



## El aprendizaje móvil en educación superior: una experiencia desde la formación de ingenieros

Mobile learning in higher education: an experience from Engineering Education

Aprendizagem móvel no ensino superior: uma experiência com a educação de engenheiros

Vladimir Alfonso Ballesteros-Ballesteros<sup>1</sup>   
Óscar Iván Rodríguez-Cardoso<sup>2</sup>   
Sébastien Lozano-Forero<sup>3</sup>   
Jorge Luis Nisperuza-Toledo<sup>4</sup>

**Recibido:** agosto 2019

**Aceptado:** abril 2020

**Para citar este artículo:** Ballesteros-Ballesteros, V. A., Rodríguez-Cardoso, O. I., Lozano-Forero, S., Nisperuza-Toledo, J. L. (2020). El aprendizaje móvil en educación superior: una experiencia desde la formación de ingenieros. *Revista Científica*, 38(2), 243-257. <https://doi.org/10.14483/23448350.15214>

### Resumen

Este artículo presenta los resultados de un proyecto de investigación desarrollado en la Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas de la Fundación Universitaria Los Libertadores (Bogotá, Colombia). Este tuvo como objetivo describir los efectos y las experiencias de la incorporación de la aplicación Calculadora Gráfica de GeoGebra durante el aprendizaje de la noción de límite a partir de la integración de dispositivos móviles al aula de clase. Se empleó un diseño explicativo secuencial con el ánimo de validar la hipótesis relacionada con una influencia positiva del aprovechamiento de teléfonos inteligentes y tabletas en el desempeño académico. En la etapa cuantitativa se realizó un diseño experimental de cuatro grupos de Solomon y durante la etapa cualitativa se

aplicó un test actitudinal y se desarrollaron entrevistas semiestructuradas con estudiantes que participaron del tratamiento con la aplicación móvil. Los resultados obtenidos en el postest por los grupos experimentales superaron a los obtenidos por los grupos control que participaron de una intervención mediada por recursos didácticos tradicionales. Los estudiantes que recibieron el tratamiento experimental demostraron mayor interés y motivación por el aprendizaje del tema abordado, por lo que se puede inferir que la integración de dispositivos móviles en el aula promueve formas innovadoras de aprender cálculo.

**Palabras clave:** aprendizaje móvil, formación de ingenieros, noción de límite, tecnologías digitales, Geogebra.

1. Fundación Universitaria Los Libertadores. Bogotá D.C., Colombia. [vladimir.ballesteros@libertadores.edu.co](mailto:vladimir.ballesteros@libertadores.edu.co)
2. Fundación Universitaria Los Libertadores. Bogotá D.C., Colombia. [oscar.rodriguez@libertadores.edu.co](mailto:oscar.rodriguez@libertadores.edu.co)
3. Fundación Universitaria Los Libertadores. Bogotá D.C., Colombia. [sebastien.lozano@libertadores.edu.co](mailto:sebastien.lozano@libertadores.edu.co)
4. Fundación Universitaria Los Libertadores. Bogotá D.C., Colombia. [jorge.nisperuza@libertadores.edu.co](mailto:jorge.nisperuza@libertadores.edu.co)

## Abstract

This article presents the results of a research project performed at the Faculty of Engineering and Basic Sciences of the Fundación Universitaria Los Libertadores (Bogotá, Colombia), whose objective was to describe the effects and experiences of incorporating the GeoGebra Graphing Calculator app on learning the notion of limit from the integration of mobile devices in the classroom. A sequential explanatory design was used in order to judge the hypothesis linking a positive influence of the use of smartphones and tablets and academic performance. In the quantitative stage, an experimental design of four Solomon groups was carried out and during the qualitative stage, an attitudinal test was applied and semi-structured interviews were carried out with students who participated in the treatment with the mobile application. The results obtained in the posttest by the experimental groups surpassed those obtained by the control groups that participated in an intervention based on traditional teaching resources. The students who received the experimental treatment showed greater interest and motivation for learning about the topic addressed, so it can be inferred that the integration of mobile devices in the classroom promotes other innovative ways of learning calculus.

**Keywords:** mobile learning, engineering education, notion of limit, digital technologies, Geogebra.

## Resumo

O presente artigo apresenta os resultados de um projeto de pesquisa realizado na Faculdade de Engenharia e Ciências Básicas da Fundación Universitaria Los Libertadores (Bogotá, Colombia), cujo objetivo foi descrever os efeitos e experiências da incorporação do aplicativo Graphing Calculator do GeoGebra sobre o aprendizado da noção de limite com a integração de dispositivos móveis na sala de aula. Utilizou-se o desenho explicativo seqüencial para validar a hipótese relacionada à influência positiva do uso de smartphones e tablets no desempenho acadêmico. Na etapa quantitativa, foi realizado um planejamento experimental de quatro grupos de Solomon e, na etapa qualitativa, foi aplicado um teste de atitude e entrevistas semiestruturadas com os alunos que participaram do tratamento com o aplicativo

móvel. Os resultados obtidos no postest pelos grupos experimentais excederam os obtidos pelos grupos controle que participaram de uma intervenção mediada pelos recursos tradicionais de ensino. Os alunos que receberam o tratamento experimental demonstraram maior interesse e motivação para aprender sobre o tema abordado, para que seja possível inferir que a integração de dispositivos móveis na sala de aula promove outras formas inovadoras de aprender cálculo.

**Palavras-chaves:** aprendizagem móvel, educação de engenheiros, noção de limite, tecnologias digitais, Geogebra.

## Introducción

Algunos resultados de investigaciones recientes han señalado la transición de las notaciones matemáticas tradicionales en papel a las notaciones en pantalla (incluyendo símbolos algebraicos, gráficos, tablas y figuras geométricas) con cierto efecto dramático (Ioannou *et al.*, 2017; Sangwin y Köcher, 2016). A diferencia del uso del papel y el lápiz, que solo admite notaciones estáticas y aisladas, el de computadores admite notaciones dinámicas vinculantes con varias ventajas útiles (Potkonjak *et al.*, 2016). El uso adecuado de las TIC permite a los estudiantes tener la libertad de elegir su propio tiempo, lugar y ritmo de estudio. Los materiales de aprendizaje se mejoran con diversos medios como el sonido, la narración, el video, la animación, los gráficos, etc.; lo que proporciona a los estudiantes posibilidades que se adaptan a sus diferentes estilos y ritmos de formación. A través de una planificación y una implementación adecuada, la educación apoyada por TIC puede promover la adquisición de conocimientos y habilidades como la creatividad y el pensamiento crítico (Koh *et al.*, 2015). De este modo, las nuevas formas de aprender y enseñar asientan la transformación de una pedagogía centrada en el profesor a otra centrada en el estudiante (Feist y Reid, 2018).

En el campo de la educación matemática la tecnología puede reorientar el esfuerzo dedicado a la ejecución de operaciones y dirigir la atención de

los estudiantes hacia el contexto que rodea los problemas en matemáticas. La tecnología puede favorecer las representaciones matemáticas, de manera que los estudiantes puedan resignificar sus conceptos (Stacey y Wiliam, 2012). Los recursos tecnológicos disponibles, como los sistemas de álgebra computacional, el software de geometría interactiva y los *applets*, constituyen nuevos recursos didácticos para redefinir la enseñanza de las matemáticas y, de este modo, desarrollar la resolución de problemas y la toma de decisiones entre los estudiantes, a partir de una reconceptualización que podría conducir a estrategias eficaces para mejorar el apoyo en el uso de las TIC por parte de los profesores en el aula (Sinclair, 2020). Y en esta reconceptualización el profesor de matemáticas enfrenta el desafío de facilitar el aprendizaje proporcionando a los estudiantes acceso a la tecnología de enseñanza que incluye los dispositivos móviles, el software especializado y la conexión a internet. De ahí que se establezcan nuevas formas de enseñar y, por supuesto, de aprender en las cuales los estudiantes logren incorporar las TIC con el propósito de redefinir el alcance de sus resultados de aprendizaje.

