

**PERCEPCIÓN DEL ESTUDIANTE DE PRECÁLCULO
EN LAS ÁREAS DE OPERACIONES Y REPRESENTACIONES
DENTRO DEL CONCEPTO DE FUNCIONES LINEALES
AL UTILIZAR UN PROGRAMADO DE ÁLGEBRA COMPUTACIONAL**

Por

Sheilamarie Moreno Orta

Disertación Doctoral sometida al Programa Doctoral en Educación del Recinto de San
Germán de la Universidad Interamericana de Puerto Rico para optar por el grado de
Doctor en Educación con especialidad en Educación Matemática

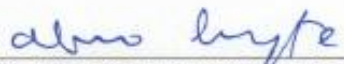
mayo 2024

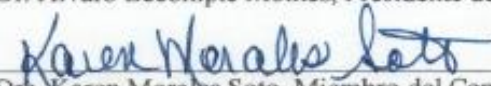
**PERCEPCIÓN DEL ESTUDIANTE DE PRECÁLCULO
EN LAS ÁREAS DE OPERACIONES Y REPRESENTACIONES
DENTRO DEL CONCEPTO DE FUNCIONES LINEALES
AL UTILIZAR UN PROGRAMADO DE ÁLGEBRA COMPUTACIONAL**

Por
Sheilamarie Moreno Orta

Nosotros, los miembros del Comité de Disertación Doctoral y del Comité de Defensa de la estudiante Sheilamarie Moreno Orta, certificamos que, la investigación sometida por ésta cumple con los requisitos para la disertación doctoral establecidos por el Programa Doctoral en Educación del Recinto de San Germán, de la Universidad Interamericana de Puerto Rico, y que para así conste, firmamos certificando la aprobación de la misma.

Aprobada: 11/mayo/2024

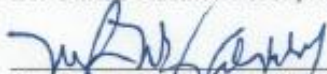

Dr. Alvaro Lecompte Montes, Presidente del Comité


Dra. Karen Morales Soto, Miembro del Comité

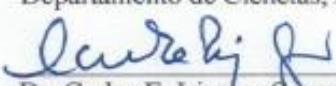

Dr. Richard Mercado Rivera, Miembro del Comité


Dra. Vivian Orama López, Lectora de Defensa

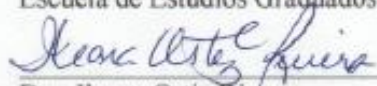

Dr. Carlos Rosario Pérez, Lector de Defensa


Dra. Mary L. Martinez Aldebol, Coordinadora
Programa Graduado en Educación y Directora
Departamento de Ciencias, Educación y Humanidades

11 de mayo de 2024
Fecha


Dr. Carlos E. Irizarry Guzmán, Director
Escuela de Estudios Graduados e Investigación

11 de mayo de 2024
Fecha


Dra. Ileana Ortiz Rivera
Decana de Asuntos Académicos

14 de mayo de 2024
Fecha

Certificación de Autoría

Yo, Sheilamarie Moreno Orta, certifico que la disertación doctoral titulada *Percepción del estudiante de precálculo en las áreas de operaciones y representaciones dentro del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional*, la cual presento como requisito para optar por el Grado de Doctor en Educación con Especialidad en Educación en Matemática del Recinto de San Germán de la Universidad Interamericana de Puerto Rico, es el producto de mi labor investigativa. Asimismo, doy fe que este trabajo es original e inédito.



Sheilamarie Moreno Orta

Resumen

El estudio determinó la percepción del estudiante de precálculo en las áreas de operaciones y representaciones dentro del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional. Su marco teórico se fundamentó en dos teorías. Éstas fueron: Teoría APOS de Dubinsky (1991-2013) y la Teoría de Conectivismo de George Siemens (2006).

Se utilizó un diseño no experimental, de naturaleza descriptiva y correlacional, con un enfoque cuantitativo. En este estudio participaron de forma voluntaria 31 estudiantes de Precálculo del Recinto de Humacao de la Universidad de Puerto Rico. Se utilizó un cuestionario para recolectar los datos, el cual se administró en la sala de clases a estudiantes de precálculo. En el instrumento se midieron las variables de percepción del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional y la percepción de las operaciones y las representaciones al utilizar dicho programa. El instrumento fue desarrollado por la investigadora.

Para responder a las preguntas de investigación se utilizaron estadísticas descriptivas de medidas de tendencia central: media aritmética, mediana y como medidas de dispersión se utilizaron la desviación estándar y el coeficiente de variación. También, se utilizó el Coeficiente de Correlación de Pearson. Los datos recopilados se analizaron mediante el paquete estadístico *Minitab* versión 22.1.0 para *Windows*.

Luego de llevado a cabo el estudio, los datos revelaron que los estudiantes de precálculo tienen una percepción positiva sobre el concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional. También, que los estudiantes de precálculo tienen una percepción positiva en las áreas de las operaciones y las representaciones dentro del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional. Además, el estudio reveló que existe una relación significativa y una correlación positiva alta entre las tres variables del estudio.

Algunas recomendaciones ofrecidas para las clases de matemáticas son: 1. Antes de incorporar programas computacionales en las clases de matemáticas, es fundamental asegurarse de que los estudiantes comprendan y dominen los conceptos de manera manual. 2. Promover el uso de programas de álgebra computacional en las instituciones a través de talleres, seminarios y propuestas para enriquecer el proceso de enseñanza en los cursos de matemáticas. 3. Presentar los hallazgos de este estudio a la comunidad estudiantil de los cursos de matemáticas en instituciones educativas tanto privadas como públicas de Puerto Rico.

Por otra parte, entre las recomendaciones para futuras investigaciones son: 1. Realizar el estudio en otros recintos de la Universidad de Puerto Rico que no participaron inicialmente. 2. Ampliar esta investigación a otras instituciones privadas de Puerto Rico para llevar a cabo un análisis comparativo. 3. Aplicar el cuestionario o uno similar a las áreas de avalúo de los cursos de matemáticas universitarios. 4. Efectuar el estudio con un enfoque cualitativo.

Prefacio

Dedicatoria

Deseo dedicar este trabajo a las personas más importantes en mi vida. En primer lugar, agradezco a Dios por estar presente en cada paso de mi camino. Gracias por brindarme salud, entendimiento, comprensión y fortaleza. Sin su amor y misericordia, nunca podría haber alcanzado esta meta tan deseada. A ti sea la gloria, la honra y la alabanza por siempre.

En segundo lugar, quiero expresar mi profundo agradecimiento y dedicar este trabajo a mi esposo. Wilson Abdel, quien siempre ha creído en mí y me ha acompañado en esta aventura llamada doctorado. Gracias, mi amor, por tu comprensión cuando nuestras agendas estaban ocupadas con la investigación, por tu amor, cuidado, paciencia y por alentarme en los momentos de debilidad. Tu apoyo incondicional y oración ha sido fundamental en este camino. Hoy puedo decir que hemos alcanzado juntos esta meta.

En tercer lugar, dedico este logro a mi madre, Rosa, quien desde mi infancia me inculcó el valor del estudio, la perseverancia, a realizar mis trabajos con excelencia y a luchar por mis metas. Gracias, mamá, por tus consejos, cuidados y apoyo incondicional.

En cuarto lugar, dedico este logro a mi Bebé Pagán Moreno, que está en camino en mi vientre. Ha sido mi inspiración y fuente de fortaleza durante las noches largas de estudio. Tu espera a mi vida ha sido un milagro y una promesa de vida que me impulsó a seguir adelante.

También quiero agradecer a mis hermanas Zuly, Mara y Saraí, así como a toda la familia, por comprender mi ausencia en las actividades familiares y por su constante apoyo a lo largo de este proceso. Agradezco a mis amistades y compañeros de trabajo por el apoyo brindado.

Por último, dedico este trabajo investigativo a un ángel en el cielo: mi padre Francisco Moreno, quien día a día me brinda su bendición desde lo alto. Él me enseñó desde pequeña el valor de la educación, me inspiró a ser maestra y me alentó a perseguir mis sueños académicos. Siempre me repetía: “Un día realizarás el doctorado y darás clase en una universidad, no te rindas”. Estoy segura de que hoy estaría orgulloso de mi logro y celebraría conmigo este triunfo.

Reconocimiento

Reconozco y agradezco el excepcional trabajo realizado, así como el apoyo incondicional por los miembros de mi Comité de Disertación: Dr. Álvaro Lecompte Montes, Dra. Karen Morales Soto y el Dr. Richard Mercado Rivera, cuya paciencia, dedicación y profesionalismo fueron fundamentales para la culminación de este trabajo investigativo. También agradezco al Comité de Expertos, representado por la Dra. Olgamary Rivera Marrero, Dr. Santos Lisboa Medina y Dr. Carlos Rosario Pérez, por sus valiosas recomendaciones y sugerencias que contribuyeron a la confiabilidad y validez del instrumento. Mi gratitud especial hacia la Dra. Vivian Orama López y Dr. Carlos Rosario Pérez por su labor como lectores de esta disertación. Finalmente, agradezco a todas las personas que, de una manera u otra, contribuyeron a la realización de este sueño tan anhelado

Tabla de Contenido

Página de aprobación	<i>i</i>
Certificación de autoría	<i>ii</i>
Resumen	<i>iii</i>
Prefacio	<i>iv</i>
Índice de Tablas	<i>viii</i>
Índice de Ilustraciones	<i>ix</i>
Índice de Apéndices	<i>x</i>

Capítulo I. Introducción: Planteamiento del Problema de Investigación 1

Antecedentes	<i>1</i>
Problema de investigación	<i>13</i>
Propósito del estudio	<i>15</i>
Justificación	<i>16</i>
Marco teórico	<i>20</i>
Definiciones operacionales y términos del estudio	<i>30</i>

Capítulo II. Revisión de la Literatura 34

Recursos tecnológicos en la matemática	<i>34</i>
Programado de álgebra computacional	<i>41</i>
Percepciones de los estudiantes	<i>48</i>
Estrategia de aprendizaje en las operaciones y representaciones de funciones lineales	<i>54</i>
Síntesis de la revisión de la literatura	<i>60</i>

Capítulo III. Método 65

Diseño de investigación	<i>65</i>
Participantes de la investigación	<i>66</i>
Instrumentos de medición	<i>70</i>
Procedimiento	<i>76</i>
Análisis estadístico	<i>81</i>

Capítulo IV. Hallazgos 83

Primera pregunta de investigación	<i>84</i>
Segunda pregunta de investigación	<i>87</i>
Tercera pregunta de investigación	<i>90</i>
Cuarta pregunta de investigación	<i>93</i>
Quinta pregunta de investigación	<i>95</i>
Resumen de los hallazgos	<i>97</i>

Capítulo IV. Discusión 99

Conclusiones **99**

Discusión de los hallazgos **100**

Limitaciones metodológicas de la investigación **114**

Recomendaciones para los cursos de precálculo **115**

Recomendaciones para futuras investigaciones **115**

Referencias 117

Apéndices 126

Índice de Tablas

Tabla 1.	<i>Panel de expertos que revisaron el cuestionario por preparación y años de experiencia</i> 71
Tabla 2.	<i>Relación de las preguntas de investigación con la distribución de las partes del cuestionario</i> 73
Tabla 3.	<i>Estadística de fiabilidad Alfa de Cronbach para el estudio piloto de Investigación</i> 76
Tabla 4.	<i>Relación entre las preguntas de investigación y el análisis estadístico</i> 82
Tabla 5.	<i>Escala de interpretación de los datos</i> 84
Tabla 6.	<i>Datos estadísticos descriptivos de la suma de los seis reactivos de la Parte I del cuestionario Percepción al utilizar un programado de álgebra computacional</i> 85
Tabla 7.	<i>Datos estadísticos descriptivos de la suma de los seis reactivos de la Parte II del cuestionario Percepción de las operaciones al utilizar un programado de álgebra computacional</i> 88
Tabla 8.	<i>Datos estadísticos descriptivos de la suma de los seis reactivos de la Parte III del cuestionario Percepción de las representaciones al utilizar un programado de álgebra computacional</i> 91
Tabla 9.	<i>Coeficiente de Correlación de Pearson entre las variables de percepción del estudiante de precálculo sobre la satisfacción con el programado y la percepción de las operaciones al utilizar un programado de álgebra computacional</i> 93
Tabla 10.	<i>Coeficiente de Correlación de Pearson entre las variables de percepción del estudiante de precálculo sobre la satisfacción con el programado y la percepción de las representaciones al utilizar un programado de álgebra computacional</i> 95

Índice de Ilustraciones

Figuras

Figura I. Modelo del Marco Teórico de la investigación **29**

Gráficas

Gráfica I. Percepción del estudiante de precálculo al utilizar un programado de álgebra computacional **86**

Gráfica II. Percepción de las operaciones al utilizar un programado de álgebra computacional **89**

Gráfica III. Percepción de las representaciones al utilizar un programado de álgebra computacional **92**

Gráfica IV. Relación entre la percepción del estudiante de precálculo al utilizar un programado y la percepción de las operaciones al utilizar un programado de álgebra computacional **94**

Gráfica V. Relación entre la percepción del estudiante de precálculo al utilizar un programado y la percepción de las representaciones al utilizar un programado de álgebra computacional **96**

Índice de Apéndices

- Apéndice A.** Cuestionario Percepción del estudiante de precálculo en las áreas de operaciones y representaciones dentro del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional (Moreno-Orta, 2023) **126**
- Apéndice B.** Carta de aprobación de la Junta de Revisión Institucional del Recinto de Humacao de la Universidad de Puerto Rico **130**
- Apéndice C.** Certificado CITI **132**
- Apéndice D.** Carta de invitación para estudiante **145**
- Apéndice E.** Carta para padres de estudiantes del estudio **147**
- Apéndice F.** Carta y consentimiento para profesores colaboradores del estudio **149**
- Apéndice G.** Hoja de consentimiento informado para participantes del estudio **152**
- Apéndice H.** Hoja de asentimiento informado para participantes del estudio **160**
- Apéndice I.** Carta de aprobación de la Junta de Revisión Institucional de la Universidad Interamericana de Puerto Rico para el estudio formal **165**
- Apéndice J.** Solicitud de autorización para el estudio a rector/a **168**
- Apéndice K.** Carta de solicitud al panel de expertos **170**
- Apéndice L.** Hoja de cotejo para la validación del cuestionario y análisis de reactivos **174**
- Apéndice M.** Hoja de validación del cuestionario y análisis de reactivos **179**
- Apéndice N.** Carta de aprobación de la Junta de Revisión Institucional de la Universidad Interamericana de Puerto Rico para el estudio piloto **186**
- Apéndice O.** Carta para rector/a del estudio piloto **189**
- Apéndice P.** Carta de autorización del rector para realizar estudio piloto **191**
- Apéndice Q.** Carta de aprobación de la Junta de Revisión Institucional del Recinto de Arecibo de la Universidad de Puerto Rico para el estudio piloto **193**
- Apéndice R.** Carta de invitación para estudiante del estudio piloto **195**

- Apéndice S.** Carta para padres de estudiantes del estudio piloto **197**
- Apéndice T.** Carta y consentimiento para profesores colaboradores del estudio piloto **199**
- Apéndice U.** Hoja de consentimiento informado para participantes del estudio piloto **202**
- Apéndice V.** Hoja de asentimiento informado para participantes del estudio piloto **210**
- Apéndice W.** Cuestionario Percepción del estudiante de precálculo en las áreas de operaciones y representaciones dentro del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional del estudio piloto (Moreno-Orta, 2023) **215**

Capítulo I.

Introducción: Planteamiento del Problema de Investigación

Esta investigación determinó la percepción del estudiante de precálculo en las áreas de operaciones y representaciones dentro del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional en el proceso de enseñanza-aprendizaje. En este capítulo, se expusieron los antecedentes, se planteó el problema de la investigación y su propósito. Por otra parte, se mostró la justificación del estudio, el marco teórico, las definiciones operacionales y los términos de estudio.

