaluación utilizando GeoGebra (Rosyidi et al., 2024), observamos que el menor uso de GeoGebra se da en el momento de la evaluación. Esto es coherente con estudios como el de McCulloch et al. (2018),

que muestran que los docentes no identifican GeoGebra como una herramienta tecnológica para la evaluación. Además, hemos visto que la experiencia docente es un factor que influye sobre la idea de utilizar GeoGebra para este fin. Esto parece sugerir que la formación a este respecto, que encajaría dentro de Koehler et al. (2013) con lo que se denomina conocimiento tecnológico pedagógico (TPK), podría fomentar este uso de GeoGebra como herramienta de evaluación, lo que puede tener un impacto positivo en la motivación de los estudiantes (Carvalho et al., 2023).

A partir del presente trabajo, los autores se plantean ampliar el estudio para tener una muestra mayor de docentes que permita obtener resultados estadísticamente más representativos. Así mismo, dentro del proyecto de investigación en el que se enmarca este trabajo, se contempla la transferencia de los resultados, orientada a la formación docente sobre el uso de GeoGebra en Educación Secundaria.

5. Reconocimientos

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por un Proyecto-Propio UNIR2024, concedido al grupo de investigación en Didáctica de las Matemáticas y de las Ciencias Experimentales (DIMACE) de UNIR. A su vez, el tercer autor ha sido financiado por el grupo S60_23R «Investigación en Educación Matemática» del Gobierno de Aragón.