En este contexto, aparece el aprendizaje móvil (*mobile learning* o *m-learning*) como una oportunidad de aprender a través de contextos diversos e interacciones múltiples a través de dispositivos móviles (Ballesteros *et al.*, 2020). El *m-learning* constituye una etapa renovada del aprendizaje mediado por la tecnología en la que los estudiantes pueden acceder a la información, aprender de forma individual o grupal, en el aula tradicional de clase y fuera de ella, utilizando como herramienta de apoyo sus dispositivos móviles personales (Al-Emran *et al.*, 2018). Se trata, en todo caso, de una concepción tecnocéntrica que enriquece el quehacer pedagógico centrada en el estudiante y que, al mismo tiempo, debe desarrollar aspectos motivacionales y afectivos como el control, la propiedad, la diversión, la comunicación, el aprendizaje en el entorno y la continuidad entre contextos (Jeno *et al.*, 2019). El *m-learning* involucra los intereses de los estudiantes que se identifican como

parte de una comunidad digital que utiliza, a diario, artefactos tecnológicos para dinamizar su cotidianidad. Así pues, el profesor de matemáticas se ve abocado a integrar los dispositivos móviles al aula de clase o continuar negando una realidad plural abiertamente tecnológica y que distancia a la escuela de los sucesos que acontecen en la sociedad, con el mecanismo de la prohibición unilateral de estos dispositivos.

Con este escenario y con reconocimiento consciente de las necesidades de aprendizaje de los estudiantes de ingeniería de la Fundación Universitaria Los Libertadores, se propuso la siguiente pregunta de investigación: ¿qué influencia tiene en el desempeño académico y el desarrollo actitudinal de los estudiantes el uso de la aplicación móvil Calculadora Gráfica de GeoGebra (en adelante ACCG) para el aprendizaje de la noción de límite? Para responder a esta pregunta se planteó como objetivo general la necesidad de describir los efectos y las experiencias de la incorporación de la ACCG para el aprendizaje de la noción de límite con estudiantes de Ingeniería Aeronáutica a partir de la integración de dispositivos móviles al aula de clase y, de este modo, validar la hipótesis asociada a una influencia positiva del uso de esta aplicación móvil en el aprendizaje de esta noción.

## Revisión de la literatura

La revisión literaria para esta investigación se realizó con dos ejes vertebradores: el aprendizaje móvil y el software de geometría dinámica.

## Aprendizaje móvil o *m-learning*

Con la creciente cobertura de las redes móviles y el aumento en el uso de dispositivos como teléfonos inteligentes, tabletas o iPads, que son compañeros constantes para muchas personas, la industria móvil ha experimentado un rápido crecimiento tanto en los países desarrollados como en vías de desarrollo. Con una tasa de propiedad personal alta y en constante aumento, los servicios de aprendizaje

pueden desempeñar un papel cada vez más importante y eficaz en la educación. En otras palabras, la tecnología de comunicación móvil se ha infiltrado en la vida cotidiana en todo el mundo (Hao *et al.*, 2017). En años recientes han aparecido nuevos términos como aprendizaje electrónico y aprendizaje móvil. Este último se ha posicionado como la adquisición de conocimientos, habilidades y actitudes mediante la utilización de tecnologías móviles tales como teléfonos inteligentes, tabletas, iPads, etc. (Hamidi y Chavoshi, 2018). El *m-learning* permite el acceso continuo al conocimiento en cualquier momento y lugar. Mediante los dispositivos móviles se crean facilidades especiales como el envío y el almacenamiento del contenido de aprendizaje, al igual que se generan otros métodos de instrucción y un aumento de los recursos de enseñanza y de las interacciones bidireccionales; además de aportar a la flexibilidad de aprendizaje al ser decisión del estudiante el momento y lugar que desee disponer (Tang y Hem, 2017).

Todos los enfoques de enseñanza que se apoyan en las TIC se han desarrollado con la intención de mejorar la calidad de la enseñanza y promover el acceso a distintos recursos para aprender (Prada y Hernández, 2016). Aunque el aprendizaje móvil ha estado presente en la educación superior durante varios años, sigue configurándose como una tecnología emergente y aún existen preguntas sobre su despliegue. ¿Será que los estudiantes preferirán los dispositivos móviles y tendrán un mejor rendimiento si los usan en lugar de un computador?, ¿cómo se integra mejor el aprendizaje móvil en un contexto de aprendizaje?, ¿el aprendizaje móvil simplemente proporcionará otro punto de acceso a la información y la comunicación, o surgirá una pedagogía transformadora? (Hao *et al.*, 2017). Desde distintas orillas se han abordado estas inquietudes y se han desarrollado experimentos de enseñanza que enfrentan el rendimiento logrado con dispositivos móviles y el rendimiento alcanzado con otros recursos, tal vez, tradicionales (Martin y Ertzberger, 2013; Tossell *et al.*, 2015; Wong *et al.*, 2015, Saavedra, 2016).

## Software de geometría dinámica

El software de geometría dinámica (en adelante SGD) ha estado presente durante más de 30 años, llegando a la mayoría de las aulas de todo el mundo y convirtiéndose en un componente insustituible de la educación matemática. Desde el principio las herramientas de los SGD se han diseñado alrededor de un escenario central donde el usuario define varios puntos móviles y, a través de ellos, construye nuevos puntos y otros objetos geométricos que dependen de ellos para lograr su manipulación y explorar sus rutinas de variación (Plaza, 2016; Selaković *et al.*, 2019). A continuación, en la tabla 1, se relacionan las principales referencias bibliográficas que documentan el avance del SGD a lo largo del tiempo:

**Tabla 1.** Evolución del SGD

Denominación	Artículo
Geometric Supposer	Yerushalmy y Houde (1986)
Cabri	Laborde y Strasser (1990)
Cinderella	Richter-Gebert y Kortenkamp (1999)
The Geometer's Sketchpad	Jackiw (2001)
GeoGebra	Hohenwarter y Fuchs (2004)
GCLCprover	Janičić y Quaresma (2006)
Dr. Geo II	Fernandes <i>et al.</i> (2007)
KSEG	Baran (2007)
Eukleides	Obrecht (2010)
QuickDraw	Cheema <i>et al.</i> (2012)
Sketchometry	Ehmann <i>et al.</i> (2013)

**Fuente:** elaboración propia de los autores.

La característica de arrastre es simple pero muy atractiva y efectiva en la educación matemática; en lugar de explorar las figuras geométricas estáticas los estudiantes pueden explorar figuras estrechamente relacionadas arrastrando algunos puntos libres para poder observar propiedades o invariantes sobre ellas (Hussin *et al.*, 2018).

## Metodología

Para el desarrollo de este proyecto de investigación se diseñaron dos unidades didácticas. Ambas

tuvieron como objetivo central aproximar a los estudiantes a la noción de límite. La primera se centró en recursos didácticos tradicionales como la calculadora científica, lápiz y papel. La segunda fue diseñada para facilitar la interacción con la ACCG en dispositivos móviles a partir de tres actividades de aprendizaje y dos actividades de evaluación, un *pretest* y un *postest*. En comparación con otras herramientas de geometría dinámica, se optó por la ACCG porque combina el álgebra y la geometría dinámica con la función de arrastre de puntos construidos para generar nuevas interacciones con objetos matemáticos, de modo que se puede representar una amplia variedad de funciones (Hohenwarter y Fuchs, 2004).