Antecedentes

Avila Storer y Solares Rojas (2014) señalan que, durante las últimas décadas, los avances tecnológicos han tenido un gran impacto en la enseñanza de las matemáticas. Los autores mencionaron que las estrategias tradicionales para estudiar, operar y representar conceptos matemáticos han evolucionado considerablemente gracias a la tecnología. En el pasado, hubo discusiones sobre el uso de calculadoras electrónicas en las aulas durante las décadas de 1980 y 1990. Sin embargo, en la actualidad, se considera el uso de programados matemáticos para realizar eficientemente tareas que antes se consideraban difíciles o avanzadas. El uso de estos programas permite a los estudiantes liberarse del detalle de la técnica manual para hacer matemáticas, lo que contribuye a centrarse en los conceptos y aplicaciones matemáticas de manera más efectiva.

Además, Avila Storer y Solares Rojas (2014) plantean la discusión sobre qué conceptos son fundamentales para los estudiantes y cómo llegar a ellos si el dominio de las operaciones básicas no es necesario para resolver los problemas de matemáticas.

Señalan que es importante que los estudiantes dominen el uso de las computadoras y los programas especializados para tener éxito en el mundo actual y en el futuro. Por otro lado, los autores indican que la tecnología no reemplaza ni altera los conceptos básicos de las matemáticas, sino que proporciona herramientas para cálculo y gráficos que antes eran inaccesibles. Por lo tanto, las reflexiones previas sobre la educación en matemática siguen siendo relevantes y necesitan adaptarse a la realidad actual (Avila Storer y Solares Rojas, 2014).

Freudenthal (1973) sostuvo que las matemáticas se basan en el sentido común y que se pueden desarrollar habilidades matemáticas a través de problemas basados en situaciones de experiencias reales para los estudiantes. Además, afirmó que la tecnología refleja el cambio en la realidad a lo largo del tiempo. El autor plantea una visión innovadora y progresiva de la enseñanza de las matemáticas que enfoca la importancia de la experiencia personal y las necesidades prácticas de los estudiantes.

De acuerdo con Gravemeijer (1999) es crucial que se fomente la creación de modelos en la educación en matemática, particularmente los que incorporan recursos tecnológicos. Según su trabajo, los problemas cuidadosamente seleccionados que se establecen en un contexto que los estudiantes ya comprenden pueden llevar a una comprensión conceptual profunda y transferible, lo que les permite crear sus propias representaciones matemáticas.

Según, Lagrange (1999) es común escuchar que algunos profesores e investigadores argumenten que el uso de las calculadoras gráficas o programas matemáticos puede perjudicar el aprendizaje y la enseñanza de precálculo de los estudiantes, ya que no les proporciona una comprensión clara de las técnicas matemáticas

y algoritmos que subyacen en los cálculos y resultados. También, el autor argumenta que, si se usan de manera adecuada, las calculadoras pueden mejorar la comprensión de los estudiantes de los conceptos matemáticos, fomentar la exploración y la experimentación, y ayudar a los estudiantes a desarrollar habilidades importantes en el manejo de la tecnología.

Por otro lado, Heid (1988) respalda el uso de los recursos tecnológicos y afirma que el uso de calculadoras no impide el encuentro de los estudiantes con el razonamiento matemático. Por ejemplo, en su trabajo, aunque no se mencionó de manera explícita el concepto de un “software”, la mayoría de las actividades didácticas utilizadas se enfocaron en promover una manera particular de usar la tecnología. De manera más específica, se enfocó en averiguar el impacto que tendría una falta de énfasis en las habilidades algorítmicas que tienen los estudiantes sobre su conocimiento de contenidos matemáticos. Argumentó que la enseñanza tradicional de cálculo, que se centra en el desarrollo de habilidades algebraicas y trigonométricas, puede no ser la más efectiva para los estudiantes que están interesados en aplicar el cálculo en campos como la física, la ingeniería o las ciencias sociales. Heid (1988) propuso un enfoque alternativo para enseñar cálculo, en el que los estudiantes trabajaron en proyectos prácticos que requerían la aplicación del cálculo en contextos del mundo real. Este enfoque se basó en el uso de la computadora como una herramienta para ayudar a los estudiantes a desarrollar habilidades y conceptos claves en el cálculo aplicado. También discutió cómo la tecnología puede ayudar a los estudiantes a explorar y experimentar con conceptos de cálculo de manera más interactiva y atractiva.

Por otra parte, Monsalve Patiño (2008) destacó la importancia de que los facilitadores de aprendizaje de las matemáticas se adapten al mundo tecnológico actual para motivar a los estudiantes y generar un aprendizaje significativo. El autor señala que es necesario estar a la par de los estudiantes para captar su atención y ofrecer espacios de aprendizaje que sean relevantes y atractivos para ellos. En este sentido, la tecnología se convierte en una herramienta valiosa para la enseñanza de las matemáticas en el contexto actual. Monsalve-Patiño (2008) concluyó en su estudio que el uso de mediadores didácticos, especialmente la tecnología, puede ser de gran ayuda para la enseñanza de la factorización y la comprensión de las matemáticas en general, y que los facilitadores del aprendizaje deben estar dispuestos a explorar nuevas estrategias para facilitar el aprendizaje de sus estudiantes.

Guzmán y Castro (2005) hablan sobre la aplicación de la teoría de las inteligencias múltiples en el salón de clases. Al enseñar matemáticas y otras asignaturas es importante tener en cuenta que los estudiantes tienen diferentes formas de aprender y representar la información. Los autores destacan que la teoría de las inteligencias múltiples sugiere que los estudiantes tienen habilidades y capacidades diferentes en áreas como la lógica matemática, la lingüística, la visual-espacial, la interpersonal, entre otras. Mencionan que, al diseñar estrategias de enseñanza, es importante considerar la variedad de herramientas y recursos disponibles, como la tecnología y los programas educativos, para ayudar a los estudiantes a representar y comprender la información de una manera que les resulte más accesible.

Borba (2021) hace mención, que la pandemia del Covid-19 generó un cambio significativo en la forma en que se llevó a cabo la agenda de la educación matemática, lo que ha resultado en un mayor uso de la tecnología digital en la educación y el aprendizaje en línea. Este aumento en el uso de programas computacionales y herramientas de tecnología educativa en las clases de matemáticas ha puesto de relieve la importancia de la tecnología en la educación. El autor explora diferentes enfoques para la educación matemática, como la educación en línea, el aprendizaje basado en juegos y el aprendizaje móvil. También discute cómo la tecnología puede personalizar el aprendizaje y proporcionar retroalimentación inmediata a los estudiantes. Sin embargo, reconoce que esto también ha tenido sus beneficios y desafíos y que la interacción humana sigue siendo importante en la enseñanza de las matemáticas.

Por otro lado, Saleh Alabdulaziz (2021) investigó cómo la pandemia de COVID-19 ha impactado en la educación matemática y cómo la tecnología digital puede ser una herramienta para mejorar la enseñanza y el aprendizaje. El autor también identificó los desafíos que tanto profesores como estudiantes han enfrentado durante la pandemia y cómo el uso de herramientas digitales, tales como plataformas en línea, videoconferencias y “software” educativos puede ayudar a superarlos. Los resultados del estudio mostraron una variedad de tecnologías digitales utilizadas en la educación matemática, tales como tecnologías móviles, pantallas táctiles, tabletas digitales y sistemas algebraicos de computadora (CAS) como “Mathematical”, “Maple”, “MuPAD”, “MathCAD”, “Derive” y “Maxima”. Además, se destacó la respuesta instantánea y positiva del aprendizaje digital en la educación matemática (Saleh Alabdulaziz, 2021).

Simanca Herrera, Abuchar Porras, y Velazco (2017) destacan en su investigación; que la enseñanza del álgebra implica un alto nivel de abstracción y que la transición desde la aritmética, en la que se trabaja con números, representa un importante salto cognitivo para el estudiante. También, señalan que la tecnología puede aumentar aún más este nivel de abstracción debido a la presencia del medio virtual adicional. Sin embargo, los autores señalan que la realidad virtual puede proporcionar medios para representar conceptos abstractos de manera más concreta. Por otro lado, los autores argumentan que las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) pueden ser herramientas poderosas para mejorar la calidad de la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas. Según su estudio, el uso de las TIC y un programa computacional puede fomentar la creatividad y la participación de los estudiantes en el proceso de aprendizaje, así como mejorar su capacidad para resolver problemas y tomar decisiones informadas. El uso de las TIC, en particular el uso de un programa computacional puede ser una herramienta útil para mejorar el aprendizaje de los trinomios y promover una comprensión más profunda y significativa de los conceptos matemáticos en general (Simanca Herrera et al., 2017).

Argudo Ortiz (2013) afirmó que las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) pueden ser de gran ayuda para mejorar la comprensión de conceptos geométricos y para fomentar la resolución de problemas. Sin embargo, el éxito del uso de las TIC en el aprendizaje de la geometría depende de factores como la calidad de los recursos educativos utilizados, la habilidad del docente para integrar las TIC en su enseñanza, la motivación y habilidad de los estudiantes para utilizar estas herramientas.

Por otro lado, Argudo Ortiz (2013) utilizó en su estudio el programado de álgebra computacional “Geogebra” y una metodología cuantitativa para analizar su impacto en el aprendizaje de los estudiantes de secundaria. Los estudiantes realizaron actividades prácticas en el salón de clases utilizando el programado “Geogebra” para explorar y comprender los conceptos matemáticos. Los resultados indicaron que el uso del programado “Geogebra” mejoró significativamente el aprendizaje de la geometría, permitiendo a los estudiantes explorar conceptos y realizar ejercicios de manera interactiva. También, el autor aplicó un cuestionario de percepción del programado “Geogebra” a los estudiantes para evaluar su opinión sobre la herramienta. Los estudiantes informaron que encontraron la herramienta útil y fácil de usar. Argudo Ortiz (2013) concluyó que el estudio destacó el potencial de las TIC y el programado “Geogebra” para mejorar el aprendizaje de la geometría y recomendó su uso en la enseñanza de las matemáticas.

Bagni (2004) indica en su estudio que el concepto de función es un elemento fundamental en los currículos de matemáticas en el campo universitario y que su importancia es notable desde el punto de vista histórico. Por otra parte, menciona que “observa un crecimiento progresivo en la importancia del concepto de función relacionado con el análisis de relaciones entre las operaciones sobre la variable x y el comportamiento de una variable y dependiente de x ”. Los recursos tecnológicos y programas computacionales pueden brindar a la enseñanza y aprendizaje una manera más dinámica de transmitir esos conceptos (Bagni, 2004).

Por otra parte, Bagni (2004) realizó un estudio que presenta una experiencia de enseñanza sobre funciones en una escuela secundaria de Argentina en la que se utilizó

una metodología basada en la resolución de problemas que incorpora el uso de la tecnología y un programado de álgebra computacional. La investigación se desarrolló a través de un estudio de caso, en el que se trabajó con un grupo de estudiantes de tercer año de secundaria y se evaluó el impacto de la estrategia en el aprendizaje de las funciones por parte de los estudiantes. Los resultados del estudio mostraron que la estrategia propuesta permitió a los estudiantes comprender mejor los conceptos de función, variable y gráfico, y desarrollar habilidades para resolver problemas y tomar decisiones informadas en situaciones matemáticas. Además, la experiencia fue valorada positivamente por los estudiantes y el profesor involucrado. Bagni (2004) concluyó que la metodología utilizada fue efectiva para mejorar el aprendizaje de las funciones y que el uso de “GeoGebra”, específicamente, un programado de álgebra computacional, resultó muy útil para visualizar y explorar conceptos matemáticos.

Nieto y Ramos (2014) llevaron a cabo una investigación para evaluar cómo la visualización de funciones de dos variables puede ser mejorada mediante el uso del programa computacional “Mathematica” con estudiantes universitarios en la Universidad de Granada, España. Utilizaron una prueba escrita para medir la efectividad de la visualización de funciones de dos variables. Los resultados indicaron que los estudiantes que utilizaron el programa computacional “Mathematica” tuvieron un mejor desempeño en la comprensión y representación de los conceptos, además de reportar mayor satisfacción y motivación en el proceso de aprendizaje. Los autores sugieren que el uso del programa computacional “Mathematica” puede ser una alternativa efectiva a la enseñanza tradicional en el salón de clases y mejorar la visualización de funciones de dos variables.

Otra investigación efectuada por Marcos del Olmo (2016) se enfocó en el uso de la calculadora gráfica en línea “Desmos” para la enseñanza de funciones y gráficas en estudiantes de tercer año de educación secundaria en España. El propósito del estudio fue explorar el impacto del programa de álgebra computacional “Desmos” en la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas, específicamente en la comprensión de conceptos de funciones y gráficas. Marcos del Olmo (2016) realizó una investigación en la que se comparó el desempeño y la percepción de los estudiantes al utilizar el programa “Desmos” en su proceso de enseñanza. Los resultados indicaron que el grupo que utilizó el programado tuvo un mejor desempeño en la comprensión de los conceptos de funciones y gráficas, y una percepción más positiva de su experiencia de aprendizaje. El autor concluyó que el uso de un programado de álgebra computacional, como la calculadora gráfica en línea “Desmos”, es una herramienta valiosa para la enseñanza de funciones y gráficas, ya que puede ayudar a los estudiantes a comprender mejor los conceptos matemáticos y fomentar la colaboración y la discusión en el salón de clases (Marcos del Olmo, 2016).

Por otro lado, Baque, Guerrero, Mendoza, Quintana, y Baque (2021) investigaron el impacto del programa computacional “GeoGebra” en el aprendizaje de matemática en estudiantes de primer año de bachillerato del Distrito 09D06 de Guayaquil, Ecuador. El propósito del estudio fue mejorar el rendimiento académico de los estudiantes en matemáticas a través del uso de “GeoGebra” como herramienta de enseñanza. El instrumento utilizado para medir el impacto fue una prueba de matemáticas diseñada por los investigadores. Los resultados mostraron que los estudiantes que recibieron enseñanza con el programado “GeoGebra” obtuvieron mejores resultados en la prueba que los

estudiantes que recibieron enseñanza tradicional. Además, los estudiantes informaron que “GeoGebra” fue una herramienta útil y fácil para aprender matemáticas. (Baque et al., 2021) sugirieron que el uso del programa computacional “GeoGebra” como herramienta educativa puede mejorar el aprendizaje de las matemáticas en estudiantes de primer año de bachillerato.

Los autores Agbo-Egwu, Abah, y Abakpa (2018) llevaron a cabo un estudio titulado “*Perceptions of Tech-Augmented Learning in Basic Mathematics among University Students: A Case of Matrix Algebra Tools*” en la Universidad Federal del Centro-Norte de Nigeria. El propósito del estudio fue auscultar las percepciones de los estudiantes universitarios de primer año cuando se utiliza la tecnología en una clase de Matemáticas Básica, específicamente mediante el uso de “Matrix Algebra Tools”. Se administró “*The Tech-Augmented Learning Questionnaire (TALQ)*” a la población como instrumento para la recopilación de datos. Los autores se centraron en cómo la tecnología puede mejorar la experiencia de aprendizaje de los estudiantes y su actitud hacia las matemáticas. Además, enfatizan que la tecnología ha transformado la forma en que aprendemos y procesamos la información (Agbo-Egwu et al., 2018).

Por otra parte, los resultados del estudio de Agbo-Egwu et al. (2018) indican una alta percepción positiva de la tecnología entre los estudiantes. Los participantes expresaron que le gustaban las actividades de aprendizaje tecnológicamente aumentadas, y que sentían un alto sentido de satisfacción y logro. También, aceptaron que el enfoque utilizado en el curso mejoró las habilidades computacionales de los estudiantes y les permitió trabajar a su propio ritmo para alcanzar los objetivos de aprendizaje. Por último,

los autores recomendaron que la instrucción en el aula se planificaría en torno a las herramientas tecnológicas disponibles para enriquecer la experiencia de aprendizaje de los estudiantes, especialmente en la educación matemática (Agbo-Egwu et al., 2018).