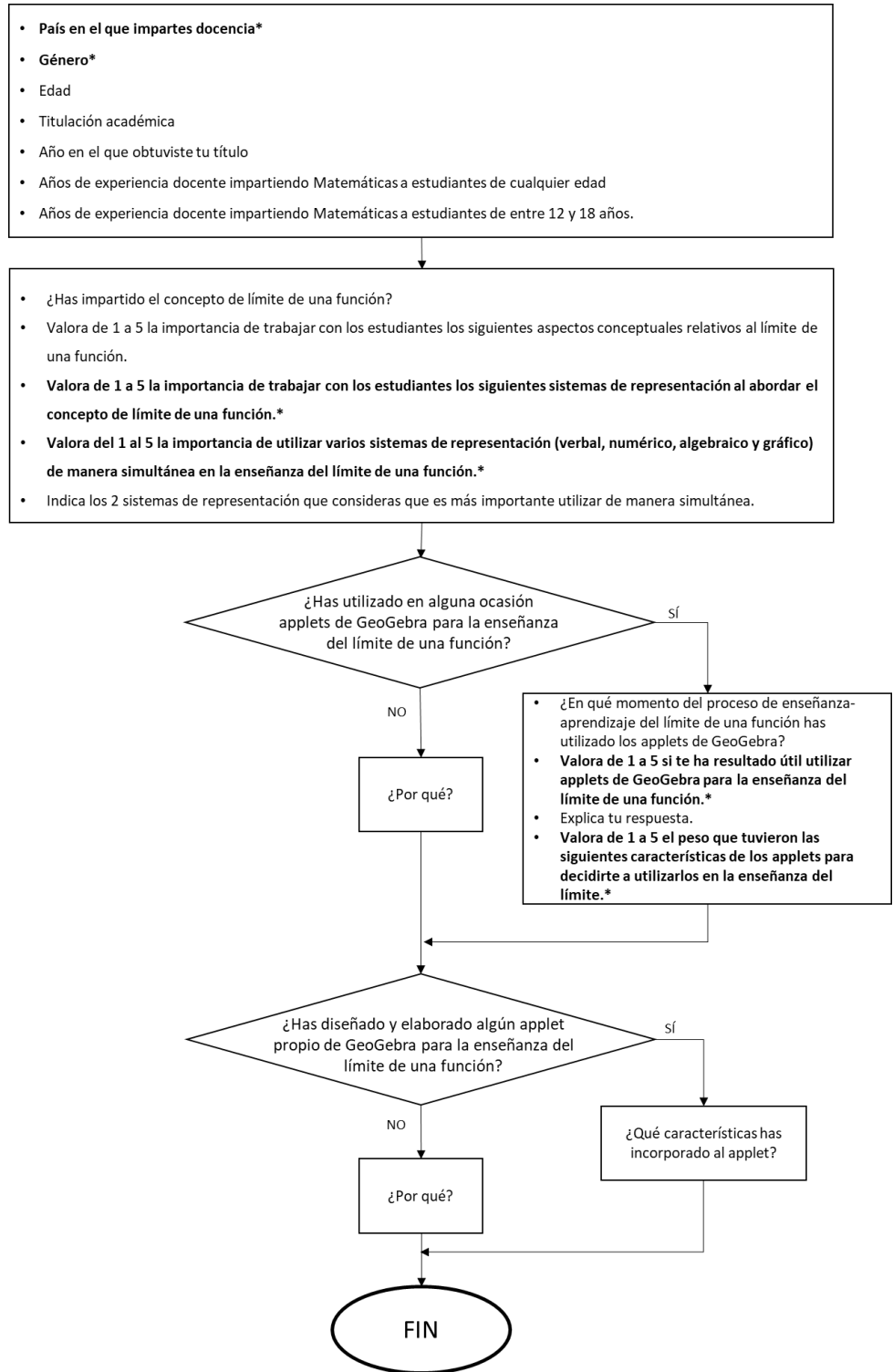
6. Referencias

- Arnal-Bailera, A. y Oller-Marcén, A. M. (2020). Construcciones geométricas en GeoGebra a partir de diferentes sistemas de representación: un estudio con maestros de primaria en formación. *Educación Matemática*, 32(1), 67-98. <https://doi.org/10.24844/EM3201.04>
- Barreras, A., Dubarbie, L. y Oller-Marcén, A. M. (2022). Análisis de applets de GeoGebra para la enseñanza del límite de una función. *Bordón. Revista de Pedagogía*, 74(4), 65-83. <https://doi.org/10.13042/Bordon.2022.93361>
- Blaikie, N. (2003). *Analyzing quantitative data*. SAGE.
- Blázquez, S. y Ortega, T. (2001). Los sistemas de representación en la enseñanza del límite. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 4(3), 219-236.
- Caligaris, M. G., Schivo, M. E. y Romiti, M. R. (2015). Calculus & GeoGebra, an interesting partnership. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 174, 1183-1188. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3653>
- Carvalho, P., Descalço, L. y Gonçalves, H. F. (2023). Using Computer Algebra Systems in Teaching and Assessment in Calculus. En L. Gómez, C. González y J. Lees (Eds.). *EDULEARN23 Proceedings* (pp. 2041-2048). IATED.
- Creswell, J. W. (2012). *Educational research. Planning, conducting and evaluating quantitative and qualitative research*. Pearson.
- Dockendorff, M. y Solar, H. (2016). Formación de profesorado: conceptualización del uso del software GeoGebra en la enseñanza de la matemática en educación media como parte de la didáctica de la disciplina. *RECHIEM. Revista Chilena de Educación Matemática*, 10(1), 92-99.
- Elangovan, N. y Sundaravel, E. (2021). Method of preparing a document for survey instrument validation by experts. *MethodsX*, 8, 101326. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2021.101326>
- Flick, U. (2004). Triangulation in qualitative research. En U. Flick, E. von Kardoff e I. Steinke (Eds.). *A companion to qualitative research* (pp. 78-183). SAGE.
- García, M. M., Romero, I. M. y Gil, F. (2021). Efectos de trabajar con GeoGebra en el aula en la relación afecto-cognición. *Enseñanza de las Ciencias*, 39(3), 177-198.