### Construcción geométrica dinámica

El objetivo de esta construcción es generar la noción visual del límite:

$$\lim_{x \rightarrow a} f(x) = L$$

A través de herramientas de arrastre mediante la interacción con dispositivos móviles y argumentar en qué condiciones dicho límite existe. Se definen la función  $f(x)$  junto con dos puntos móviles  $A$  y  $X$  sobre el eje de las abscisas, que pueden cambiar de posición por medio de arrastre cuando se manipulan dos deslizadores, hecho que permite ver la tendencia de  $x$  al valor de  $a$  tanto por izquierda

( $x \rightarrow a^-$ ) como por derecha ( $x \rightarrow a^+$ ) (figura 1). Es importante resaltar que la manipulación de estos dos puntos es el factor que hace dinámica la construcción.

Luego, haciendo uso de las herramientas que ofrece la ACCG tales como funciones, puntos de intersección, rectas y vectores se crea un ambiente dinámico donde se ve la tendencia de  $f(x)$  cuando  $x \rightarrow a$  (figura 2).

Con esta construcción geométrica dinámica los estudiantes pudieron observar cuál era la tendencia de la función  $f(x)$  cuando, a través de arrastre, aproximaban el valor de  $x$  al valor de  $a$ .

### Primera actividad

Con esta actividad se buscó que los estudiantes pudieran explorar el límite  $f(x)$  cuando la función  $f(x)$  es continua en  $x = a$ . En la figura 3 se muestra un ejemplo desarrollado durante el tratamiento experimental donde se observó el  $\lim_{x \rightarrow 0,5} \cos(x)$ .

Sin embargo, se trabajaron más ejemplos con funciones racionales, exponenciales, trigonométricas y composiciones en puntos del dominio donde se sabe que son continuas. Esto permitió a los estudiantes ver que si la función  $f(x)$  es continua en  $x = a$ , entonces:

$$\lim_{x \rightarrow a} f(x) = \lim_{x \rightarrow a^-} f(x) = \lim_{x \rightarrow a^+} f(x) = f(a)$$

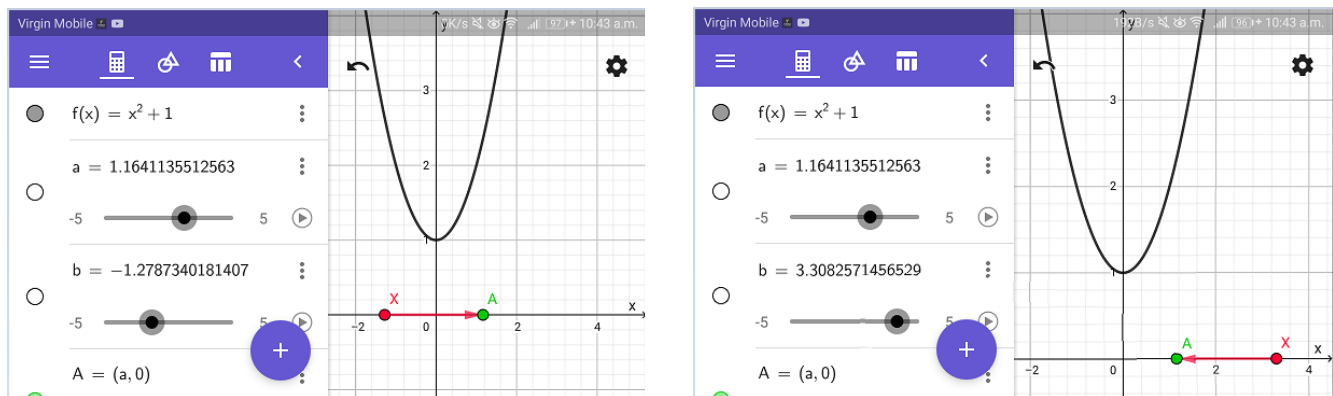


Figura 1. Puntos móviles  $A$  y  $X$  que por medio de arrastre permiten ver la tendencia de  $x$  al valor de  $a$ .

Fuente: elaboración propia de los autores.

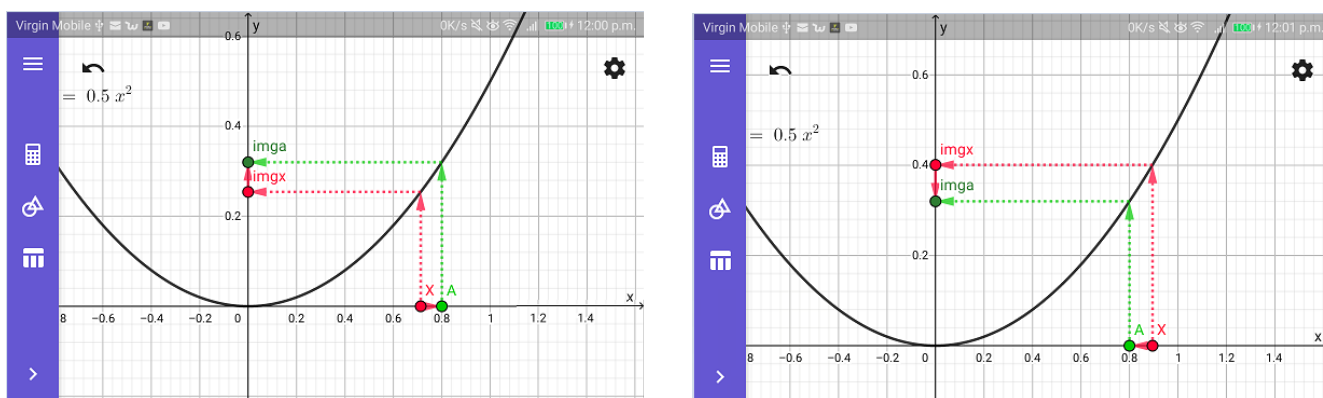


Figura 2. Tendencia de  $f(x)$  cuando  $x \rightarrow a^+$  y cuando  $x \rightarrow a^-$ .

Fuente: elaboración propia de los autores.

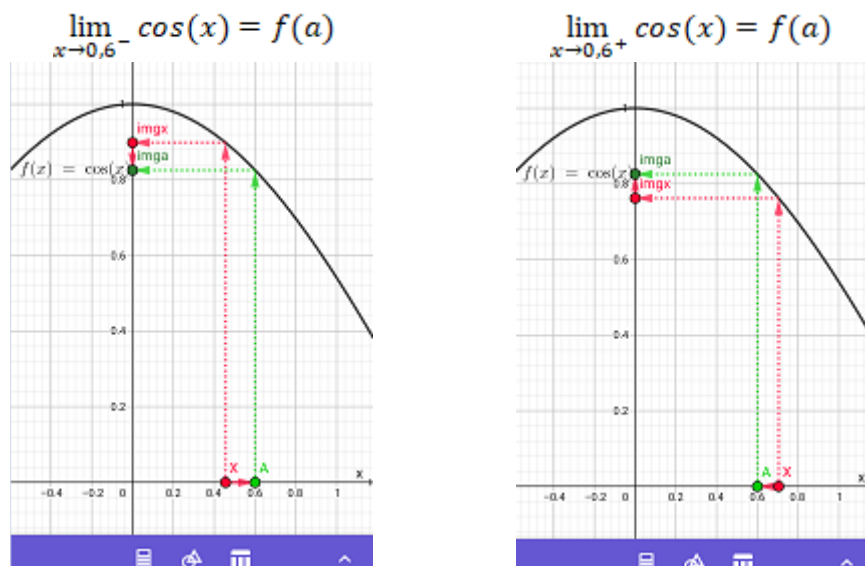


Figura 3. Ejemplo de la interacción de los estudiantes con la ACCG para la noción de límite en puntos de continuidad.