Sepúlveda Obreque, Oyarzún Burgos, Díaz-Levicoy, y Opazo Salvatierra (2017) llevaron a cabo un estudio cuantitativo, descriptivo y transversal sobre la percepción de los estudiantes de educación básica municipalizada en once escuelas de dos ciudades de la región de Los Lagos, en Chile, acerca de la enseñanza de las matemáticas. Los autores administraron un cuestionario a estudiantes de séptimo y octavo grado para conocer sus opiniones sobre la enseñanza de las matemáticas. Los resultados indicaron que los estudiantes percibieron a sus profesores como exigentes, comprensivos, dispuestos al diálogo y valoraron positivamente la capacidad de los profesores para explicar el mismo contenido de manera diferente y presentar los contenidos de manera atractiva. Sin embargo, Sepúlveda Obreque et al. (2017) señaló que los estudiantes mostraron mayor motivación y mejor desempeño en matemáticas cuando se utilizan métodos pedagógicos más participativos y centrados en el aprendizaje significativo. Los autores sugirieron recomendaciones para mejorar la enseñanza de las matemáticas en la educación básica en Chile, destacando la importancia de la formación continua de los profesores y la implementación de metodologías pedagógicas innovadoras.

Así mismo, Hernández y Navarro (2017) llevaron a cabo una investigación de las percepciones de los estudiantes universitarios sobre el uso del ordenador personal y otros recursos tecnológicos en el salón de clases. El objetivo principal del estudio fue explorar el grado de uso y la opinión de los estudiantes sobre la utilidad del ordenador personal y otros recursos como complementos de las metodologías tradicionales de enseñanza en la

sala universitaria. Los autores realizaron un cuestionario como instrumento para recopilar los datos de estudiantes universitarios que pertenecían a diversas áreas de conocimiento en una universidad española. El cuestionario se enfocó en las opiniones de los estudiantes sobre el uso de los ordenadores portátiles, valoración de la información, inconvenientes y otros recursos electrónicos en el salón de clases. Los resultados mostraron que la mayoría de los estudiantes utilizaban sus ordenadores portátiles durante las clases, principalmente para tomar notas y buscar información. Además, los autores destacan que los estudiantes consideraron que la tecnología podía mejorar la participación y la motivación en el salón de clases. Hernández y Navarro (2017) concluyeron que los estudiantes universitarios tienen una actitud positiva hacia el uso del ordenador personal y otros recursos tecnológicos en el salón de clases, y creen que puede mejorar la calidad de la enseñanza y el aprendizaje.

Villacis Montoya, Jácome Vélez, López Chica, y Córdova Alarcón (2023) realizaron una investigación para evaluar el impacto de la aplicación del programado computacional “Geogebra” en la enseñanza de funciones lineales a estudiantes de décimo grado en una escuela en Ecuador. El objetivo del estudio fue analizar si el uso del programado computacional mejoraba el aprendizaje de funciones lineales de los estudiantes en comparación con el enfoque tradicional de enseñanza. Los autores desarrollaron actividades de aprendizaje y evaluaron el nivel del conocimiento y comprensión de los estudiantes a través de una prueba final de preguntas abiertas. Los resultados mostraron que el uso de “Geogebra” mejoró significativamente el rendimiento de los estudiantes en la comprensión, representación y resolución de problemas de funciones lineales. También, encontraron que los estudiantes percibieron que el uso del

programado computacional les facilitó su aprendizaje y la comprensión de las funciones lineales. Los autores concluyeron que el uso del programado computacional “Geogebra” puede ser una herramienta valiosa para mejorar la enseñanza de funciones lineales y promover un aprendizaje más activo y participativo por parte de los estudiantes (Villacis Montoya, Jácome Vélez, López Chica, y Córdova Alarcón, 2023).

Problema de investigación

Tomando en cuenta los antecedentes presentados, surgió la necesidad de analizar: ¿Cuál es la percepción del estudiante de precálculo en las áreas de operaciones y representaciones dentro del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional? El uso de la tecnología en la educación es cada vez más importante en nuestra sociedad actual y futura (Argudo Ortiz, 2013). Por lo tanto, es responsabilidad de los profesores incorporar recursos tecnológicos y programas dinámicos para mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje, lo que permitirá que los estudiantes tengan un mayor control sobre su propio aprendizaje y aumenten su autonomía e iniciativa personal (Argudo Ortiz, 2013). Para lograr esto, es fundamental que los profesores sean conscientes de las diferentes formas de aprendizaje de los estudiantes y adapten su enseñanza a las necesidades individuales de cada uno (Guzmán y Castro, 2005). Un ejemplo de un programa que puede ser útil para mejorar la comprensión y representaciones de conceptos matemáticos complejos es “Mathematica”, el cual ofrece muchas posibilidades gráficas, de factores y desarrollo algebraico, y permite obtener imágenes de la gráfica de una función (Nieto y Ramos, 2014).

Por otra parte, según Sepúlveda Obreque et al. (2017) estudios han demostrado que muchos estudiantes no valoran adecuadamente la importancia de las matemáticas en la sociedad moderna, debido a que, a menudo, se les enseña de forma monótona y poco interesante, lo que resulta en una falta de motivación y un bajo nivel de comprensión. Esto puede llevar a dificultades para aprender y una percepción negativa hacia las matemáticas por parte de los estudiantes (Sepúlveda Obreque et al., 2017). Es por esto que otros estudios han demostrado cómo la tecnología puede ser una herramienta útil en la educación y cómo el uso de programas computacionales como “Geogebra” puede mejorar el aprendizaje de los estudiantes en áreas como las matemáticas (Villacis Montoya et al., 2023).

Toffler (1980) predijo que, en el futuro, los analfabetos no serían aquellos que no supieran leer o escribir, sino aquellos que no tuvieran la capacidad de aprender, desaprender y reaprender. Para construir un futuro sostenible, debemos exportar algo al futuro. Es decir, crear conocimiento útil que pueda ser aplicado a la economía y educaciones futuras (Cornella, 2009). Por otro lado, Monsalve Patiño (2008) destaca que la educación debe ser vista como un desafío y que es importante que los profesores busquen las mejores estrategias para ayudar a sus estudiantes a enfrentar las situaciones cotidianas. El autor también afirma que el aprendizaje significativo se logra al enfocarse en las necesidades individuales de los estudiantes y no solo en la finalización de los contenidos.

Por otra parte, Marcos del Olmo (2016) destaca que los estudiantes actuales forman parte de la generación digital que está acostumbrada a convivir con dispositivos informáticos y de comunicación. Es importante aprovechar esta disposición favorable de

los estudiantes para mejorar su proceso de enseñanza-aprendizaje, adaptándolo a su ritmo y haciendo que sea lo más significativo posible. Para ello, herramientas de programados de álgebra computacional pueden facilitar al profesor dicha tarea, ya que permiten presentar conceptos abstractos de una manera amena e intuitiva. Además, la interfaz intuitiva de “Desmos” y su capacidad para compartir gráficas creadas en línea pueden promover la colaboración y la discusión en el salón de clases, mejorando el aprendizaje de los estudiantes (Marcos del Olmo, 2016).

Dado los problemas identificados en investigaciones previas en los antecedentes relacionados con el tema de investigación, es crucial abordar el problema anteriormente identificado en esta investigación. Por lo tanto, se presentó la necesidad de explorar la percepción del estudiante de precálculo en las áreas de operaciones y representaciones dentro del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional. Esto se realizó con estudiantes universitarios en Puerto Rico, específicamente en un Recinto de la Universidad de Puerto Rico, una población que no ha sido estudiada en este contexto.

Propósito del estudio

El propósito de esta investigación fue determinar la percepción del estudiante de precálculo en las áreas de operaciones y representaciones dentro del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional. Por consiguiente, las preguntas de la investigación son las siguientes:

1. ¿Cuál es la percepción del estudiante de precálculo dentro del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional?

2. ¿Cuál es la percepción del estudiante de precálculo en el área de operaciones, dentro del concepto de funciones lineales, al utilizar un programado de álgebra computacional?
3. ¿Cuál es la percepción del estudiante de precálculo en el área de representaciones, dentro del concepto de funciones lineales, al utilizar un programado de álgebra computacional?
4. ¿Existe relación en la percepción del estudiante de precálculo al utilizar un programado de álgebra computacional y su percepción en el área de operaciones dentro del concepto de funciones lineales?
5. ¿Existe relación en la percepción del estudiante de precálculo al utilizar un programado de álgebra computacional y su percepción en el área de representaciones dentro del concepto de funciones lineales?

Justificación

A fin de justificar la relevancia de esta investigación se usaron los criterios descritos en el libro de Metodología de la Investigación por Hernández Sampieri, Fernandez Collado, y Batista Lucio (2014). Los cinco criterios utilizados fueron: conveniencia, relevancia social, implicaciones prácticas, valor teórico y utilidad metodológica.

Conveniencia. Según Suarez Chavez (2018), los estudiantes suelen tener obstáculos o dificultades en el concepto de función lineal, lo cual puede estar relacionado con su desarrollo cognitivo, los currículos de matemáticas y la forma de enseñanza. Los estudiantes pudieron identificar estas dificultades al utilizar programas de álgebra computacional, lo que les permitió analizar cómo contribuyen al desarrollo de sus

destrezas en el proceso de aprendizaje del concepto de funciones lineales. Por esta razón, el uso de estrategias de aprendizaje basadas en programas de álgebra computacional en la sala de clases puede ofrecer numerosas ventajas para los estudiantes al estudiar el concepto de funciones lineales. Entre estas, se incluyen la posibilidad de cambiar la forma de enseñanza, fomentar nuevos procesos de aprendizaje, estimular el pensamiento crítico, motivar a los estudiantes y mejorar sus actitudes hacia las matemáticas, así como descubrir esos recursos tecnológicos que pueden ayudar a mejorar en el proceso de enseñanza (Villacis Montoya et al., 2023).

Por consiguiente, la **conveniencia** de esta investigación es que una vez obtenidos los resultados se pueda explorar y analizar la percepción del estudiante de precálculo en las áreas de operaciones y representaciones dentro del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional.

Relevancia social. En un mundo en constante cambio, es esencial considerar cómo la tecnología puede mejorar nuestras habilidades y conocimientos (Agbo-Egwu et al., 2018). Los programas computacionales de matemáticas son una parte fundamental de la enseñanza actual, por lo que los profesores deben estar capacitados para su uso e instruir a los estudiantes en su manejo. Los estudiantes han crecido en un entorno tecnológico, los profesores deben satisfacer sus necesidades y utilizar programas de matemáticas en sala de clase con más frecuencia (Baque et al., 2021). Por otro lado, Rojas Maldonado (2019) sugiere que al aplicar un programa computacional como “Desmos” en la sala de clases, se fomenta el aprendizaje desde una perspectiva social, ya que la interacción dentro del grupo de estudiantes puede generar ideas colaborativas para mejorar cada dibujo y ejercicio. Además, destaca que la importancia de la aplicación de

un programa computacional como “Desmos” radica no solo en que contribuye a la capacitación de los estudiantes, sino que también estimula su motivación y sus capacidades interpretativas de las ecuaciones y ejercicios planteados.

Por otra parte, Villacis Montoya et al. (2023) establecen que la implementación de actividades de aprendizaje con el apoyo de un programa de álgebra computacional, como “GeoGebra”, mejora el rendimiento en el aprendizaje de funciones lineales. Esto se debe a que se cuenta con un conjunto de actividades de aprendizaje previamente diseñadas, lo que optimiza el tiempo de desarrollo de habilidades, crea un ambiente de aprendizaje agradable, mejora la comunicación entre los estudiantes y el profesor, y fortalece el razonamiento crítico y matemático en los estudiantes. Es por esto que resulta crucial explorar nuevas herramientas y tecnologías en el proceso educativo para mejorar la calidad de la enseñanza y el aprendizaje en matemáticas (Salas-Rueda, 2021).

Por consiguiente, la **relevancia social** de esta investigación es que, una vez obtenidos los resultados, será de relevancia para los profesores en los cursos de precálculo, futuros investigadores u otras instituciones educativas. Se podrá utilizar como referencia la percepción del estudiante de precálculo en las áreas de operaciones y representaciones dentro del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional.

Implicaciones prácticas. Este estudio ha descrito las percepciones que se pueden tener al hacer uso de un programado de álgebra computacional en el proceso de enseñanza aprendizaje de las operaciones y representaciones de los estudiantes en el concepto de funciones lineales. Simanca, Abuchar y Velazco (2017) señalan que la

efectividad del uso de las TIC en la enseñanza de las matemáticas depende de varios factores, como la calidad del programado utilizando, la habilidad del profesor para integrar las TIC en su enseñanza y la disponibilidad de recursos tecnológicos en las escuelas. Los autores indican que el uso de la tecnología como herramienta complementaria en la enseñanza ha demostrado ser extraordinariamente efectiva en el proceso pedagógico, ya que en muchos casos se ha comprobado, que cuando se combina con otras estrategias, puede generar un aprendizaje significativo. Por tanto, según Calderón-Zambrano, Franco-Pesantez, y Alvarado-Espinoza (2018) el uso de la secuencia didáctica con el apoyo de un programa de álgebra computacional como “GeoGebra” mejoró la consecución de destrezas de funciones lineales y cuadráticas, y fortaleció la construcción del conocimiento por parte de los estudiantes con la asistencia del profesor.

Por otro lado, es importante que los estudiantes se capaciten en el uso de programas de álgebra computacional, los cuales son cada vez más comunes en la sala de clases. Los profesores pueden incluir en sus prontuarios la metodología del uso de un programa de álgebra computacional e impartir lecciones sobre su uso, como parte de la clase.

Valor teórico. La investigación puede servir como un ejemplo para el profesor universitario en cuanto a la percepción y utilización de programas de álgebra computacional en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Además, puede ayudar a conocer las percepciones de los estudiantes sobre las operaciones y representaciones en el concepto de función lineal en cursos de precálculo que involucren el uso de estos programas. Esto concuerda con Barón Martínez (2020) al indicar que el uso de programas

de álgebra computacional facilita y dinamiza el uso de los sistemas de representación semiótica en la solución de problemas relacionado con funciones lineales.

Por otra parte, el estudio se justificó y se fundamentó en las dos teorías claves para el desarrollo de este problema, la Teoría APOS (Dubinsky 1991-2013) y la Teoría de Conectivismo de George Siemens (2004 y 2006).

Utilidad metodológica. Se ha encontrado una escasez de estudios en la literatura revisada que aborden específicamente el tema de la investigación en cuestión. Por lo tanto, este estudio permitió conocer la percepción del estudiante de precálculo en las áreas de operaciones y representaciones dentro del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional en un recinto de la Universidad de Puerto Rico. Los resultados de este estudio podrán contribuir a mejorar la enseñanza de los cursos de precálculo en la actualidad.

Por otra parte, este estudio aportó a la metodología de la investigación, ya que el cuestionario que se utilizó para evaluar la *percepción del estudiante de precálculo en las áreas de operaciones y representaciones dentro del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional* fue diseñado por la investigadora y validado por un panel de expertos. Este instrumento es muy valioso y útil para futuras investigaciones en el área.

Marco teórico

Esta sección proporcionó una base teórica para el estudio, presentando dos teorías: la Teoría APOS de Dubinsky (1991-2013) y la Teoría de Conectivismo de George Siemens (2006). Se comenzó explicando las ideas fundamentales de cada teoría y, luego, se analizó cómo se relacionaban ambas teorías en el contexto del estudio.

Teoría APOS de Dubinsky (1991-2013). La Teoría APOS (Acción-Proceso-Objeto-Esquema) es una explicación de la teoría constructivista, en el desarrollo de una *Abstracción Reflexiva* presentado por Jean Piaget en relación con describir el pensamiento de los niños. Dubinsky (1991) expande esta noción y la utiliza para delinear cómo una persona alcanza construcciones acerca de un cierto contenido, idea o noción matemática en niveles más avanzados. APOS es un marco teórico que permite el desarrollo de estructuras cognitivas que pueden manejarse con etapas de comprensión y conductas al mismo tiempo en el proceso de aprendizaje de un concepto. También este marco teórico nos permitió revelar el proceso de construcción de desarrollo del concepto. Se basan en ideas de Piaget, que son una forma de evaluar la comprensión de un estudiante de un concepto matemático y proporcionar una hoja de ruta para ayudar al estudiante en ese desarrollo. En otras palabras, APOS es un marco para describir cómo se aprenden los conceptos matemáticos (Oktac y Parraguez Gonzales, 2010).