- <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3653>
- García-Lázaro, D. y Martín-Nieto, R. (2023). Competencia matemática y digital del futuro docente mediante el uso de GeoGebra. *ALTERIDAD. Revista de Educación*, 18(1), 85-98. <https://doi.org/10.17163/alt.v18n1.2023.07>
- González Pérez, A. y De Pablos Pons, J. (2015). Factores que dificultan la integración de las TIC en las aulas. *Revista de Investigación Educativa*, 33(2), 401-417. <http://dx.doi.org/10.6018/rie.33.2.198161>
- Guarin, S. A. y Parada, S. E. (2023). Acciones y expresiones de la comprensión del límite de una función en un punto, por estudiantes de cálculo diferencial. *Educación Matemática*, 35(1), 197-228. <https://doi.org/10.24844/em3501.08>
- Hernández, R., Fernández C. y Baptista P. (2010). *Metodología de la Investigación*. Mc Graw Hill.
- Hohenwarter, J., Hohenwarter, M. y Lavicza, Z. (2009). Introducing dynamic mathematics software to secondary school teachers: the case of GeoGebra. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 28(2), 135-146.
- Huang, R. y Li, Y. (2012). What matters most: A comparison of expert and novice teachers' noticing of mathematics classroom events. *School science and mathematics*, 11(7), 420-432. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2012.00161.x>
- Hutkemri, E. Z. (2014). Impact of using GeoGebra on students' conceptual and procedural knowledge of limit function. *Mediterranean Journal of Social Sciences*, 5(23), 873-881. <https://doi.org/10.5901/mjss.2014.v5n23p873>
- Iranzo, N. y Fortuny, J. M. (2009). La influencia conjunta del uso de GeoGebra y lápiz y papel en la adquisición de competencias del alumnado. *Enseñanza de las Ciencias*, 27(3), 433-446. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3653>
- Koehler, M. J., Mishra, P. y Cain, W. (2013). What is Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK)? *Journal of Education*, 193(3), 13-19. <https://doi.org/10.1177/002205741319300303>
- Lasa, A. y Wilhelmi, M. R. (2013). Use of GeoGebra in explorative, explanatory and demonstrative moments. *Revista do Instituto GeoGebra Internacional de Sao Paulo*, 2(1), 52-64.
- Marange, I. Y. y Tatira, B. (2023). Teaching Euclidean geometry with GeoGebra: Perceptions for in-service mathematics teachers. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 19(12), em2367. <https://doi.org/10.29333/ejmste/13861>
- Martinovic, D. y Karadag, Z. (2012). Dynamic and interactive mathematics learning environments: the case of teaching the limit concept. *Teaching Mathematics and Its Applications: International Journal of the IMA*, 31(1), 41-48. <https://doi.org/10.1093/teamat/hrr029>
- McCulloch, A. W., Hollebrands, K., Lee, H., Harrison, T. y Mutlu, A. (2018). Factors That Influence Secondary Mathematics Teachers' Integration of Technology in Mathematics Lessons. *Computers & Education*, 123(4), 26-40. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.04.008>
- McGrath, J., Karabas, G. y Willis, J. (2011). From TPACK concept to TPACK practice: An analysis of the suitability and usefulness of the concept as a guide in the real world of teacher development. *International Journal of Technology in Teaching and Learning*, 1(1), 1-23.
- Musa, M., Mamat, Y. y Ghazali, M. (2021). Teachers' Status of GeoGebra Use in The Teaching of Geometric Transformation. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education*, 12(14), 4326-4332. <https://doi.org/10.17762/turcomat.v12i14.11294>
- NCTM (2000). *Principles and standards for school mathematics*. National Council of Teachers of Mathematics.
- Nurlaily, V. A., Soegiyanto, H. y Usodo, B. (2019). Elementary School Teachers' Obstacles in the Implementation of Problem-Based Learning Model in Mathematics Learning. *Journal on Mathematics Education*, 10(2), 229-238. <https://doi.org/10.22342/jme.10.2.5386.229-238>