Fuente: elaboración propia de los autores.

## Segunda actividad

En esta actividad se abordó el concepto de límite  $\lim_{x \rightarrow a} f(x)$  para valores  $x = a$  del dominio de  $f(x)$  donde la función presenta discontinuidades de salto. Para esto se estudiaron funciones a trozos como:

$$f(x) = \begin{cases} x^2 & \text{si } x < 1 \\ x + 1 & \text{si } x \geq 1 \end{cases}$$

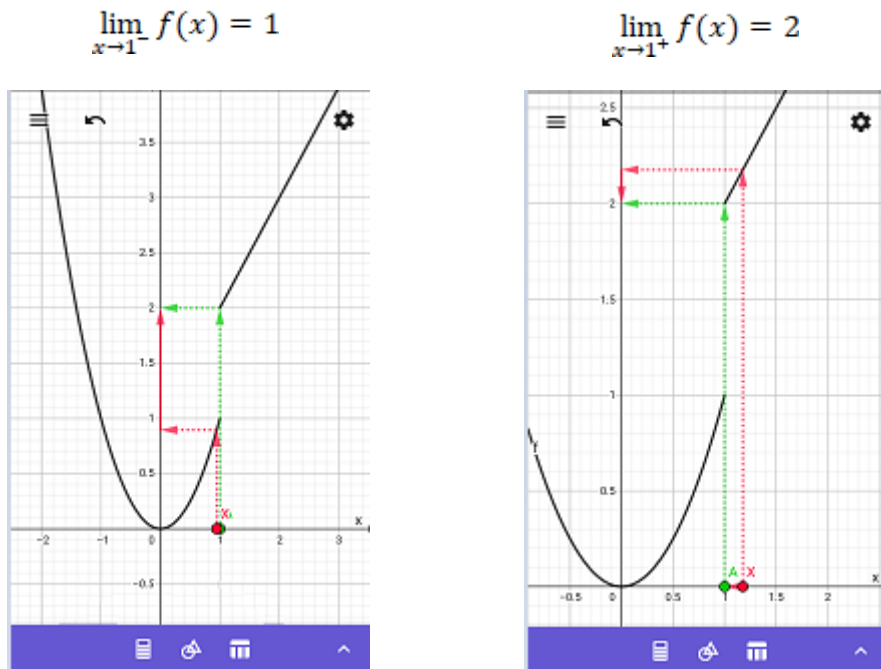
Observando a través de arrastre la tendencia de  $f(x)$  cuando  $x \rightarrow a$  por izquierda y por derecha de  $a$  (figura 4).

También se estudiaron otras funciones particulares como la función parte entera en valores enteros de  $x$  (figura 5).

El trabajo con este tipo de funciones y la exploración de las mismas a través del uso de las herramientas de arrastre que ofrece la ACCG permitió a los estudiantes interactuar con valores cercanos a  $a$  para ver que si la función  $f(x)$  tiene una discontinuidad de salto en  $x = a$ , entonces:

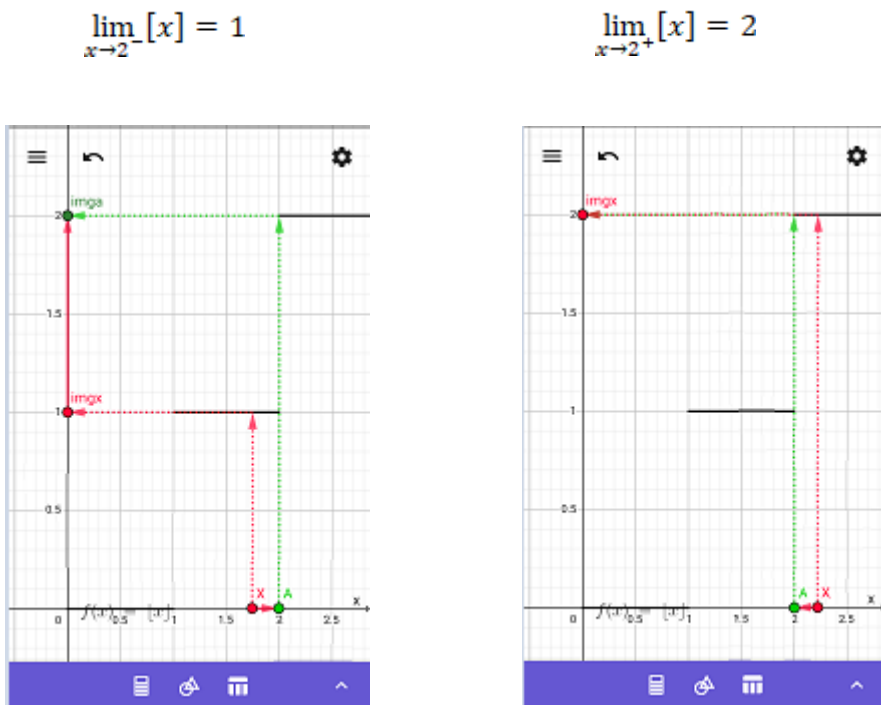
$$\lim_{x \rightarrow a^-} f(x) \neq \lim_{x \rightarrow a^+} f(x)$$

Consecuentemente  $\lim_{x \rightarrow a} f(x)$  no existe.



**Figura 4.** Análisis de la no existencia de  $f(x)$  mediante la observación de límites laterales en dispositivos móviles con la ACCG.

**Fuente:** elaboración propia de los autores.



**Figura 5.** Análisis de la no existencia de  $[x]$  mediante límites laterales en dispositivos móviles con la ACCG.

**Fuente:** elaboración propia de los autores.

### Tercera actividad

En esta actividad se trabajaron límites infinitos. Para ello se consideraron funciones racionales como:

$$f(x) = \begin{cases} \frac{x+1}{x^2-4} & \text{si } x \neq \pm 2 \\ 0 & \text{si } x = \pm 2 \end{cases}$$

Y mediante herramientas de arrastre se examinaron límites como por ejemplo  $\lim_{x \rightarrow 2} f(x)$  (figura 6).

Esta actividad permitió que los estudiantes observaran mediante arrastre que en funciones que tienen discontinuidades infinitas en  $x = a$  cuanto más se aproxima el valor de  $x$  tanto por la izquierda como por la derecha de  $a$ , los valores de  $f(x)$  decrecen o crecen sin cota. Los ejercicios en esta actividad consistieron en explorar límites de diferentes funciones con límites infinitos, por ejemplo

$$\lim_{x \rightarrow -2} \frac{\text{sen}(x)}{x+2}; \lim_{x \rightarrow 0} \frac{\text{cos}(x)}{x^2}.$$