La Teoría APOS se centra en modelos de lo que podría estar pasando en la mente de un individuo cuando está tratando de aprender un concepto matemático y utiliza estos modelos para evaluar los éxitos, estructuras y construcciones de los estudiantes al tratar con situaciones de problemas matemáticos (Dubinsky & McDonald, 2001). Al estudiar varios artículos se seleccionó la teoría APOS para este estudio debido a su efectividad en estudios anteriores durante los últimos 28 años. En este estudio, la teoría APOS se utilizó como una herramienta de evaluación estrictamente analítica, representaciones, mecanismos de construcciones y comprensión (Dubinsky, Weller, Clark, Loch, McDonald, y Merkovsky, 2003). Por lo tanto, siendo APOS una teoría constructivista del aprendizaje

y enseñanza de conceptos matemáticos, esta investigación construyó y analizó las diferentes percepciones de los estudiantes enfocado en las fases de esta teoría.

Reconocemos que APOS, como cualquier teoría educativa, no pretende proporcionar una explicación universal de cómo los estudiantes aprenden un concepto matemático particular. Sin embargo, proporciona un lente a través de la cual los datos pueden ser analizados y posiblemente explicados (Dubinsky y McDonald, 2001). El estudio de Nagle, Martínez-Planell, y Moore-Russo (2018) define que la acción es una transformación de una noción matemática que el individuo percibe como externa. Puede ser una aplicación rígida de un algoritmo explícitamente disponible o la aplicación de un hecho o procedimiento memorizado. Una acción se percibe como externa en el sentido de que está relativamente desconectada de otros conocimientos matemáticos del individuo. Como consecuencia, el individuo no puede justificar la acción. Otra consecuencia es que la acción está frecuentemente vinculada a una representación específica de la transformación matemática que se está aplicando. Por otro lado, cuando se repite una acción y el individuo se refleja en la acción, puede ser interiorizado en un proceso. El proceso ahora se percibe como interno, en el sentido de que tiene conexiones significativas con el otro conocimiento matemático del individuo (Nagle et al., 2018).

Estas conexiones permiten al individuo imaginar la transformación, omitir algunos de sus pasos y anticipar sus resultados sin tener que realizar la transformación explícitamente. Las conexiones significativas le dan al individuo la capacidad de realizar conversiones entre diferentes representaciones de la transformación y le permiten al individuo justificar el proceso. Es importante observar que poder imaginar un proceso, omitir pasos y anticipar resultados, implica que el individuo será capaz de producir una

imagen mental del objeto que se está transformando, junto con otras cantidades que están relacionadas con la noción matemática del proceso. Esta imagen mental será dinámica para que se omitan los pasos y se anticipen los resultados. Esto se alinea con la dependencia mutua de visualización y pensamiento analítico propuesto por (Dubinsky et al., 1996). Los diferentes procesos pueden coordinarse para formar nuevos procesos. El objetivo es que se convierta en persistente con el uso de los términos por Piaget (Arnon, Cottrill, Dubinsky, Oktaç, Roa Fuentes, Trigueros, y Weller, 2014).

Sin embargo, la definición de esquema dentro de la teoría APOS tiene un significado preciso, diseñado específicamente para dar una explicación a la forma en la que se desarrollan los conceptos matemáticos a través de los procesos de enseñanza. En la teoría APOS, un esquema para una parte específica de las matemáticas se define como la colección de acciones, procesos, objetos y otros esquemas que están relacionados consciente o inconscientemente en la mente de un individuo en una estructura coherente y que pueden ser empleados en la solución de una situación problemática que involucre esa área de las matemáticas (Arnon et al., 2014). Cuando un sujeto se encuentra frente a un problema específico en el ámbito de las matemáticas, evoca un esquema para tratarlo. Al hacerlo, pone en juego aquellos conceptos de los que dispone en ese momento y utiliza relaciones entre esos conceptos. Ante una misma situación diferentes estudiantes utilizaron los mismos conceptos y diferentes relaciones entre ellos. El tipo de relaciones que cada sujeto establece entre los conceptos que utiliza, así como el tipo de construcción del concepto que muestra, dependen de su conocimiento matemático (Arnon et al., 2014).

Asiala, Brown, DeVries, Dubinsky, Mathews, y Thomas (1996) describen el esquema del individuo para un tema matemático como todos sus conocimientos

relacionados (explícita o implícitamente) a ese tema. Un esquema puede ser tematizado para convertirse en un objeto cognitivo para que acciones y procesos se pueden aplicar. Al “des-tematizar” conscientemente un esquema, es posible obtener las acciones originales, procesos, objetos y otros esquemas a partir de los cuales se construyó el esquema. Un esquema puede considerarse como compuesto de diferentes componentes y es lo que se demostró y comprendió en este estudio analizando las percepciones de los estudiantes (Clark, et al., 1997). También nos referimos a la teoría de APOS, ya que brinda una descripción de un posible proceso mediante el cual se puede aprender el concepto de función lineal, según los artículos publicados. APOS es una teoría cognitiva que trata de modelar las construcciones que un estudiante puede hacer y su comprensión en la matemática.

Teoría de conectivismo de George Siemens (2004 y 2006). La Teoría de Conectivismo de Siemens (2004 y 2006) postula que el aprendizaje es un proceso que ocurre en una red o sistema de conexiones, que la tecnología y las herramientas digitales han cambiado la forma en que se lleva a cabo el aprendizaje. Según esta teoría, el conocimiento se encuentra distribuido en la red y el aprendizaje implica la habilidad de hacer conexiones entre los nodos de información. En este sentido, el aprendizaje no se limita al individuo, sino que se extiende a la red de conexiones, que incluye personas, fuentes de información, tecnologías y conceptos.

Siemens (2004) escribió un artículo titulado *“Connectivism: A Learning Theory for the Digital Age*, donde presentó el conectivismo como una teoría de aprendizaje para la era digital. El autor argumentó que las teorías de aprendizaje anteriores, como el conductismo, el cognitivismo y el constructivismo, no son adecuadas para explicar cómo

las personas aprenden en el contexto de la tecnología digital. En cambio, Siemens (2004) sostuvo unos principios fundamentales del conectivismo. Estos son:

1. El aprendizaje y el conocimiento se basa en la diversidad de opiniones.
2. El aprendizaje es un proceso de conectar nodos especializados o fuentes de información.
3. El aprendizaje puede residir en dispositivos no humanos.
4. La capacidad de conocer es más crítica que los que conoce actualmente.
5. Es necesario nutrir y mantener conexiones para facilitar el aprendizaje continuo.
6. La capacidad de ver conexiones entre campos, ideas y conceptos es una habilidad fundamental.
7. La toma de decisiones es en sí misma un proceso de aprendizaje. Elegir qué aprender y el significado de la información entrante se ve a través del lente de una realidad cambiante. Mientras que puede haber una respuesta correcta ahora, puede ser incorrecta mañana debido a alteraciones en el clima de información que afectan la decisión.

Por otro lado, Siemens (2006) escribió un libro titulado “*Knowing Knowledge*” donde profundizó en los conceptos presentados en su primer artículo sobre el conectivismo y proporcionó una guía práctica para aplicar esta teoría en el diseño de cursos y programas educativos en línea. El autor argumentó que, en la Teoría del Conectivismo, el conocimiento es fluido y está en constante evolución, y los estudiantes deben aprender a navegar y utilizar estas redes de información para construir y actualizar su conocimiento. También exploró las implicaciones del conectivismo para la sociedad

en general, sugiriendo que la capacidad de crear y compartir conocimiento a través de redes en línea podría tener un impacto transformador en la forma en que las personas aprenden y trabajan. Señaló que la Teoría del conectivismo puede ayudar a las personas a superar las limitaciones de la educación tradicional y la formación basada en silos de conocimiento, y fomentar la colaboración y la innovación a través de las redes de información.

En la Teoría de Conectivismo de Siemens (2006), en lugar de centrarse en el papel del profesor como el experto que transmite el conocimiento al estudiante, el conectivismo destaca el papel del estudiante como un participante activo en la construcción de su propio conocimiento. Menciona que el estudiante es visto como el rol principal, como alguien que puede conectarse con una amplia variedad de fuentes de información y de otros estudiantes a través de la tecnología para construir y ampliar sus propias redes de conocimiento. Por consiguiente, el estudiante puede buscar y filtrar información de diversas fuentes, para luego organizar y aplicar ese conocimiento en una variedad de situaciones. Es por esto que el autor menciona el papel del profesor como el de un facilitador del aprendizaje, alguien que puede ayudar y alentar a los estudiantes a conectarse con información y otros estudiantes de manera efectiva, y que puede proporcionar orientación y apoyo en el proceso de construcción del conocimiento. Establece que el profesor puede actuar como un modelo para los estudiantes, al demostrar cómo construir y utilizar sus propias redes de conocimiento y cómo aplicar el conocimiento en diferentes contextos. Además, indica que el profesor debe diseñar ambientes de aprendizaje que fomenten la exploración, el descubrimiento y la construcción del conocimiento, en lugar de simplemente transmitir información.

Siemens (2004) concluyó que la forma en que las personas trabajan y funcionan cambia cuando se utilizan nuevas herramientas. El campo de la educación ha sido lento para reconocer tanto el impacto de las nuevas herramientas de aprendizaje como los cambios ambientales en los que significa aprender. También, la Teoría de Conectivismo proporciona información sobre las habilidades y tareas de aprendizaje necesarias para que los estudiantes prosperen en la era digital.

Síntesis del marco teórico. Las teorías de APOS de Dubinsky y de Conectivismo de Siemens tienen algunas coincidencias y también se complementan entre sí en varios aspectos. En cuanto a las coincidencias, ambas teorías comparten una concepción constructivista del aprendizaje, es decir, que el conocimiento es construido por el estudiante y no transmitido por el profesor. También, ambas teorías enfatizan en la importancia de la interacción y el aprendizaje colaborativo, ya que los estudiantes pueden beneficiarse al compartir conocimientos y perspectivas.

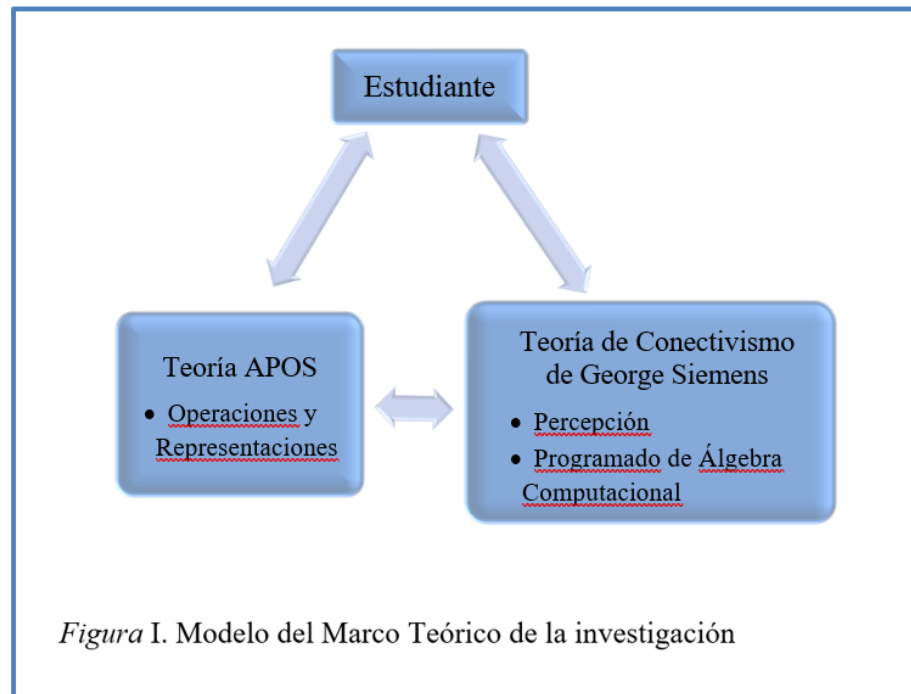
La Teoría APOS se enfoca en el aprendizaje de matemática y describe cómo el estudiante construye conocimiento en esta área a través de la interacción entre cuatro elementos: la acción, el proceso, el objeto y el esquema. Por su parte, la teoría de Conectivismo se enfoca en el aprendizaje en la era digital y destaca cómo los avances tecnológicos han cambiado la forma en que aprendemos, y la conexión con diferentes fuentes de información permiten al estudiante construir conocimiento de manera más efectiva.

Una manera en que estas teorías se complementan entre sí es que el Conectivismo puede ayudar a expandir las redes de información y recursos disponibles para el

estudiante, y APOS puede proveer una estructura cognitiva para organizar y comprender el conocimiento adquirido. Por ejemplo, el Conectivismo puede proporcionar una variedad de recursos, programas computacionales, actividades en línea para que los estudiantes puedan explorar diferentes aspectos del contenido matemático que están aprendiendo, mientras que la teoría de APOS puede proporcionar un marco conceptual para que los estudiantes puedan comprender y organizar esa información de manera efectiva, los cuales son elementos clave para lograr un aprendizaje matemático efectivo y significativo.

El estudio propuesto busca determinar la percepción del estudiante de precálculo en las áreas de operaciones y representaciones dentro del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional en un recinto de la Universidad de Puerto Rico. La Figura I, que integra los conceptos y postulados presentados en el marco teórico del estudio, muestra la relación existente entre variables dependientes y el marco teórico.

En esta figura I, se destaca el papel principal y activo del estudiante, tal como lo proponen ambas teorías.



En resumen, estas dos teorías se relacionan en la medida en que ambas se enfocan en la construcción de conocimiento por parte del estudiante y en la importancia de la interacción y la colaboración. La Teoría de APOS se enfoca en cómo se construye el conocimiento matemático y en cómo se puede organizar de manera efectiva, mientras que la Teoría de Conectivismo se enfoca en cómo se puede conectar el conocimiento y las experiencias de aprendizaje para lograr una comprensión más amplia y profunda del mundo general. Juntas, estas teorías pueden proporcionar un marco teórico integral para la educación efectiva en la era digital e innovadora. Teniendo en cuenta a Dubinsky y Siemens, ambos en sus teorías recalcan que los estudiantes apliquen vivencias reales, procesos de intercambios, llevándolos a aprendizajes significativos y permanentes que seguirán por el resto de sus vidas.

Definiciones operacionales y términos de estudio

Las variables que se presentaron en esta investigación son: percepción, estudiante, operaciones, representaciones, funciones lineales y programado de álgebra computacional. A continuación, se definen las variables de manera conceptual y operacional.

V₁ Percepción.

Definición conceptual. El Diccionario de la Real Academia Española (2020) define la percepción como acción y efecto de percibir algo, es decir, la sensación interior que resulta de una impresión real hecha en nuestros sentidos, lo que también significa un conocimiento, idea de algo. Por otro lado, Fuenmayor y Villasmil (2008) define la percepción cómo la interpretación y el entendimiento de la información que se recibe a través de los sentidos. La percepción implica la decodificación cerebral y encontrar algún sentido a la información que se recibe para poder operar con ella o almacenarla.

Definición operacional. En esta investigación, la percepción se refiere a la predisposición positiva o negativa que tiene el estudiante de precálculo al utilizar un programado de álgebra computacional. Para medir la percepción, la investigadora creó un cuestionario que utiliza una escala de respuestas que oscila entre 5 a 1 de acuerdo con los siguientes criterios de la Escala Likert: Completamente en desacuerdo (1), En desacuerdo (2), Ni de acuerdo ni en desacuerdo (3), De acuerdo (4) y Muy de acuerdo (5).

V₂ Estudiante.

Definición conceptual. De acuerdo con la definición proporcionada por el diccionario web *conceptodefinition.de* (2011-2023), el estudiante es un individuo cuya

actividad principal es el estudio, lo cual se entiende en el ámbito académico. La principal responsabilidad del estudiante es adquirir conocimiento en diferentes materias o áreas de la ciencia, el arte o cualquier otro campo que pueda ser objeto de estudio.

Definición operacional. En esta investigación, estudiante se refiere al individuo que está tomando el curso de precálculo en un recinto de la Universidad de Puerto Rico.

V₃ Operaciones dentro del concepto de funciones lineales.

Definición conceptual. Según, “Khan Academy” (2023) una operación matemática implica la utilización de reglas específicas para ejecutar composiciones o eliminaciones, con dos o más números. En el ámbito de las operaciones con funciones, se pueden construir nuevas funciones utilizando operaciones como la suma, resta, multiplicación y división entre dos funciones, definir y calcular la composición entre funciones, obtener un modelo funcional a partir de las descripciones textuales y construir una nueva función y comprensión de la gráfica de función.