- OECD (2013). ¿Qué se puede hacer para ayudar a los profesores noveles? *Teaching in Focus*, 2.
- Perrin-Glorian, M. J. (1999). A study of teachers' practice, organization of contents and of the students's work. En K. Krainer y F. Goffree (Eds.). *On research in teacher education. From a study of teaching practices to issues in teacher education* (pp. 171-186). Forschungsinstitut für Mathematikdidaktik.
- Przenioslo, M. (2004). Images of the limit of function formed in the course of mathematical studies at the university. *Educational Studies in Mathematics*, 55, 103-132.
<https://doi.org/10.1023/B:EDUC.0000017667.70982.05>
- Rodríguez, L., Bravo, J. L., Pérez, A. y Rodríguez, N. (2020). El GeoGebra como recurso didáctico para la comprensión de las formas indeterminadas del límite. *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa*, 33(1), 751-762.
- Romero, I. M. y García, M. M. (2023). Mathematical attitudes transformation when introducing GeoGebra in the secondary classroom. *Education and Information Technologies*, 1-26.
<https://doi.org/10.1007/s10639-023-12085-w>
- Romero, I. M., García, M. M. y Codina, A. (2015). Developing mathematical competencies in secondary students by introducing dynamic geometry systems in the classroom. *Education and Science*, 40(177), 43-58.
<http://dx.doi.org/10.15390/EB.2015.2640>
- Rosyidi, A. H., Sari, Y. M., Fardah, D. K. y Masriyah, M. (2024). Designing mathematics problem-solving assessment with GeoGebra Classroom: proving the instrument validity. *Journal of Education and Learning (EduLearn)*, 18(3), 1030-1038.
<https://doi.org/10.11591/edulearn.v18i3.21191>
- Saralar-Aras, I. (2022). An exploration of middle school mathematics teachers' beliefs and goals regarding a dynamic tool in mathematics lessons: Case of GeoGebra. *Journal of Research in Science, Mathematics and Technology Education*, 5(S1), 41-63.
<https://doi.org/10.31756/jrsmt.113SI>
- Sari, P. (2017). GeoGebra as a means for understanding limit concepts. *Southeast Asian Mathematics Education Journal*, 7(2), 71-84.
<https://doi.org/10.46517/seamej.v7i2.55>
- Schmidt, B. (2011). Modelling in the classroom: Obstacles from the teacher's perspective. En G. Kaiser, W. Blum, R. Borromeo Ferri y G. Stillman (Eds.). *Trends in teaching and learning of mathematical modelling: ICTMA14* (pp. 641-651). Springer.
https://doi.org/10.1007/978-94-007-0910-2_61
- Takaci, D., Stankov, G. y Milanovic, I. (2015). Efficiency of learning environment using GeoGebra when calculus contents are learned in collaborative groups. *Computers & Education*, 82, 421-431.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.12.002>
- Tall, D. (1991). The Psychology of Advanced Mathematical Thinking. En D. Tall (Ed.). *Advanced Mathematical Thinking* (pp. 3-21). Kluwer. https://doi.org/10.1007/0-306-47203-1_1
- Wassie, Y. A. y Zergaw, G. A. (2019). Some of the potential affordances, challenges and limitations of using GeoGebra in mathematics education. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 15(8), em1734.
<https://doi.org/10.29333/ejmste/108436>
- Zengin, Y. (2017a). The potential of GeoGebra software for providing mathematical communication in the light of pre-service teachers' views. *Necatibey Faculty of Education Electronic Journal of Science and Mathematics Education*, 11(1), 101-127.
- Zengin, Y. (2017b). The effects of GeoGebra software on preservice mathematics teachers' attitudes and views toward proof and proving. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 48(7), 1002-1022.
<https://doi.org/10.1080/0020739X.2017.1298855>

ANEXO I. Diagrama de flujo del cuestionario.



* preguntas modificadas tras el juicio de expertos.