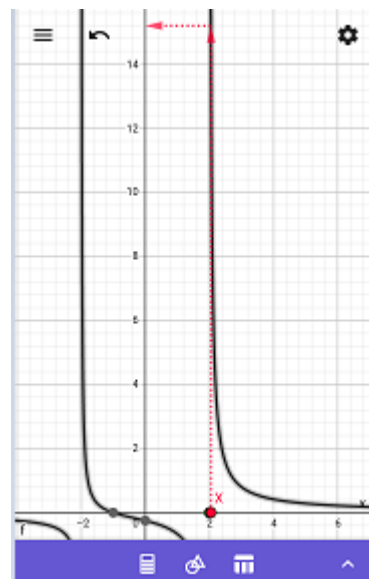
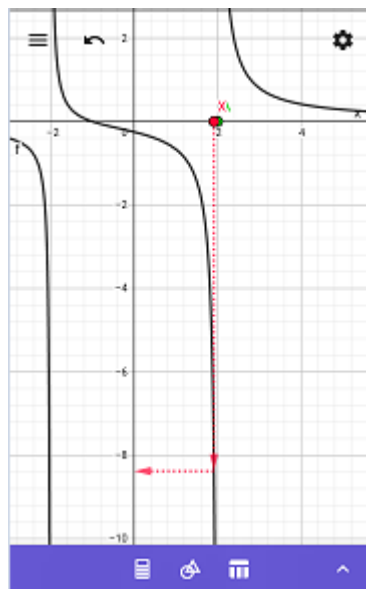
### Resultados

Para el análisis de resultados se tomó como variable de interés para el respectivo análisis el puntaje

del *postest* y la presencia (o no) del *pretest*. La figura x presenta la distribución observada de los cuatro grupos y la relación entre ellos en términos de la presencia o ausencia del *pretest* y de la intervención.

En este punto, y desde una perspectiva enteramente descriptiva y exploratoria, es posible hacer los siguientes comentarios:

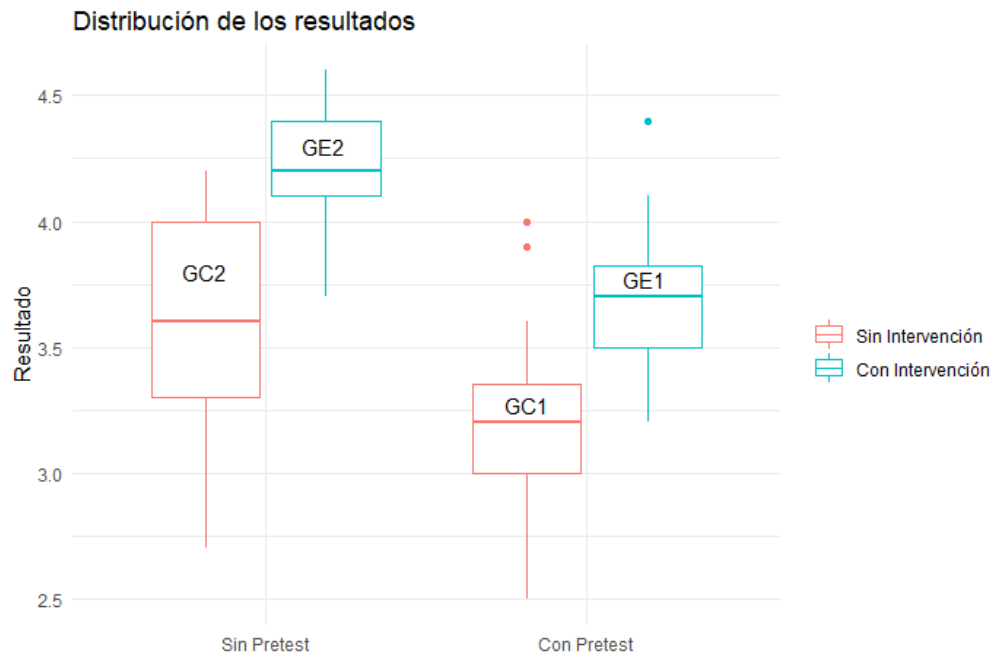
- De manera visual puede conjeturarse que la intervención tiene un efecto positivo en los grupos, pues los grupos GE1 y GE2 lograron mejores resultados que los grupos que no tuvieron la intervención con la herramienta propuesta.
- Se considera que se debe destacar la diferencia en el efecto del *pretest* (presentarlo o no) en la calificación obtenida en *postest* en los grupos control (no recibieron la intervención). Es decir, la presencia del *pretest* afecta la calificación en el *postest*.
- Podría conjeturarse inicialmente que sí existe un efecto del *pretest* en el *postest* en los grupos que sí recibieron la intervención, pues el grupo GE2 (que no presentó *pretest* y tuvo la



**Figura 6.** Observación de límites laterales que dan infinito mediante arrastre con la ACCG.

**Fuente:** elaboración propia de los autores.





**Figura 7.** Distribución observada de los resultados en los cuatro grupos considerados.  
**Fuente:** elaboración propia de los autores.

intervención mediada por la aplicación móvil) tuvo un mejor desempeño que el grupo GE1 (que sí presentó *pretest* y también contó con intervención mediada por dicha aplicación).

Para el análisis inferencial de la información recolectada se procedió de acuerdo con Braver y Braver (1988), quienes plantean una estrategia general para el análisis de este tipo de información (cuatro grupos de Solomon). Para este caso se descarta la influencia de la interacción, con una Anova de 2x2 con interacción, por lo que es pertinente analizar los resultados con una Anova de 2x2 de efectos principales en el experimento (*pretest* e intervención). La implementación computacional del estudio se realizó en el paquete estadístico R (versión 3.6.0) sobre un sistema operativo Ubuntu 18.04.4 LTS.

La tabla 2 presenta el resultado obtenido para el montaje de una Anova de 2x2 con efectos fijos. La figura 8 presenta una distribución adecuada para los residuos alrededor del intervalo de confianza (en azul) del 95 % de confianza para los residuos.

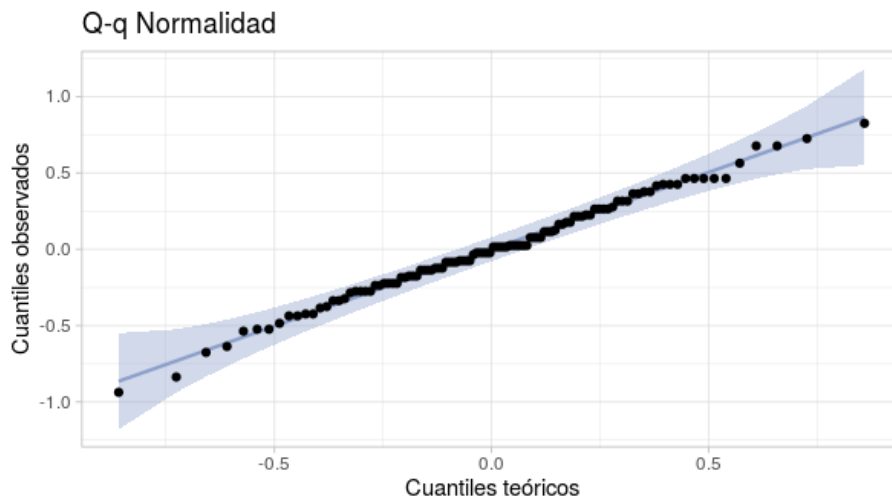
Además, el p-valor de la prueba de normalidad de Jarque-Bera para los residuos del mismo es 0,938, lo que permite concluir la normalidad de los mismos.