Definición operacional. En esta investigación, las operaciones dentro del concepto de funciones lineales se refieren a la ejecución de las operaciones de suma, resta, multiplicación y división, así como sus composiciones, cálculo de ceros y raíces, con el fin de construir y trabajar con la función. Para medir las operaciones, se trabajó en unas de las partes del cuestionario, titulada *Percepción de las operaciones al utilizar un programado de álgebra computacional*, creado por la investigadora, que utilizó una escala de respuestas que oscila entre 5 a 1 de acuerdo con los siguientes criterios de la Escala Likert: Completamente en desacuerdo (1), En desacuerdo (2), Ni de acuerdo ni en desacuerdo (3), De acuerdo (4) y Muy de acuerdo (5).

V₄ Representaciones dentro del concepto de funciones lineales.

Definición conceptual. Stewart (2018), en su libro “Cálculo de una variable” define las representaciones en el contexto de las funciones lineales como las diversas formas de expresar estas funciones matemáticas, ya sea mediante una ecuación, una gráfica o una tabla de valores. La selección de una representación en particular depende del contexto y de los objetivos específicos que se tengan para función en cuestión. Stewart también describe cómo se pueden emplear las ecuaciones, las gráficas y las tablas de valores para entender y analizar las características de estas funciones.

Definición operacional. En esta investigación, las representaciones se refieren a las diferentes simulaciones gráfica, ecuaciones, tabla de valores y pares ordenados, así como conceptos como constante, creciente o decreciente que pueden ser expresados dentro del concepto de funciones lineales. Para medir las representaciones, se trabajó en unas de las partes del cuestionario, titulada *Percepción de las representaciones al utilizar un programado de álgebra computacional*, creado por la investigadora, que utilizó una escala de respuestas que oscila entre 5 a 1 de acuerdo con los siguientes criterios de la Escala Likert: Completamente en desacuerdo (1), En desacuerdo (2), Ni de acuerdo ni en desacuerdo (3), De acuerdo (4) y Muy de acuerdo (5).

Los términos del estudio son los siguientes:

T1 Recursos Tecnológicos. Según el diccionario “definición.de” (2008-2023) los recursos tecnológicos es un medio que se vale de la tecnología para cumplir con su propósito. Los recursos tecnológicos pueden ser tangibles (como una computadora, una impresora u otra máquina) o intangibles (unsistema, una aplicación virtual).

No obstante, mientras algunos estudiosos de la educación consideran nocivo el uso de la tecnología en la enseñanza de las matemáticas, otros más liberales consideran

que el uso de los recursos tecnológicos es viable, pero debe ser prudente y medurado, ya que no se trata de darle un carácter impersonal al ejercicio pedagógico. Siempre se ha inculcado que los recursos tecnológicos son un complemento, mas no un sustituto del docente (Argudo Ortiz, 2013).

Lo que quiere decir es que, para efecto de la investigación, los recursos tecnológicos son computadora, programas o aplicaciones que se usan en la sala de clase; se quiere describir y analizar las representaciones y operaciones de los conceptos de funciones lineales y pendiente al hacer uso de estas herramientas.

T₂ Funciones Lineales. En su libro *Algebra and Trigonometry* (2022), Ron Larson estudia las funciones lineales y las define como aquellas que tienen una tasa constante de cambio. Esto significa que, para cualquier incremento en el valor de la variable independiente, la función experimentará un incremento proporcional en su valor. Larson también explica cómo se pueden representar gráficamente las funciones lineales, y cómo se pueden utilizar para resolver problemas prácticos en diversas áreas. Por otro lado, en su libro *Cálculo de una variable* (2018), Stewart define las funciones lineales como aquellas en las que la relación entre la variable independiente y la variable dependiente es proporcional. Para efecto del estudio se refiere al concepto de funciones lineales estudiado por el estudiante en la clase de precálculo.

T₃ Programado de Álgebra Computacional. Según, Stein y Joyner (2005) la programación de álgebra computacional se refiere a la aplicación de técnicas y algoritmos matemáticos para resolver problemas simbólicos mediante el uso de “software” especializado. Esta área combina la teoría matemática y la informática para desarrollar herramientas y aplicaciones que puedan realizar cálculos y manipulaciones simbólicas complejas de manera eficiente. Para efecto de la investigación, se refiere al programado computacional que el estudiante utilizó en clase para los conceptos de funciones lineales.

Capítulo II

Revisión de Literatura

En este capítulo se presenta información fundamental concerniente con el tema de estudio, descubriendo qué dicen otros autores acerca de la pregunta de investigación. De este modo, poder explorar acerca de la necesidad de llevar a cabo una investigación de la percepción del estudiante de precálculo en las áreas de operaciones y representaciones dentro del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional.

A continuación, la revisión de literatura está compuesta de cinco temas. Éstas son: recursos tecnológicos en la matemática, programas de álgebra computacional, percepciones de los estudiantes, estrategia de aprendizaje en las operaciones y representaciones de funciones lineales y síntesis de la revisión de la literatura.

Recursos tecnológicos en la matemática

Según, Jama-Zambrano y Cornejo-Zambrano (2016) los recursos tecnológicos son herramientas que utilizan la tecnología que pueden incluir computadoras, calculadoras de alto poder computacional, “software” con una variedad de comandos y funciones para manipular datos y gráficos. Además, mencionan que los recursos tecnológicos pueden ser utilizados para una variedad de tareas, como la creación y manipulación de hojas de cálculo, la solución de problemas matemáticos y algebraicos mediante programas de álgebra computacional, y la creación y manipulación de gráficos y visualizaciones.

Gravemeijer (1999) destaca el potencial que tienen los recursos tecnológicos, como los programas de computadoras y las calculadoras, para ayudar en la construcción de modelos matemáticos y fomentar la comprensión de la matemática formal. El autor

argumenta que la tecnología puede ser especialmente útil para apoyar la construcción de modelos matemáticos emergentes, los cuales pueden utilizarse como herramientas para desarrollar la comprensión de conceptos de matemáticos más complejos. Sin embargo, el autor advierte que el uso de la tecnología por sí sola no es suficiente para garantizar una enseñanza de calidad, sino que es necesario complementarla con enfoques pedagógicos eficaces para maximizar su impacto educativo. Es importante destacar que cualquier aplicación tecnológica no garantiza el aprendizaje significativo por sí sola, sino que, al ser utilizada en un contexto de aprendizaje que fomente la reflexión y el análisis crítico, se convierte en un elemento más del ejercicio cognitivo (Simanca Herrera, Abuchar Porras, y Velazco, 2017).

En definitiva, según Gómez (1998), los recursos tecnológicos son una ayuda para el estudiante y no se trata de reemplazar la enseñanza tradicional, sino de usarla como un apoyo y una herramienta complementaria para mejorar el aprendizaje. De forma facilitadora, el profesor puede llevar a cabo un aprendizaje práctico y fomentar la participación de los estudiantes para que, a partir de sus conocimientos previos y con el uso de las herramientas tecnológicas, agilicen el proceso de solución de problemas en los conceptos matemáticos. Hernández (2008) señala que transformar el enfoque tradicional del aula, que se centra en el uso de papel y lápiz, mediante la incorporación de las herramientas tecnológicas, ofrece una forma innovadora de aprendizaje que brinda a los estudiantes una experiencia única para construir su conocimiento.

Por otro lado, Seeley (2006) menciona que los recursos tecnológicos como las calculadoras, las computadoras y otras innovaciones de programas se han convertido en herramientas fundamentales en el campo de las matemáticas. También, indica que la

tecnología no es la solución a todos los desafíos educativos, sino una herramienta que debe ser utilizada de manera efectiva por los profesores. La autora hace mención que en lugar de debatir si los recursos tecnológicos son buenos o malos, sugiere aprovechar su potencial para ayudar a los estudiantes a aprender matemáticas en lugar de limitar su uso a la sala de clases. Hernández (2008) analizó la relación entre el uso efectivo de las nuevas tecnologías y la teoría constructivista. Además, exploró cómo las herramientas tecnológicas, cuando se emplean en el proceso de aprendizaje, brindan una experiencia excepcional para que los individuos construyan su conocimiento.

De acuerdo con el trabajo de Hernández (2008), el empleo de herramientas tecnológicas en el ámbito educativo posibilita la evaluación individualizada del desempeño de los estudiantes, al tiempo que permite al profesor ofrecer retroalimentación más adaptada a las necesidades de cada estudiante. Seeley (2006) plantea que es fundamental que los profesores posean un conocimiento sólido en matemáticas y estén familiarizados con las herramientas tecnológicas disponibles. Además, señala que es válido que los estudiantes tengan un mayor conocimiento en el uso de ciertas funciones de calculadoras o programas computacionales en comparación con sus profesores. Sin embargo, la autora menciona que es inaceptable que un profesor restrinja el uso de las herramientas tecnológicas por su propia incomodidad o permita el uso indiscriminado sin que los estudiantes adquieran previamente habilidades mentales esenciales.

Andrango (2012) realizó una investigación con el objetivo de conocer la integración de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC's) en el proceso de enseñanza de las matemáticas de los estudiantes en el Colegio Luxemburgo de Carapungo en la Ciudad de Quito. El estudio reflejó que el uso de las TIC's en la

enseñanza de las matemáticas tuvo un impacto positivo en el rendimiento de los estudiantes de décimo año. Además, el autor señala que la introducción de recursos tecnológicos como computadoras, “software” educativo y recursos en línea permitió a los estudiantes interactuar de manera más dinámica y participativa con los conceptos matemáticos. En conclusión, el investigador, indicó que la integración adecuada de las TIC’s en la educación matemática puede mejorar el aprendizaje y el rendimiento de los estudiantes.

Por otra parte, los autores Simanca Herrera, Abuchar Porras, y Velazco (2017) en su estudio concluyeron que el propósito de cualquier herramienta tecnológica, incluyendo un programa de álgebra computacional aplicada en la educación, es mejorar los esquemas cognitivos, establecer estrategias más efectivas para avanzar en el aprendizaje, crear un ambiente de aprendizaje que sea agradable y motivador, y fomentar el deseo de aprender, con el fin de mejorar la calidad del aprendizaje. Además, indican que todas las herramientas tecnológicas son susceptibles de ser mejoradas y combinadas con otras herramientas y utilizadas con diferentes estrategias en diversos contextos, pueden contribuir a un aprendizaje más efectivo y significativo.

Al verificar la literatura existente, Cavero (2006) respalda la idea de que la tecnología puede ser una herramienta valiosa para mejorar la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas. El autor sugiere que el uso de la computadora como herramienta de enseñanza puede tener un efecto positivo en la actitud hacia las matemáticas, particularmente en la percepción de su utilidad y aplicabilidad en la vida cotidiana. Por otro lado, es importante incluir el uso de recursos tecnológicos en el currículo escolar, ya que esto contribuye al desarrollo de temas complejos y la creación de nuevas ideas que

enriquecen el pensamiento matemático de los estudiantes y los preparan para enfrentar los desafíos sociales y globales. Además, estos recursos tecnológicos han mejorado significativamente los procesos de aprendizaje superando los métodos de enseñanza tradicional y memorísticos (Barrios Soto y Delgado González, 2021).

Mercado (2009) realizó una investigación cuantitativa donde uno de sus objetivos fue determinar el efecto del uso de la calculadora gráfica en el aprovechamiento académico de estudiantes de secundaria en matemáticas. El autor sugiere que antes de incorporar la tecnología, en la sala de clase de matemáticas, es crucial asegurarse de que los estudiantes comprendan y dominen los conceptos manualmente. Además, recomienda proporcionar una variedad de tecnologías en el salón de clases para adaptarlas a las necesidades específicas de profesores y estudiantes, permitiendo así un aprendizaje significativo.

Olivar y Daza (2007) indican que el enfoque central del proceso educativo debe estar dirigido hacia los estudiantes, y la incorporación de nuevas tecnologías resulta altamente beneficiosa para ellos. Los autores mencionan que estos recursos tecnológicos generan cambios y demandan aprendizaje continuo. También, plantean que, para transformar un centro educativo, es crucial superar la obsesión con la tecnología y priorizar la comunicación y el lenguaje para gestionar eficientemente datos, información y conocimiento, maximizando el potencial de estas tecnologías en la educación.

En la actualidad, la tecnología está evolucionando a un ritmo sin precedentes en la historia de la humanidad. Como resultado, nuestro sistema educativo debe adaptarse para proporcionar a nuestros estudiantes las herramientas necesarias para desenvolverse de

manera efectiva en un mundo globalizado. Es importante que todos los actores del sector educativo (estudiantes, padres de familia, profesores, universidades y la Educación Pública) tomen conciencia de esta necesidad de cambio y se adapten a los nuevos tiempos (Poveda y Murillo, 2003). El desafío consiste en aprender a distinguir los recursos tecnológicos que son verdaderamente beneficiosos para los objetivos educativos en la sala de clases de aquellos que no lo son, y en aprender a utilizarlos adecuadamente, manteniendo una mente abierta a las nuevas posibilidades que se presentan diariamente (Grisales Aguirre, 2018).

Por otra parte, Puentedura (2013) argumenta que la tecnología puede ser utilizada de diferentes maneras en la educación, desde simplemente reemplazar herramientas tradicionales hasta transformar completamente la forma en que se enseña y aprende. Según el autor, presenta el modelo *SAMR* (*Substitution, Augmentation, Modification, Redefinition*) que proporciona una estructura para evaluar cómo la tecnología puede mejorar el aprendizaje de los estudiantes en la sala de clases y avanzar en la educación. Los cuatro niveles de *SAMR* son:

1. “Substitution”: la tecnología se utiliza como un sustituto directo de herramientas y procesos tradicionales sin cambios significativos en la tarea.
2. “Augmentation” - la tecnología se utiliza para mejorar o ampliar la tarea o proceso tradicional.
3. “Modification” - la tecnología se utiliza para modificar significativamente la tarea o proceso tradicional, permitiendo una nueva forma de realizarla.

4. “Redefinition” – la tecnología se utiliza para crear nuevas tareas o procesos que no eran posibles sin ella, transformando la experiencia de enseñanza y aprendizaje.

Por tanto, Vaillant, Zidán, y Biagas (2020) sostienen que la incorporación de plataformas y herramientas digitales en la enseñanza de la matemática puede mejorar el aprendizaje de los estudiantes y brindar una experiencia de enseñanza más efectiva y atractiva. Mencionan que esto es especialmente útil para aquellos estudiantes que tienen dificultades para comprender conceptos matemáticos abstractos, ya que estos recursos tecnológicos pueden proporcionar una visualización más clara y concreta de dichos conceptos. Es por eso por lo que los autores llevaron a cabo una encuesta en línea a través de la plataforma “Limesurvey” para evaluar la utilización de dispositivos digitales en la sala de clase de matemática, analizando la frecuencia y el nivel de uso de aplicaciones específicas para matemática por parte de los profesores encuestados. Además, recomiendan algunas plataformas y herramientas digitales específicas, como la Plataforma Adaptativa de Matemática (PAM), GeoGebra, Desmos y Wolfram Alpha, que pueden ser útiles en la enseñanza de las matemáticas (Vaillant et al., 2020).

Roalcaba Caro y Soplapuco Montalvo (2021) resaltan la importancia de la tecnología y los recursos tecnológicos para mejorar la calidad de la enseñanza, especialmente en el área de matemáticas. Estos argumentan que el uso de un “software” educativo puede ser beneficioso tanto para los estudiantes como para los profesores. Los autores destacan varias ventajas que ofrece el uso de programa educativo en la enseñanza de las matemáticas, estos son:

1. Interactividad: el “software” educativo permite a los estudiantes interactuar con el material de aprendizaje de manera activa y participativa, lo que puede mejorar su comprensión y retención de la información.
2. Visualización: el “software” educativo puede incluir gráficos, animaciones y otros recursos visuales que facilitan la comprensión de conceptos matemáticos abstractos y complejos.
3. Adaptabilidad: el “software” educativo puede adaptarse a las necesidades y habilidades de cada estudiante, proporcionando una experiencia de aprendizaje personalizada y más efectiva.

Programado de álgebra computacional

Calder y Campbell (2016) realizaron un estudio donde su objetivo principal fue investigar cómo las aplicaciones matemáticas pueden ser utilizadas para involucrar y motivar a los estudiantes que tienen dificultades para aprender matemáticas. Los autores utilizaron cuatro estudiantes que tenían dificultades en matemáticas y que mostraban resistencia a aprender la materia. A los estudiantes se les proporcionaron iPads y se les pidió que utilizaran un programa de matemáticas específico para trabajar en problemas matemáticos. Los resultados del estudio mostraron que los estudiantes disfrutaron de la experiencia de usar el programa y encontraron la actividad más atractiva que el aprendizaje en la sala de clases convencional. Además, observaron que los estudiantes mejoraron en su capacidad para realizar cálculos matemáticos y también mostraron una mayor confianza en sus habilidades matemáticas.

Por otro lado, la manipulación de objetos concretos y la utilización de tecnología ayudan en el desarrollo de un pensamiento matemático efectivo y en la apropiación de los conceptos. Así que, los profesores deben utilizar estrategias didácticas innovadoras y recursos tecnológicos para fomentar el interés y la apropiación del conocimiento matemático entre los estudiantes (Wagner, Vásquez, Hoyos y Gutiérrez, 2014). Dado que los estudiantes son cada vez más dependientes de la tecnología, el uso de las TICS puede aumentar su interés del aprendizaje del álgebra. Al estar familiarizados con el uso de un programa de álgebra computacional, es más probable que encuentren viables las soluciones a los problemas propuestos, lo que puede ser beneficioso para sus estudios superiores, como es el caso del cálculo (Rodríguez Soto, 2019).

Avila Storer y Solares Rojas (2014) destacan los avances en el uso de “software” educativo, aplicaciones móviles, simuladores y herramientas de visualización y su impacto positivo en el aprendizaje de las matemáticas. De manera que los autores señalan la necesidad de integrar estas tecnologías en la enseñanza de manera efectiva, para lo cual se requiere una formación adecuada de los docentes y un diseño cuidadoso de las actividades y recursos educativos digitales.

En particular, Roalcaba Caro y Soplapuco Montalvo (2021) menciona un ejemplo con el “software” Geogebra el cual puede mejorar el aprendizaje en matemáticas, así como fomentar habilidades de pensamiento crítico y aprendizaje cooperativo en un ambiente flexible y participativo. Los autores resaltan que es importante que los profesores estén capacitados para utilizar estas herramientas de manera efectiva y creativa en la sala de clases. Además, indican que estos programas educativos ya son parte de la

sala de clases y el profesor debe darle más uso e integrar al estudiante; no solo utilizarlo para crear contenido.

El Programa Computacional Geogebra puede generar un conflicto cognitivo tanto para el profesor como para el estudiante, lo que puede resultar útil para identificar las concepciones previas de los estudiantes en matemáticas. El uso de guías puede fomentar la construcción activa del conocimiento y permitir una interacción directa de los estudiantes con las matemáticas. En consecuencia, el Programado Computacional Geogebra se convierte en un material significativo y efectivo para la enseñanza de las matemáticas (Tamayo Martínez, 2013). Rojas Maldonado (2019) destaca la utilidad el programa educativo “Desmos” como una herramienta didáctica en el aprendizaje del álgebra y geometría analítica. Además de su accesibilidad a través de teléfonos celular, “Desmos” permite un acercamiento atractivo y ameno por parte de los estudiantes hacia la matemática.

Es por esto que Marcos del Olmo (2016), destaca la importancia de que los profesores de matemáticas cambien su metodología de enseñanza y se capacitan en el uso de herramientas innovadoras como el programa computacional “Desmos”. Según el autor, esta actualización les permitirá ahorrar tiempo, aumentar precisión y la claridad en la presentación de los conceptos matemáticos en la sala de clase y, además, darle mayor protagonismo a los estudiantes, quienes podrán experimentar y explorar por sí mismos los conocimientos presentados por el profesor, estimulando así su creatividad y su talento.

Según, Wagner et al., (2014) en la educación matemática, es necesario buscar nuevas estrategias que permitan una comprensión más profunda y significativa de los

conceptos matemáticas. Estos autores, en su investigación, utilizaron la estrategia de geometrización del álgebra, que consiste en utilizar figuras geométricas para enseñar los temas de productos notables y factorización de polinomios. Además, implementaron un programa computacional interactivo llamado Geometría de Polinomios para proporcionar a los estudiantes un enfoque dinámico e interactivo de aprendizaje. Mencionan, que la utilización de estas estrategias didácticas proporciona una alternativa innovadora para enseñar los temas, lo que aumenta el interés de los estudiantes y facilita la comprensión de los conceptos.

Preciado López (2014) mencionó que la utilización de herramientas educativas, como el programa computacional “Winplot”, es una estrategia efectiva para introducir nuevas tecnologías en la educación tradicional. Enfatizó que estos recursos tecnológicos apoyan al profesor al enseñar y reforzar temas sin reemplazar los métodos de enseñanza actual. El autor realizó una investigación sobre el concepto de límite de funciones en Cálculo Diferencial, implementando el programa computacional “Winplot” en la Universidad San Martín de Bogotá. La utilización de este programa computacional, junto con la participación de los estudiantes, llevó a una mejora en su rendimiento académico.

Entre los hallazgos de la investigación, se pudo observar que los estudiantes que utilizaron el programa computacional “Winplot” mostraron mayor confianza al resolver ejercicios, tanto en límites como en derivadas. Otra revelación fue que el programa computacional facilitó la comprensión del concepto de límite al presentar visualmente la información en lugar de utilizar solo ecuaciones estáticas. Por consiguiente, integrar herramientas computarizadas en la enseñanza, como “Winplot”, enriquece el proceso educativo y favorece el aprendizaje al proporcionar una representación visual interactiva

de conceptos matemáticos complejos. Además, este enfoque no busca reemplazar al profesor, sino ofrecerle una herramienta adicional para apoyar su enseñanza y fomentar el aprendizaje de los estudiantes (Preciado López, 2014).

Por otra parte, Rodríguez Soto (2019) destaca que utilizar el “software” matemático Geogebra en el álgebra puede mejorar el aprendizaje de los estudiantes en sistemas lineales y no lineales, gráficas de funciones y programación lineal. Menciona que el uso del programa computacional en la sala de clase permite a los estudiantes analizar e interpretar resultados de manera individual o colaborativa, reduciendo el tiempo de cálculo y proporcionando una forma alternativa para resolver problemas. Esto también resulta en una visualización más clara de los gráficos y una mayor participación de los estudiantes. Además, el autor indica que el uso del programa computacional Geogebra beneficia tanto al profesor como a los estudiantes, ya que el profesor puede ahorrar tiempo evitando cálculos tediosos y los estudiantes pueden ver la enseñanza del álgebra desde una perspectiva diferente y más interactiva.

Marcos del Olmo (2016) resalta que el programa computacional “Desmos” es una herramienta valiosa para los estudiantes de matemáticas, ya que les permite explorar de manera interactiva la relación entre las funciones matemáticas y sus representaciones gráficas, lo que ayuda a mejorar su comprensión de los conceptos matemáticos. Además, el autor indica que este programa funciona como una calculadora gráfica en línea y facilita la tarea del profesor al presentar conceptos aparentemente abstractos e inaccesibles de manera atractiva e intuitiva para los estudiantes.

Samacá Ramírez y Ochoa Camacho (2019), investigaron el uso de la herramienta tecnológica del programa computacional “Desmos” como apoyo en la enseñanza y

aprendizaje de las ecuaciones en la sala de clases de matemáticas. Los autores señalan que este programa permite a los estudiantes modelar y visualizar gráficamente las ecuaciones, lo que mejora su comprensión de los conceptos matemáticos fundamentales. Asimismo, destacan la facilidad del uso de “Desmos” y su capacidad para adaptarse a diferentes estilos de enseñanza y aprendizaje.

Mejía Ballesteros (2018) llevó a cabo una investigación utilizando el programa computacional “Geogebra” como método de enseñanza y aprendizaje de las funciones de variable real con estudiantes del décimo grado del Colegio San Carlos del Municipio de San Gil, Colombia. El autor indicó que el uso de recursos tecnológicos despertó expectativas y motivación en los estudiantes, al tiempo que les permitió desarrollar habilidades en el manejo de herramientas como calculadoras gráficas y programas computacionales de álgebra y geométricos. También, que la implementación del trabajo en equipo demostró seguridad entre los estudiantes y facilitó la participación de aquellos que son más introvertidos. Concluyó que la utilización especializada de un programa computacional de matemáticas permitió que los estudiantes avanzaran en su proceso de aprendizaje, ya que pudieron interpretar resultados. La manipulación dinámica de ecuaciones y gráficos y la capacidad de ver en una misma pantalla la expresión algebraica, la tabla de datos y su gráfica, fueron aspectos destacados de la experiencia educativa.

Por otra parte, Avalos Siguenza (2019) señaló que los entornos tecnológicos requieren nuevos roles para profesores y estudiantes, por lo que es necesario utilizar las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en la enseñanza de las matemáticas. Mencionó que existen diversos programas matemáticos que pueden mejorar

el aprendizaje significativo. Avalos Siguenza (2019) realizó un estudio que se enfocó en determinar si el uso de un programa matemático “DERIVE” como estrategia didáctica mejora el aprendizaje de funciones reales de varias variables en el curso de Matemática III de la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales de la Universidad Ricardo Palma. Los resultados del enfoque cuantitativo de su estudio mostraron que el uso del programa matemático “DERIVE” como herramienta educativa mejoró significativamente la capacidad de razonamiento y demostración de los estudiantes en el área de matemáticas.

Aguilar (2015) en su estudio señala que la implementación de un “software” en la enseñanza de matemáticas puede ayudar a los estudiantes a desarrollar habilidades analíticas, interpretativas y argumentativas. En particular, menciona que “Geogebra” es una herramienta dinámica, gratuita, fácil de usar y actualizable, que puede ser utilizada por los profesores como un recurso didáctico para fomentar la capacidad de comunicar y representar ideas matemáticas. Además, el uso de este programa permite a los estudiantes explorar una mayor cantidad de casos y aumentar su comprensión en el tema de funciones lineales.

Por otro lado, Fiallo y Parada (2015) llevaron a cabo un estudio para evaluar el impacto de la utilización del programado computacional “Geogebra” en el desarrollo del pensamiento variacional en un curso de Precálculo universitario. Los autores describieron “Geogebra” como una herramienta de programado computacional que combina geometría y álgebra, lo que facilita la visualización y manipulación de conceptos matemáticos. Los resultados de la investigación demostraron que la utilización de “Geogebra” en el curso de Precálculo tuvo un efecto significativo en el desarrollo del

pensamiento variacional de los estudiantes. Además, el estudio reflejó que la interacción con esta herramienta tecnológica les permitió una comprensión más profunda y visual de conceptos matemáticos, especialmente aquellos relacionados con cambios y variaciones en la funciones y gráficas. En conclusión, los investigadores, señalaron que la utilización de un programado computacional “Geogebra” como apoyo en un curso de Precálculo mejoró el desarrollo del pensamiento variacional de los estudiantes, lo que tuvo un impacto positivo en su comprensión de conceptos matemáticos y en su habilidad para resolver problemas matemáticos.

Díaz Manrique, Eche Querevalú, y Solís Toscano (2021) realizaron una investigación cuantitativa que tenía como objetivo analizar cómo el uso de un “software” educativo llamado “El mundo Interactivo de Z” influye en el aprendizaje de las matemáticas, específicamente en el tema de números enteros, en estudiantes de primer grado de secundaria de una Institución Educativa Pública del Callao. Los autores utilizaron un cuestionario con escala de Likert para recopilar los datos de los estudiantes. Los resultados indicaron que el uso de un “software” de matemáticas tuvo un efecto positivo en el aprendizaje de los estudiantes, quienes mostraron una mejora en su comprensión y desempeño en operaciones con números enteros. También, los autores mencionan que el enfoque socioconstructivista y el uso de herramientas tecnológicas son elementos clave para impactar positivamente a los estudiantes en matemáticas.

Percepciones de los estudiantes

Las demandas de los estudiantes están evolucionando y necesitan acceso a recursos más ágiles, información en tiempo real y retroalimentación oportuna sobre su trabajo. Es esencial adaptar las herramientas y enfoques pedagógicos utilizados en el aula

para satisfacer estas nuevas necesidades. Aunque los estudiantes están familiarizados con estas herramientas, sus percepciones tienden a ser negativas, porque a menudo los profesores no las incorporan en sus metodologías de enseñanza (Hernández y Navarro, 2017).

Vidal Raméntol y Fuertes Camacho (2016) en su estudio de “las percepciones de los alumnos hacia las matemáticas” recomienda que hay que conocer las emociones y sensaciones que tiene el alumno hacia las matemáticas. Además, menciona que las altas relaciones entre conducta, autoestima, madurez personal afecta las perspectivas que los estudiantes creen de algo específico. Por otra parte, estos autores indican que el profesor debe trabajar en equipo con el alumno, motivar y guiar al alumno porque las percepciones de los estudiantes hacia las matemáticas son negativas, no les gustan.

Corica y Otero (2007) en su trabajo estudiaron las ideas de los estudiantes sobre el saber matemático, su enseñanza y aprendizaje; explorando los posibles factores que interfieren en el fracaso de esta materia. Los autores entregaron a los estudiantes unos cuadernos para poder observar luego. El fin era que los estudiantes registraran sus vivencias en las clases de matemática. Los estudiantes tenían que representar sus vivencias personales acerca de lo que ocurría durante las horas de la clase, cómo se sentían y escribir relatos honestos que debían completarlo después de cada clase. Corica y Otero (2007) expresaron que el análisis de los cuadernos les permitió entender de qué manera los estudiantes se sentían y le otorgaron al maestro el papel principal en las clases de Matemática.

Por otro lado, los autores Corica y Otero (2007) mencionan que: “se destaca la necesidad de los estudiantes porque el profesor les explique todo lo que deben hacer: el profesor ocupa el centro del proceso de enseñanza - aprendizaje, todo gira alrededor de él y fundamentalmente entorno a sus explicaciones”. Por tanto, los autores enfatizan que unas de las cosas que puede mejorar en las percepciones de los estudiantes es la motivación, el papel que tenga el maestro, mejorar las actitudes sobre la materia de la matemática dependerá de un trabajo de enseñanza aprendizaje.

Anyor y Abah (2016) investigaron la percepción de los estudiantes sobre el aprendizaje móvil en un marco de aprendizaje colaborativo y combinado en matemáticas a través de cuestionarios. En el estudio se concluyó que la mayoría de los estudiantes tenían una actitud positiva hacia el aprendizaje móvil y que el uso de dispositivos móviles en un entorno de aprendizaje colaborativo mejoró su motivación, compromiso y comprensión en matemáticas. Además, los estudiantes informaron que disfrutaron de la interacción social y la colaboración en el aprendizaje móvil, lo que mejoró su comprensión y retención de los conceptos matemáticos.

García Cid, Marban, y Arnal-Palacián (2020) llevaron a cabo una investigación que se centró en evaluar el uso del programa computacional “Geogebra” en la sala universitaria para enseñar estadística en el curso de Metodología de la Investigación Educativa para futuros docentes. Los autores aplicaron en su estudio dos cuestionarios para conocer la percepción de los estudiantes sobre “Geogebra” y sus lenguajes de utilización a usarse. Uno de los objetivos principales de los autores al introducir el programa “Geogebra” era facilitar el aprendizaje de la estadística y proporcionar nuevas herramientas a los futuros profesores. Entre los hallazgos, se encontró que la mayoría de

los estudiantes que cursan un grado en educación prefieren utilizar una calculadora y aplicar las fórmulas pertinentes para obtener resultados.

Otro hallazgo de la investigación reveló que la mayoría de los estudiantes nunca habían oído hablar de este programa computacional. Este resultado llamó la atención de los investigadores, lo que llevó a que la introducción del programa “Geogebra” como herramienta educativa no se limitara únicamente a su vertiente estadística, sino que se aprovechara para presentar su potencial en diferentes bloques matemáticos. A pesar de las percepciones iniciales y la falta de conocimiento previo sobre “Geogebra”, los estudiantes afirmaron positivamente que el uso de este programa computacional les ayudó en el aprendizaje de las nociones estadísticas. También, se destacó la facilidad de la herramienta para incorporar datos, obtener representaciones gráficas y realizar diversos cálculos y estadísticas; contribuyendo el aprendizaje efectivo de los estudiantes (García Cid et al., 2020).