**Tabla 2.** Resultados de Anova de 2x2 de efectos principales sin interacciones.

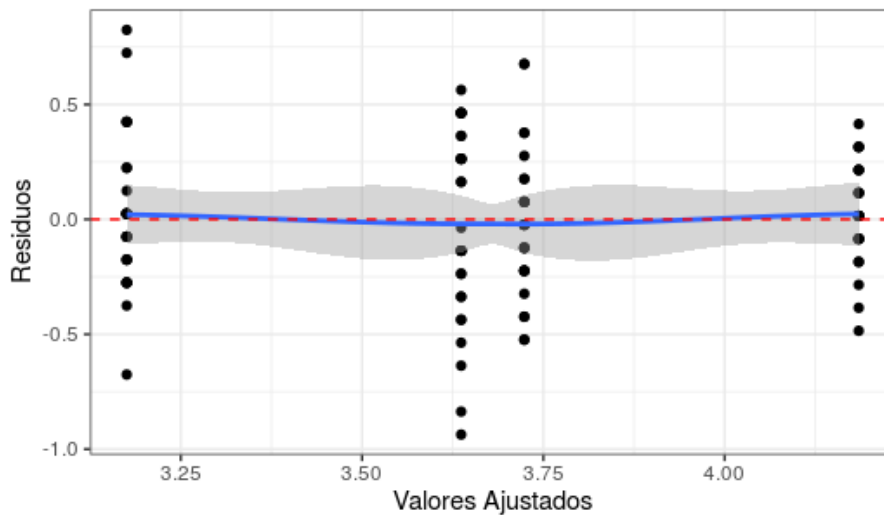
	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Estadístico de prueba (F)	p-valor
<b>Intercepto</b>	3,63665	0,05449	66,739	<2e-16
<b>Pre-test</b>	-0,46120	0,06454	-7,146	1,22e-10
<b>Intervención</b>	0,54823	0,06457	8,490	1,45e-13

**Fuente:** elaboración propia de los autores.

La figura 9 presenta una buena distribución para los valores observados respecto a sus valores estimados, lo cual muestra que no existe evidencia de desviación de alguno de los supuestos del modelo general. De esta manera, con un nivel de significancia del 5 %, hay evidencia relevante para afirmar que el modelo es válido.



**Figura 8.** Distribución observada de los resultados en los cuatro grupos considerados.  
**Fuente:** elaboración propia de los autores.



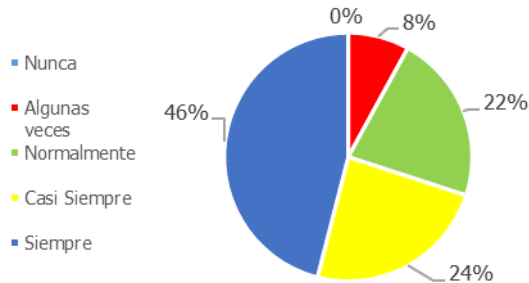
**Figura 9.** Residuos versus valores ajustados para el modelo considerado.  
**Fuente:** elaboración propia de los autores.

Según la información de la figura 9, y asumiendo un nivel de significancia del 5 %, se infiere la existencia de evidencia estadísticamente significativa para concluir que la intervención mediada por la aplicación móvil tiene efecto en los resultados del *postest*. De la misma manera, se concluye también que existe evidencia estadísticamente significativa a favor de la hipótesis de que el *pretest* sí influye en los resultados del

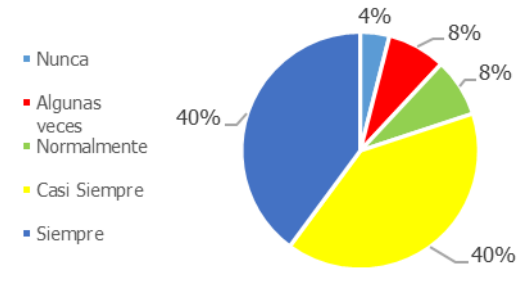
*postest*. En otras palabras, la existencia (más allá de la calificación) de la prueba de entrada tiene un efecto condicionador sobre los estudiantes durante su proceso de aprendizaje mediado por la ACCG sobre el estudio de la noción de límite para la prueba de salida. Es decir, la experiencia del *pretest* condiciona el resultado del *postest*, impidiendo así que la obtención de resultados sea clara y únicamente atribuible al tipo de

intervención. De esta forma, además de resaltar el uso de las tecnologías en el aula como medio para facilitar el aprendizaje del cálculo, se debe destacar la importancia del *pretest* en el montaje de experimentos para verificar la eficacia de una estrategia didáctica particular.

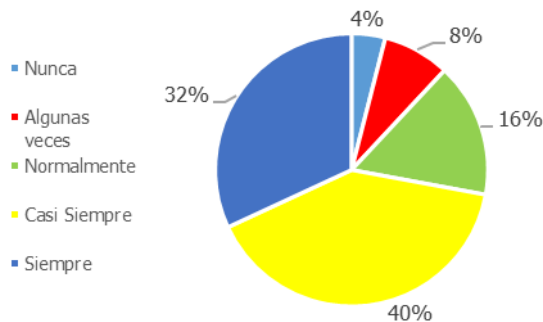
Por otra parte, en la figura 10 se presenta el análisis de la encuesta actitudinal que se aplicó a los 66 estudiantes de los grupos experimentales, en la cual se puede evidenciar una aceptación importante de la ACCG como recurso didáctico para el aprendizaje del concepto de límite.



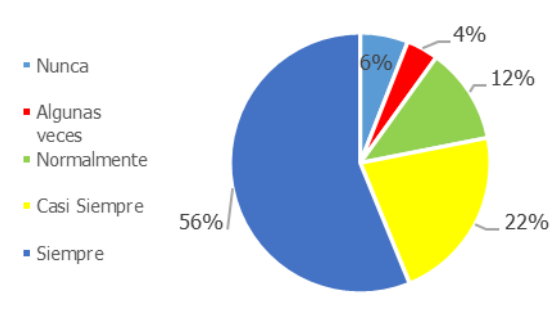
**Ítem 1.** Para mí es fácil usar ACCG: la mayor cantidad de observaciones en este ítem se concentró en la categoría "Siempre".



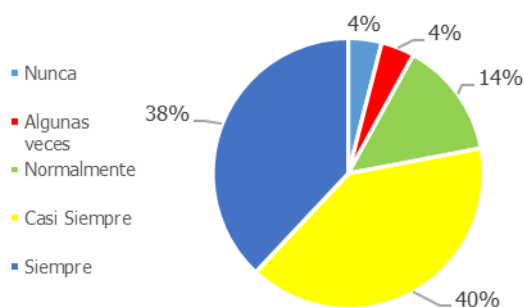
**Ítem 2.** Me gusta utilizar ACCG en clase de cálculo: la mayor cantidad de observaciones en este ítem se concentraron en la categoría "Siempre" y "Casi Siempre".



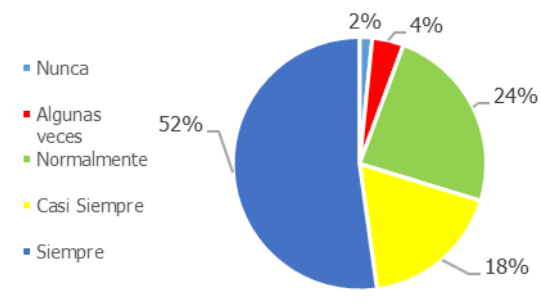
**Ítem 3.** Tener la aplicación de ACCG en mi celular o tableta me permite aprender en cualquier momento y cualquier lugar: la mayor cantidad de observaciones en este ítem se concentró en la categoría "Casi siempre".



**Ítem 4.** La ACCG me permite integrar la noción de límite y su representación en una función dada: la mayor cantidad de observaciones en este ítem se concentró en la categoría "Siempre".