Morales Soto (2018) llevó a cabo una investigación cuantitativa cuyo uno de sus propósitos fue determinar la percepción y el uso de los recursos electrónicos en el proceso de enseñanza-aprendizaje de estudiantes de Administración de Sistemas de Oficina. Para ello, administró un cuestionario dividido en tres partes, una de las cuales estaba enfocada en la percepción de los estudiantes sobre los recursos electrónicos. Entre los hallazgos de la investigación, revelaron que los estudiantes tenían una percepción positiva hacia los recursos electrónicos en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Además, los datos mostraron que los estudiantes consideraban que estos recursos facilitaban la labor docente y que eran efectivos para el aprendizaje. Asimismo, se encontró, que la

utilización de diversas innovaciones tecnológicas motivaba a los estudiantes en su proceso de aprendizaje.

Por otra parte, Reyes, Fonseca, y Gómez (2021) llevaron a cabo una investigación en la Licenciatura en Economía de la Universidad Autónoma de Chiapas (UNACH), México. El objetivo fue analizar las percepciones de los estudiantes sobre el aprendizaje de matemáticas y los procesos de enseñanza. La muestra consistió en 100 estudiantes, quienes completaron un cuestionario diseñado para obtener datos sobre sus opiniones y experiencias en relación con el aprendizaje de matemáticas y el enfoque pedagógico empleado. Los resultados revelaron que los estudiantes consideran las matemáticas atractivas pero tensas, y que los procesos de enseñanza a veces no son claros. Además, el autor destaca que el aprendizaje exitoso en matemáticas es un desafío para los estudiantes, sin importar su nivel académico.

Por otro lado, Radovic S. y Pampaka (2023) realizaron un estudio donde examinaron la relación entre las percepciones de estudiantes sobre el tipo de enseñanza en matemáticas y sus emociones, autoconcepto y disposición hacia la asignatura. El estudio se realizó con 291 estudiantes de las edades de 13 a 14 años de séptimo grado en diferentes colegios de Santiago de Chile. Los resultados indicaron que la percepción de una enseñanza centrada en el estudiante se asoció significativamente con una identificación positiva, lo que resultó en mayores niveles de afectos positivos, autoconcepto positivo y disposición hacia las matemáticas en el futuro. Sin embargo, en el estudio no se encontraron asociaciones significativas con afectos negativos durante las actividades matemáticas.

Pedrosa-Jesús, Casas-Rosal, y Cuida (2020) realizaron un estudio exploratorio sobre cómo los estudiantes universitarios perciben la utilidad de las matemáticas, a través de la escala tipo Likert de Auzmendi (1992). El objetivo principal fue analizar las actitudes hacia las matemáticas entre los estudiantes, considerando su percepción de la utilidad de la materia comparando por género y titulación. Los autores concluyeron que los estudiantes percibieron las matemáticas importantes en sus estudios y útiles para su futuro profesional.

Enciso y Lezcano (2022) señalaron que, en Paraguay, el avance tecnológico ha transformado el ámbito educativo en las últimas décadas. Mencionan que la pandemia ha acelerado la adopción de medios alternativos para asegurar la continuidad de la educación, lo que ha generado cambios en el trabajo de los docentes. Enfatizan que la percepción de los profesores de matemáticas, especialmente en relación con los programados computacionales como “Geogebra”, es esencial para fomentar la innovación en la sala de clases. Estos autores llevaron a cabo una investigación descriptiva cuantitativa con 47 profesores de Ñeembucú. Enciso y Lezcano (2022) concluyeron que los profesores consideran a “Geogebra” como una valiosa herramienta para mejorar el aprendizaje en la sala de clases y se sienten motivados para innovar. Sin embargo, también identificaron desafíos como la conectividad, el tiempo y los recursos tecnológicos que dificultan su implementación en todos los cursos de matemáticas.

Estrategia de aprendizaje en las operaciones y representaciones de funciones lineales

Según Aguilar (2015), la utilización de estrategias como la modelación y las técnicas de representación, empleando un programa de álgebra computacional, ha demostrado ser una herramienta efectiva para mejorar la capacidad de los estudiantes para comunicar y representar ideas matemáticas. En particular, se ha observado que los estudiantes pueden realizar conversaciones entre diferentes registros semióticos, incluyendo el verbal, tabular, algebraico y gráfico, en el contexto de funciones lineales y afines.

Una distinción básica sobre el tipo de entendimiento matemática que pueden desarrollar los estudiantes es la de entendimiento relacional e instrumental propuesto por (Skemp, 2006). El entendimiento relacional se refiere a saber qué hacer ante una situación problemática pero también entender por qué se hace, mientras que el entendimiento instrumental se puede reducir a la aplicación de reglas sin razonamiento o sin entendimiento sobre el porqué de su funcionamiento. En el contexto algebraico en el que se desarrolla este estudio, particularmente en el aprendizaje de funciones, un entendimiento instrumental puede entenderse como la capacidad del estudiante de memorizar y aplicar fórmulas que le permitan modelar funciones en expresiones algebraicas; como por ejemplo, la fórmula de pendiente-intercepto (Skemp, 2006).

Por otro lado, Skemp (2006) indica que un entendimiento relacional implicaría no solo poder memorizar y aplicar fórmulas, sino también entender sobre las relaciones entre esas fórmulas para las construcciones de gráficas funciones, sobre su origen,

comportamiento y significado. También se plantea que no solo sea memoria un tema; ya que el estudiante puede aprender usando otros métodos que no deben ser ignorados.

“Podemos ignorar las diferencias y suponer que todas nuestras mentes son iguales o podemos aprovechar estas diferencias. Cada ser humano tiene una combinación única de inteligencia. Este es el desafío educativo fundamental” (Skemp, 2006).

Ahora bien, Dubinsky y Wilson (2013), presentaron una aplicación de una perspectiva teórica al estudio del aprendizaje del concepto de función. Los autores citan en su estudio que una de las primeras investigaciones teóricas sobre la comprensión del concepto de función se debió a Piaget, quien aplicó su teoría de la abstracción reflexiva a funciones lineales, proporciones y relaciones. Estos autores investigaron sobre los resultados de un ejemplo de un enfoque general, el Proyecto de Álgebra, diseñado para comenzar a llenar unas lagunas de los estudiantes. Los objetivos del Proyecto de Álgebra fueron: ayudar a los estudiantes de secundaria de las poblaciones de bajos recursos de los Estados Unidos a aprobar todos los exámenes estatales y federales obligatorios; para graduarse de la escuela secundaria a tiempo; hacerlo lo suficientemente bien en los exámenes de admisión a la universidad para ser aceptado en la misma y tener conocimiento y sobre todo comprensión de las matemáticas de la escuela secundaria para ubicar y tener éxito en los cursos universitarios de matemáticas.

El enfoque de la Teoría APOS a las funciones influyó fuertemente ese trabajo de Dubinsky y Wilson (2013). Estos consideraron varias dificultades que, según la literatura, los estudiantes de preparatoria y universidad tienen para desarrollar en su comprensión del concepto de función y los efectos que tuvo en su currículo y las estrategias pedagógicas para las funciones para ayudar a sus participantes a superar cada

una de las dificultades. Los autores se centraron en organizar el contenido de gran parte de la literatura sobre cinco categorías de dificultades conceptuales con funciones: saber qué es y qué no es función; comprender la propiedad de uno a uno y representaciones de funciones; Etapas APOS; y composición de funciones. De este modo, poder llevarlos a una comprensión del concepto matemático función y proporcionar una hoja de ruta para ayudar al estudiante en ese desarrollo en sus carreras universitarias.

Stump (1999) en su investigación, describe el conocimiento de los profesores de matemáticas secundarias sobre el concepto de pendiente y realizó su estudio en los Estados Unidos con maestros en formación (pre-servicio) y maestros en servicio. La investigación documentó las dificultades que los estudiantes tienen con el concepto de pendiente y funciones. En el estudio encontró que, en su mayor parte, los maestros tienen un conocimiento limitado de este concepto fundamental y que su nivel de comprensión se refleja en su enseñanza. El autor investigó la complejidad del concepto de pendiente; enfatizándose en una colección de varias representaciones de pendiente como un lente para centrarse en tres aspectos del conocimiento de los profesores de matemáticas secundarias sobre las pendientes: sus definiciones de concepto, su comprensión matemática y su conocimiento de contenido pedagógico.

El plan de estudios de la investigación de Stump (1999) fue diseñado para evidenciar que los maestros conozcan la pendiente como un concepto fundamental con varias representaciones. En particular, buscó evidencia de que los maestros aprecian la conexión entre los conceptos de pendiente y función, y la noción de pendiente como tasa de cambio. También menciona que los maestros en servicio hablaron sobre las dificultades reales que habían presenciado durante sus años de experiencia con los

estudiantes. Los resultados de la presente investigación de Stump (1999) sugieren que la educación de los profesores de matemáticas secundarias debe abordar específicamente varias representaciones de pendiente y funciones lineales enfatizando su conexión con el concepto de función.

Según Manfredi (2008), el análisis de funciones se basa en la relación entre conjuntos y sus representaciones gráficas en ejes cartesianos. El autor establece que, a medida que se alcanza un mayor nivel de educación, la comprensión se vuelve más abstracta. También, que las funciones buscan establecer conexiones entre conceptos generales y lineales en relación con nuestra vida cotidiana. Menciona que la matemática debe ser inclusiva para todos y no solo para unos pocos privilegiados. Manfredi (2008) concluye que es factible aplicar las funciones lineales a diversas situaciones adaptadas a las características de la región donde residen los estudiantes.

Paragua-Morales (2014) menciona que la problemática actual en el aprendizaje de las matemáticas se centra en encontrar formas efectivas de enseñanza para lograr un aprendizaje significativo. También indica que es común que los estudiantes cuestionen la utilidad de aprender conceptos matemáticos abstractos como sumas, restas, fracciones u operaciones si no ven una aplicación práctica para ellos. Reconoce que el aprendizaje competente en matemáticas está vinculado a la resolución de problemas prácticos y relevantes para la vida cotidiana de los estudiantes. El autor señala que esto acerca la disciplina al mundo real y evita que los estudiantes perciban las matemáticas como inútiles o abstractas. Concluye que es esencial guiar el aprendizaje de los estudiantes mediante la aplicación de conceptos matemáticos en situaciones concretas y, cuando sea posible, representar visualmente la información para facilitar el proceso de aprendizaje.

Castañeda (2019) indica que el estudio de función en la escuela se ha enfocado principalmente en el tratamiento algorítmico, lo cual es necesario, pero insuficiente. Menciona que para abordar esto se propuso replantear el estudio de las funciones, incorporando situaciones experimentales que permitan analizar las variables y representaciones gráficas e interpretaciones. El autor presentó la implementación de una situación didáctica dirigida a estudiantes de secundaria, enfocada en el estudio de funciones lineales a partir de actividades de movimiento. La situación presentada por el autor permitió una discusión con los estudiantes sobre las variables involucradas, su relación y variación, construyendo gráficas a partir de movimiento físico. Castañeda (2019) utilizó tabletas multimedia para grabar las escenas de movimiento y un “software Tracker” para analizarlas. Señala que los estudiantes pudieron reconocer las representaciones y que la inclinación de la recta en la gráfica está asociada a la intensidad con la que cambian las variables. Este concluyó que estas estrategias crean ambientes de aprendizaje propicios para la reflexión, generación de ideas, representaciones, conjeturas y el intercambio de experiencias y, sobre todo, facilitó la comprensión del concepto de función lineal.

Medal Álvarez, Herrera Rodríguez, y Cruz Zeledón (2013) realizaron unas entrevistas a docentes para destacar los aspectos más incidentes en el aprendizaje de funciones lineales. Estos encontraron varios factores que dificultan la aprobación de los conceptos de funciones lineales por parte de los estudiantes, como confusión en las coordenadas, falta de lenguaje matemático, dificultad con operaciones básicas y leyes de los signos, problemas con el despeje de ecuaciones y dificultad para ubicar puntos en el plano cartesiano. Los autores destacaron la importancia de desarrollar el contenido de

funciones lineales de manera contextualizada y creativa, ya que esto incentiva el pensamiento cognitivo del estudiante y relaciona su experiencia previa con el conocimiento nuevo, otorgando mayor significado al aprendizaje.

Díaz, Haye, Montenegro, y Córdoba (2015) realizaron una investigación para examinar cómo los estudiantes utilizaban representaciones gráficas y algebraicas de funciones lineales. El objetivo de la investigación era obtener información sobre los logros y dificultades que enfrentaban al conectar ambos sistemas de representación. En la muestra los autores incluyeron 109 estudiantes de 17 a 20 años, recién ingresados en carreras de ingeniería. Para el instrumento administraron una prueba durante la primera clase de matemáticas y evaluaron su habilidad para convertir entre diferentes representaciones. Estos concluyeron que una proporción significativa de los estudiantes enfrentó dificultades para articular de manera efectiva las representaciones gráficas y algebraicas de las funciones lineales. Los autores sugieren que puede ser una falta de comprensión conceptual en esta área específica de estudio y que se deben utilizar estrategias y herramientas para mejorar esto.

López (2018) menciona que para que los estudiantes puedan utilizar diferentes formas de representaciones matemáticas y convertir entre ellas, es necesario crear condiciones adecuadas que faciliten estas transformaciones. Señala que los materiales y las metodologías utilizadas suelen centrarse en presentar los conceptos matemáticos en un único registro, principalmente el algebraico de operaciones, limitando así las oportunidades de desarrollar una comprensión más amplia. Plantea que el uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) puede favorecer la utilización de diversas representaciones matemáticas. El autor realizó un estudio donde aplicó el uso del

programa “GeoGebra” con un grupo de 24 estudiantes de 8vo grado, con edades entre 13 y 14 años, pertenecientes a un mismo colegio. Esta actividad fue previamente discutida con los profesores de matemáticas del colegio y los estudiantes ya estaban familiarizados con el uso de “GeoGebra” como herramienta, lo que facilitó el desarrollo de la actividad. López (2018) concluye que la manera en que un profesor enseña matemáticas está influenciada por sus propias concepciones sobre la materia, lo que puede repercutir en cómo los estudiantes aprenden.

Síntesis de la revisión de la literatura

Al revisar la literatura, la investigadora no encontró estudios en Puerto Rico con temas de percepción del estudiante en la matemática, estrategias de aprendizaje en las operaciones y representaciones de funciones lineales y programados de álgebra computacional. Tampoco se encontró ninguna investigación cuantitativa que tenga que ver con las áreas de operaciones y representaciones del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional en Puerto Rico. Por otra parte, existen investigaciones en otros países dedicadas en la utilización de programados de álgebra computacional y su impacto en cursos de matemáticas, como Roalcaba Caro y Soplapuco Montalvo (2021), Tamayo Martínez (2013), Rojas Maldonado (2019), Marcos del Olmo (2016), Samacá Ramírez y Ochoa Camacho (2019), Mejía Ballesteros (2018) y Fiallo y Parada (2015).

Respecto al tema sobre recursos tecnológicos en la matemática, Jama-Zambrano y Cornejo-Zambrano (2016), Gravemeijer (1999), Gómez (1998) y Hernández (2008) indican que los recursos tecnológicos en matemáticas pueden ser herramientas poderosas para facilitar el aprendizaje, construir modelos matemáticos y mejorar la comprensión de

conceptos, siempre y cuando se utilicen de manera complementaria con enfoques pedagógicos efectivos y en un contexto de aprendizaje reflexivo y crítico. Además, señalan que su uso adecuado puede enriquecer la experiencia educativa y permitir a los estudiantes un mayor desarrollo de sus habilidades matemáticas.

Por otra parte, Seeley (2006), Hernández (2008), Andrango (2012), Simanca Herrera, Abuchar Porras, y Velazco (2017), Caveró (2006) y Barrios Soto y Delgado González (2021), indican que el uso de los recursos tecnológicos en la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas revela la importancia y el potencial que poseen las tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC's) para mejorar la educación matemática. Así mismo, enfatizan que las calculadoras, computadoras y otras innovaciones tecnológicas son herramientas fundamentales en este campo. No obstante, los autores advierten que la tecnología no es solución a todos los desafíos educativos matemáticos, sino una herramienta que debe ser utilizada de manera efectiva por los profesores. De igual manera, plantean que el conocimiento sólido en matemáticas y la familiaridad con las herramientas tecnológicas disponibles son fundamentales para los profesores. Estos enfatizan que es inaceptable que un profesor restrinja el uso de herramientas tecnológicas por incomodidad o permita un uso indiscriminado sin que los estudiantes adquieran previamente habilidades mentales esenciales.