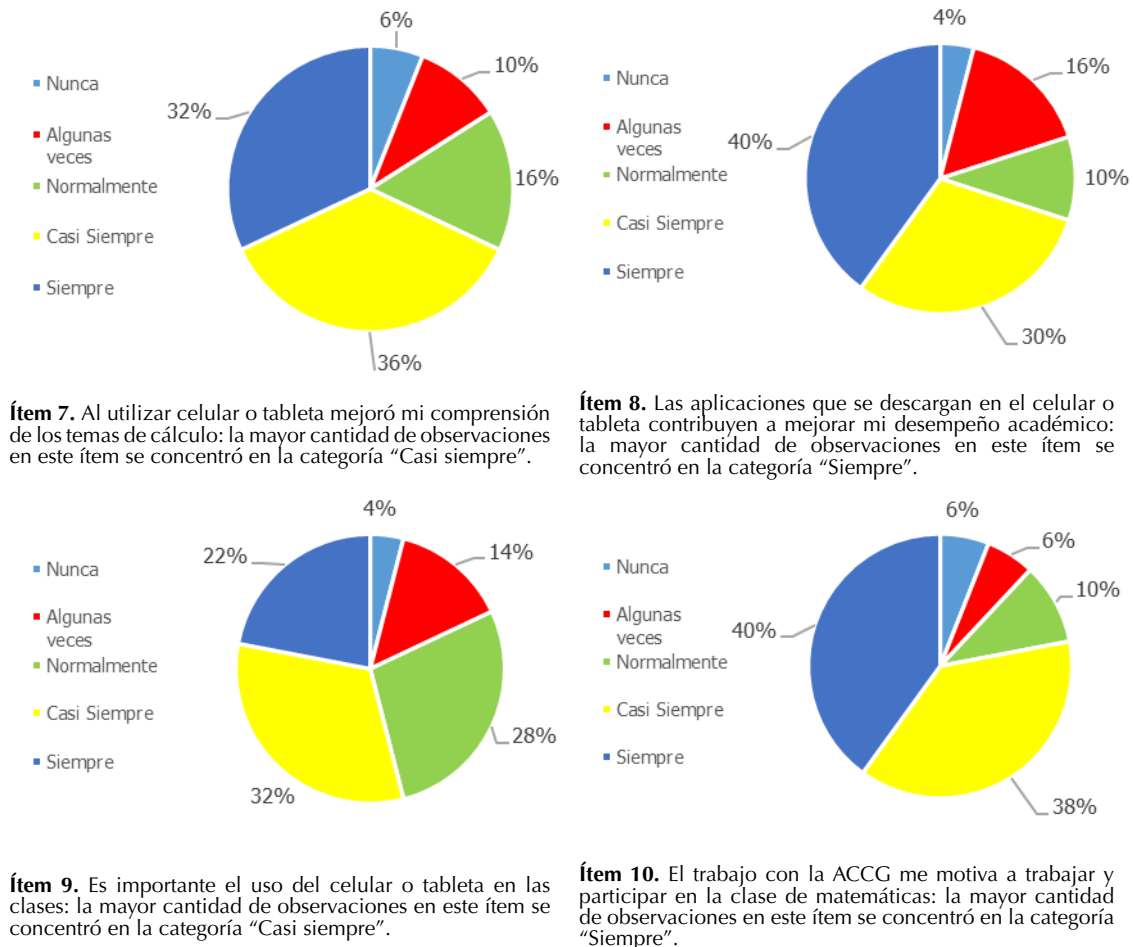


**Ítem 5.** La ACCG me ayuda a aprender conceptos matemáticos: la mayor cantidad de observaciones en este ítem se concentró en la categoría "Casi siempre".



**Ítem 6.** Me gusta que se use el celular o la tableta en las clases de cálculo: la mayor cantidad de observaciones en este ítem se concentró en la categoría "Siempre".

Continua...



**Figura 10.** Resultados de la encuesta actitudinal.

**Fuente:** elaboración propia de los autores.

De acuerdo con Hamidi y Chavoshi (2018), también se observa a partir de los resultados de esta investigación que el aprendizaje móvil podría ser una de las tecnologías educativas prometedoras para el desarrollo en los entornos educativos. En coherencia con Maulyda *et al.* (2019), se encontró que los estudiantes lograron entender qué sucede al variar ciertos parámetros de las funciones analizadas así como los desplazamientos que sufren y cómo lograron comprender la noción de límite mediante la interacción con la ACCG a través de acercamientos por izquierda y derecha a un determinado valor con el uso de herramientas de arrastre.

## Conclusiones

Los resultados obtenidos en este proyecto de investigación refuerzan los hallazgos de Al-Emran *et al.* (2016), que reconocen la emergencia de tecnologías revolucionarias que han alcanzado un impacto significativo en la sociedad a través de la tecnología educativa. A renglón seguido, el uso de GeoGebra produce efectos de gran valor en los procesos de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas en educación superior; una elección apropiada de contenidos reforzados con GeoGebra y el rediseño de actividades puede conducir a los estudiantes hacia el aprendizaje de la noción

de límite y, por lo tanto, a mejorar su rendimiento académico en cursos posteriores de cálculo para ingeniería en concordancia con los hallazgos de Wassie y Zergaw (2019).

En concordancia con Willemse *et al.* (2019), los resultados presentados en este artículo permiten considerar los dispositivos móviles como herramientas útiles en los procesos de aprendizaje en el aula y vincularlos no debe asociarse con la presencia de distractores, sino que conjugados con aplicaciones como la ACCG pueden lograr efectos positivos sobre los procesos de aprendizaje de las matemáticas. También, en sintonía con Alwraikat y Al Tokhaim (2014) y Alwraikat (2017), mediante el análisis de evidencias estadísticas significativas las actitudes de los estudiantes deben ser positivas hacia el *m-learning* para que este pueda generar resultados favorables. Tomar la decisión de diseñar construcciones geométricas dinámicas desde dispositivos móviles y llevarlas al aula constituye un cambio en la educación matemática congruente con el cambio que ha tenido la sociedad cada vez más permeada por el uso de la tecnología.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a la Fundación Universitaria Los Libertadores por la financiación del proyecto de investigación, así como a los estudiantes y profesores de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas que facilitaron el desarrollo del mismo.

## Referencias

- Al-Emran, M., Elsherif, H. M., Shaalan, K. (2016). Investigating attitudes towards the use of mobile learning in higher education. *Computers in Human Behavior*, 56, 93-102. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.11.033>
- Al-Emran, M., Mezhuyev, V., Kamaludin, A. (2018). Technology Acceptance Model in M-learning context: A systematic review. *Computers & Education*, 125, 389-412. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.06.008>.
- Alwraikat, M. (2017). Smartphones as a New Paradigm in Higher Education Overcoming Obstacles. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (IJIM)*, 11(4), 114-135. <http://dx.doi.org/10.3991/ijim.v11i4.6759>.
- Alwraikat, M. A., Al Tokhaim, H. (2014). Exploring the potential of mobile learning use among faculty members. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (ijIM)*, 8(3), 4-10. <http://dx.doi.org/10.3991/ijim.v8i3.3682>
- Ballesteros, V., Lozano, S., Rodríguez, Ó. (2020). Noción de aproximación del área bajo la curva utilizando la aplicación Calculadora Gráfica de GeoGebra. *Praxis & Saber*, 11(26), 1-16. <https://doi.org/10.19053/22160159.v11.n26.2020.9989>
- Baran, I., (2007). KSEG. [www.mit.edu/~ibaran/kseg.html](http://www.mit.edu/~ibaran/kseg.html)
- Braver, M., Braver, S. (1988). Statistical treatment of the Solomon four-group design: A meta-analytic approach. *Psychological Bulletin*, 104(1), 150. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.104.1.150>.
- Cheema, S., Gulwani, S., LaViola, J. (2012). QuickDraw: improving drawing experience for geometric diagrams. En *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 1037-1064). <https://doi.org/10.1145/2207676.2208550>
- Ehmann, M., Gerhauser, M., Miller, C., Wassermann, A. (2013). Sketchometry and jsxgraph-dynamic geometry for mobile devices. *South Bohemia Mathematical Letters*, 21(1), 1-7.
- Feist, D., Reid, D. (2018). Technology and teaching: Technology and student-centered pedagogy in 21st century classrooms. En *Handbook of Research on Digital Content, Mobile Learning, and Technology Integration Models in Teacher Education* (pp. 69-87). <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-2953-8>.
- Fernandes, H., Ducasse, S., Carron, T. (2007). Dr. Geo II: Adding interactivity planes in interactive dynamic geometry. In *Fifth International Conference on Creating, Connecting and*

- Collaborating through Computing (C5'07)* (pp. 153-162). IEEE. <https://doi.org/10.1109/C5.2007.12>
- Hamidi, H., Chavoshi, A. (2018). Analysis of the essential factors for the adoption of mobile learning in higher education: A case study of students of the University of Technology. *Teleomatics and Informatics*, 35(4), 1053-1070. <https://doi.org/10.1016/j.tele.2017.09.016>
- Hao, S., Dennen, V. P., Mei, L. (2017). Influential factors for mobile learning acceptance among Chinese users. *Educational Technology Research and Development*, 65(1), 101-123. <https://doi.org/10.1007/s11423-016-9465-2>.
- Hohenwarter, M., Fuchs, K. (2004). Combination of dynamic geometry, algebra and calculus in the software system GeoGebra. En *Computer algebra systems and dynamic geometry systems in mathematics teaching conference* (pp. 3810-193).
- Hussin, S., Yusoff, J. M., Mustafa, S. S., Mokmin, N. M. (2018). The Effectiveness of Using GeoGebra Software in Teaching Angle in Circle. *International Journal of Computer and Information Technology*, 7(05). <https://doi.org/10.26666/rmp.ajtve.2018.3.1>
- Ioannou, P., Rodiou, E., Iliou, T. (2017). Pictures with Narration versus Pictures with On-Screen Text during Teaching Mathematics. *Research in Pedagogy*, 7(1), 57-68. <https://doi.org/10.17810/2015.48>
- Jackiw, N. (2001). The Geometer's Sketchpad (Version 4.0) [Computer software]. Emeryville, CA: KCP Technologies.
- Janičić, P., Quaresma, P. (2006). System description: Gclcpover+ geothms. In *International Joint Conference on Automated Reasoning* (pp. 145-150). Springer. [https://doi.org/10.1007/11814771\\_13](https://doi.org/10.1007/11814771_13)
- Jeno, L. M., Adachi, P. J. C., Grytnes, J., Vandvik, V., Deci, E. L. (2019). The effects of m-learning on motivation, achievement and well-being: A Self-Determination Theory approach. *British Journal of Educational Technology*, 50(2), 669-683. <https://doi.org/10.1111/bjet.12657>
- Koh, J. H. L., Chai, C. S., Benjamin, W., Hong, H. Y. (2015). Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) and design thinking: A framework to support ICT lesson design for 21st century learning. *The Asia-Pacific Education Researcher*, 24(3), 535-543. <https://doi.org/10.1007/s40299-015-0237-2>
- Laborde, J. M. (1990). Cabri-géomètre: A microworld of geometry for guided discovery learning. *Zentralblatt für didaktik der mathematik*, 5, 171-177.
- Martin, F., Ertzberger, J. (2013). Here and now mobile learning: An experimental study on the use of mobile technology. *Computers & Education*, 68, 76-85. <https://doi:10.1016/j.compedu.2011.04.003>.
- Maulida, M. A., Hidayanto, E., Rahardjo, S. (2019). Representation of Trigonometry Graph Function Colage Students Using GeoGebra. *International Journal of Trends in Mathematics Education Research*, 2(4), 193-196.
- Plaza-Galvez, L. F. (2016). Obstáculos presentes en Modelación Matemática. Caso Ecuaciones Diferenciales en la formación de Ingenieros. *Revista Científica*, 25(2), 176-187. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.RC.2016.25.a1>
- Potkonjak, V., Gardner, M., Callaghan, V., Mattila, P., Guetl, C., Petrović, V. M., Jovanović, K. (2016). Virtual laboratories for education in science, technology, and engineering: A review. *Computers & Education*, 95, 309-327. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.02.002>
- Prada-Núñez, R., Hernández-Suárez, C., Ramírez-Leal, P. (2016). Comprensión de la noción de función y la articulación de los registros semióticos que la representan entre estudiantes que ingresan a un programa de Ingeniería. *Revista Científica*, 25(2), 188-205. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.RC.2016.25.a3>
- Richter-Gebert, J., Kortenkamp, U. (1999). The interactive geometry software Cinderella: [covers Euclidean, hyperbolic and elliptic geometry;

- unique mathematical and technical treatment of continuity, complete and fast loc; Cinderella runs on Windows, MacOS, Solaris, Linux and any other Java TM-1.1-enabled platform]. Springer.
- Saavedra-Bautista, C., Cuervo-Gómez, W., Mejía-Ortega, I. (2017) Producción de contenidos transmedia, una estrategia innovadora. *Revista Científica*, 28, 6-16. <https://dx.doi.org/10.14483/udistrital.jour.rc.2016.28.a1>
- Sangwin, C. J., Köcher, N. (2016). Automation of mathematics examinations. *Computers y Education*, 94, 215-227. <https://doi.org/doi.org/10.1016/j.compedu.2015.11.014>
- Selaković, M., Marinković, V., Janičić, P. (2019). New dynamics in dynamic geometry: Dragging constructed points. *Journal of Symbolic Computation*, 97, 3-15. <https://doi.org/10.1016/j.jsc.2018.12.002>.
- Sinclair, N. (2020). On Teaching and Learning Mathematics–Technologies. En *STEM Teachers and Teaching in the Digital Era* (pp. 91-107). [https://doi.org/10.1007/978-3-030-29396-3\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-030-29396-3_6)
- Stacey, K., Wiliam, D. (2012). Technology and assessment in mathematics. In *Third international handbook of mathematics education* (pp. 721-751). <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4684-2>
- Tang, Y., Hew, K. F. (2017). Is mobile instant messaging (MIM) useful in education? Examining its technological, pedagogical, and social affordances. *Educational Research Review*, 21, 85-104. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2017.05.001>
- Tossell, C. C., Kortum, P., Shepard, C., Rahmati, A., Zhong, L. (2015). You can lead a horse to water but you cannot make him learn: Smartphone use in higher education. *British Journal of Educational Technology*, 46(4), 713-724. <https://doi.org/10.1111/bjet.12176>
- Wassie, Y. A., 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), 1-11. <https://doi.org/10.29333/ejmste/108436>.
- Willemse, J. J., Jooste, K., Bozalek, V. (2019). Experiences of undergraduate nursing students on an authentic mobile learning enactment at a higher education institution in South Africa. *Nurse Education Today*, 74, 69-75. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2018.11.021>
- Wong, K., Wang, F. L., Ng, K. K., Kwan, R. (2015). Investigating acceptance towards mobile learning in higher education students. En K. C. Li, T. L. Wong, S. K. S. Cheung, J. Lam, K. K. Ng (eds.), *Technology in education. Transforming educational practices with technology* (pp. 9-19). Springer. <https://doi:10.1007/978-3-662-46158-7>
- Yerushalmy, M., Houde, R. A. (1986). The geometric supposer: Promoting thinking and learning. *The Mathematics Teacher*, 79(6), 418-422. <https://www.jstor.org/stable/27964981>