La tecnología, en conjunto con las estrategias adecuadas, busca mejorar los esquemas cognitivos, fomentar el deseo de aprender y mejorar la calidad del aprendizaje. Todas las herramientas tecnológicas pueden ser mejoradas, combinadas y utilizadas en diferentes contextos para lograr un aprendizaje más efectivo y significativo (Seeley

,2006; Hernández, 2008; Andrango, 2012; Simanca Herrera, Abuchar Porras, y Velazco, 2017; Cavero, 2006; y Barrios Soto y Delgado González, 2021).

Por otra parte, Olivar y Daza (2007), Poveda y Murillo (2003), (Grisales Aguirre, 2018), Puentedura (2013), Vaillant, Zidán, y Biagas (2020) y Roalcaba Caro y Soplapuco Montalvo (2021) destacan la relevancia de adaptar las tecnologías a las necesidades de profesores y estudiantes para lograr un aprendizaje significativo. Además, enfatizan que el proceso educativo debe centrarse en los estudiantes, y la incorporación de nuevas tecnologías puede ser altamente beneficiosa, siempre que se priorice la comunicación y el lenguaje en la gestión de datos y conocimientos. Señalan que la incorporación de plataformas y herramientas digitales en la enseñanza de las matemáticas puede mejorar el aprendizaje, especialmente para estudiantes con dificultades en conceptos abstractos y recomiendan diversas herramientas específicas para este propósito.

En cuanto al programado de álgebra computacional, Avila Storer y Solares Rojas (2014), Roalcaba Caro y Soplapuco Montalvo (2021), Rojas Maldonado (2019), Marcos del Olmo (2016), López (2014), Rodríguez Soto (2019), Samacá Ramírez y Ochoa Camacho (2019), Avalos Siguenza (2019), Aguilar (2015) y Díaz Manrique, Eche Querevalú, y Solís Toscano (2021) resaltan la importancia y el impacto positivo del uso de tecnologías educativas, como programas computacionales, en el aprendizaje de las matemáticas. Los estudios de los autores muestran programados computacionales como “Geogebra”, “Desmos”, “Winplot”, “El mundo Interactivo de Z”, “Derive” y otros pueden mejorar la comprensión de conceptos matemáticos, fomentar habilidades de pensamientos crítico, facilitar la visualización y manipulación de gráficas y ecuaciones, y aumentar el interés de los estudiantes. También, señalan la importancia de que los

profesores estén capacitados en el uso efectivo de estas herramientas y que diseñen actividades que integran las tecnologías de manera creativa y colaborativa en la sala de clases.

Por otro lado, en cuanto a las percepciones de los estudiantes, Hernández y Navarro (2017), Vidal Raméntol y Fuertes Camacho (2016), Corica y Otero (2007), Anyor y Abah (2016), García Cid, Marban, y Arnal-Palacián (2020), Reyes, Fonseca, y Gómez (2021), Radovic S. y Pampaka (2023) y Pedrosa-Jesús, Casas-Rosal, y Cuida (2020) señalan la necesidad de adaptar las herramientas y enfoques pedagógicos para satisfacer las demandas cambiantes de los estudiantes, que buscan recursos ágiles, información en tiempo real y retroalimentación oportuna sobre su trabajo. También, destacan la importancia de comprender las emociones y percepciones de los estudiantes hacia las matemáticas, y cómo estas pueden afectar su aprendizaje. Además, enfatizan el valor de las tecnologías, como el uso de programas computacionales de matemáticas, para mejorar el aprendizaje de las matemáticas y conocer sus percepciones.

Por último, en cuanto al tema de estrategia de aprendizaje en las operaciones y representaciones de funciones lineales, los investigadores Aguilar (2015), (Skemp, 2006), Dubinsky y Wilson (2013), Manfredi (2008), Paragua-Morales (2014), Castañeda (2019), Medal Álvarez, Herrera Rodríguez, y Cruz Zeledón (2013) y Díaz, Haye, Montenegro, y Córdoba (2015), destacan la diferencia entre el entendimiento relacional, que implica comprender el porqué de las operaciones y relaciones matemáticas, y el entendimiento instrumental, que se limita aplicar fórmulas sin comprender su significado. Además, sugieren que los docentes deben promover un enfoque que aborde diversas representaciones de funciones y la conexión entre conceptos, buscando aplicaciones

prácticas para que los estudiantes perciban la relevancia de lo que están aprendiendo.

Estos autores mencionan la utilidad de los programas computacionales de matemáticas para facilitar el uso de diferentes representaciones matemáticas y mejorar el proceso de aprendizaje. Por consiguiente, enfatizaron un enfoque más contextualizado y creativo en la enseñanza de funciones lineales para que los estudiantes desarrollen una comprensión más profunda de estos conceptos.

Capítulo III

Método

En este capítulo, se describe la metodología que se utilizó para determinar la percepción del estudiante de precálculo en las áreas de operaciones y representaciones dentro del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional. El capítulo se compone de las siguientes secciones: diseño de investigación, participantes de investigación, instrumentos de medición o métodos para recopilar los datos, procedimiento y análisis estadísticos.

Diseño de investigación

Para la investigación, se utilizó un diseño no experimental, de naturaleza descriptiva y correlacional, con un enfoque cuantitativo. Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), estos diseños indagan la incidencia de las modalidades o niveles de una o más variables en una población y describen las relaciones entre dos o más categorías, conceptos o variables en un momento determinado. El enfoque cuantitativo de investigación implica la recolección de datos para validar hipótesis a través de medidas numéricas y análisis estadísticos, con el propósito de establecer patrones de comportamiento y demostrar teorías. También destacan los autores que, el enfoque cuantitativo se caracteriza por ser secuencial, probatorio y riguroso en cuanto al orden de las fases o etapas, aunque es posible redefinir alguna de ellas (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

El estudio se llevó a cabo en un entorno universitario dentro del Recinto de Humacao de la Universidad de Puerto Rico. Se seleccionaron estudiantes de la clase de precálculo para participar en el estudio. Para recopilar datos, se administró un

cuestionario en la sala de clases a estudiantes de dos secciones de precálculo, en una sola ocasión. El instrumento constó de tres partes que incluyeron: premisas relacionadas a la percepción al utilizar un programado de álgebra computacional, premisas relacionadas a la percepción de las operaciones al utilizar un programado de álgebra computacional y premisas relacionadas a la percepción de las representaciones al utilizar un programado de álgebra computacional. El Apéndice A, incluye el instrumento utilizado en la investigación.

Participantes de la investigación

La población de este estudio estuvo compuesta por estudiantes que estaban tomando el curso de precálculo en el Recinto de Humacao de la Universidad de Puerto Rico. Para el estudio, primeramente, se seleccionó voluntariamente a profesores que impartiera dos secciones de la clase de precálculo, que tuviese conocimiento básico y que utilizara en la clase un programa de álgebra computacional, específicamente en el concepto de funciones lineales. Estos profesores recibieron una carta de colaboración para participar de la investigación, luego de la aprobación de la Rectoría y IRB del recinto. El rol del profesor fue exclusivamente impartir sus clases de precálculo en el concepto de funciones lineales utilizando el programa de álgebra computacional. La muestra que se utilizó para la investigación fue 72% de los estudiantes que estaban tomando el curso de precálculo con un programa de álgebra computacional ($n=31$), de una población de 43 estudiantes de las dos secciones de precálculo del Recinto de Humacao de la Universidad de Puerto Rico. A los estudiantes se les administró el instrumento del cuestionario después de finalizar las clases sobre el concepto de funciones lineales. Es importante destacar que la muestra para este estudio se determinó

en función de la disponibilidad y la participación de los estudiantes; la misma fue voluntaria.

Por otra parte, como criterio de inclusión para los estudiantes, se requirió que estuviesen matriculados en el curso de precálculo y tomando clases con un profesor que utilizara un programa de álgebra computacional, independientemente de su género o edad. La participación de los estudiantes en el curso de precálculo fue completamente voluntaria. Se proporcionó a todos los estudiantes de las dos secciones una *Invitación / Participación de Estudio* (Apéndice D) como primer paso para orientarlos.

Posteriormente, a los estudiantes participantes menores de 21 años, se le entregó una *Carta para los Padres de Estudiantes del Estudio* (Apéndice E) y una *Hoja de Consentimiento Informado* (Apéndice G) que fuera autorizada y firmada por sus padres o tutor legal para permitir su participación en el estudio. Por tanto, se excluyó a todo estudiante cuyos padres o tutor legal no autorizaron o firmaron la participación. Una vez que la Hoja de Consentimiento Informado fue autorizada y firmada, el estudiante menor de 21 años completó además la *Hoja de Asentimiento Informado* (Apéndice H) para poder participar en el estudio. En cambio, el estudiante participante que tenía 21 años o más solo completó la *Hoja de Consentimiento Informado* (Apéndice G) para poder participar en el estudio.

Se protegió el anonimato de los estudiantes que participaron en la investigación y se mantuvo la confidencialidad de los datos obtenidos en todo momento. La participación fue completamente voluntaria y cada estudiante pudo retirarse del estudio en cualquier momento sin sufrir sanciones o penalidades. Para preservar la identidad de los participantes, no se incluyeron datos demográficos que pudiesen identificarlos. El

participante solo tuvo que indicar si era o no estudiante de un curso de precálculo en la Universidad de Puerto Rico y dar su consentimiento o asentimiento correspondiente. Con el fin de asegurar la integridad de los datos y garantizar la confidencialidad, se entregó un sobre a cada estudiante para que pudiese entregar el instrumento contestado y sellado. Se utilizó un código de identificación que comenzó con E-1 y se asignó en orden secuencial a cada sobre entregado, con el objetivo de garantizar la confidencialidad de los participantes. Este código fue conocido exclusivamente por la investigadora, con el fin de preservar el anonimato de los participantes y salvaguardar la integridad de los datos recopilados en el estudio. No se permitió ninguna otra forma de identificación para evitar que los participantes del estudio pudiesen ser identificados por cualquier otra persona, y así evitando la contaminación o pérdida de confiabilidad de los datos.

La investigadora completó exitosamente el Curso *Collaborative Institutional Training Initiative* (CITI) en línea (Apéndice C), el cual incluyó módulos educativos enfocados en temas de protección de sujetos humanos en investigaciones, buenas prácticas clínicas, privacidad en salud y seguridad, trato humanitario a animales de laboratorio, conducta responsable de investigación, protocolos del COVID 19, entre otros. Al completar este curso, se evidenció que la investigadora posee conocimientos éticos y legales suficientes para garantizar la protección de los sujetos humanos participantes en el estudio.

Se redactó una carta dirigida a la Rectora del Recinto de Humacao a investigar del Sistema de la Universidad de Puerto Rico (Apéndice J) solicitando la debida autorización para realizar el estudio por la respectiva institución. Una vez obtenida la autorización del Rector correspondiente, se solicitó el consentimiento de la Junta de Revisión Institucional

del Recinto Humacao en solicitud de la Universidad de Puerto Rico para la aprobación del estudio y se cumplió con los procedimientos de permiso necesarios. Además, se envió una carta a los profesores (Apéndice F) para solicitar su colaboración voluntaria para llevar a cabo el estudio en sus secciones de clases.

Se limitó el acceso al cuestionario únicamente a aquellos participantes que leyeron y aceptaron las condiciones que se presentaron en la *Hoja de Consentimiento y Asentimiento Informado*, especialmente para aquellos estudiantes menores de 21 años. Se llevó a cabo el proceso de obtener la autorización necesaria de la Junta de Revisión Institucional (JRI) de la Universidad Interamericana de Puerto Rico, de acuerdo con el Documento Normativo A-1220-065 (UIPR, 2020) que establece las normas para la protección de los derechos de los sujetos humanos que participan en proyectos o actividades de investigación. La autorización de la JRI es esencial para asegurar el cumplimiento de los estándares éticos y legales requeridos para proteger los derechos de los participantes de esta investigación, como se describe en el Manual de Disertación Doctoral de la Universidad Interamericana de Puerto Rico (2014).

Luego de que se obtuvo los permisos necesarios, se procedió a llevar a cabo la investigación y toda la información recopilada y analizada fue almacenada de forma segura en un archivo de la investigadora por un período de tres años. Culminado ese tiempo, se procederá a la eliminación de los cuestionarios y demás documentación recolectada por medio de una trituradora de papel, garantizando que la información no será utilizada para propósitos diferentes a los fines educativos del estudio.

Instrumentos de medición

La recopilación de datos para el estudio se llevó a cabo mediante la administración de un cuestionario (Apéndice A) presencial diseñado por la investigadora, utilizando la escala de tipo LÍkert. El cuestionario constó de tres partes (Apéndice A) que abarcaron la percepción de los estudiantes del curso de precálculo en relación con la utilización de un programado de álgebra computacional. La primera parte del cuestionario evaluó la percepción al utilizar un programa de álgebra computacional. La segunda y tercera parte se centró en la percepción de las operaciones y las representaciones, respectivamente, al utilizar dicho programa. Cada una de las partes del cuestionario se completó utilizando una escala de respuestas de 5 a 1, según los criterios de la Escala Likert: Completamente en desacuerdo (1), En desacuerdo (2), Ni de acuerdo ni en desacuerdo (3), De acuerdo (4) y Muy de acuerdo (5).

Según Hernandez Sampieri et al. (2014), un instrumento de medición debe ser válido y confiable. Por lo tanto, se llevó a cabo la validación del cuestionario mediante la participación de un panel de tres expertos seleccionados del ámbito de la matemáticas y educación. En la Tabla 1 se presenta una lista de los profesionales que fueron invitados a participar en la revisión del cuestionario.

Tabla 1

Panel de expertos que revisaron el cuestionario por preparación y años de experiencia

Nombre	Preparación Académica	Años de experiencia
Dr. Santos Lisboa Medina	Doctorado en Educación con especialidad en Currículo y Enseñanza	30 años
Dra. Olgamary Rivera Marrero	Doctorado en Filosofía-Matemáticas con especialidad en Educación Matemáticas	15 años
Dr. Carlos Rosario Pérez	Doctorado en Educación con especialidad en Currículo y Enseñanza	27 años

Nota: Los expertos proporcionaron la información incluida en esta tabla, autorizada para usarla en el estudio y se detalla en el Apéndice M.

El panel de expertos que participó en la validación del cuestionario estuvo compuesto por tres (3) miembros, cuya información detallada sobre su preparación académica y experiencia se presenta en la Tabla 1. Los expertos aceptaron libremente a emitir sus recomendaciones y analizaron los reactivos del cuestionario. Participaron en la validación, completaron una *Hoja de información y consentimiento* (Apéndice M) para que se mencione su nombre e información profesional en la disertación. Después de que cada experto ofreció su consentimiento para participar en el estudio, recibió una *Hoja de cotejo para la validación del cuestionario y análisis de reactivos* (Apéndice L). Esta Hoja incluyó las instrucciones para validar cada parte del cuestionario, así como un resumen de las preguntas, el propósito y diseño del estudio. Este resumen se proporcionó a los expertos para brindarles una mejor comprensión del estudio y facilitar el análisis y certificación de los reactivos del cuestionario. Una vez que los expertos completaron la validación y análisis de cada reactivo en cada parte del cuestionario, llenaron el *Documento de endoso de experto validación del cuestionario* (Apéndice M). Este

documento certificó su participación en la validación del cuestionario y las recomendaciones emitidas.

El cuestionario se diseñó para que los participantes pudiesen contestarlo de forma rápida y sencilla gracias a un vocabulario adecuado e instrucciones claras. No obstante, se les proporcionó todo el tiempo que necesitasen para completarlo y se eximió al participante de contestarlo si se presentaran eventos adversos. Los participantes tuvieron la oportunidad de abandonar el estudio en cualquier momento si así lo deseaban, y solo tuvieron la oportunidad de contestar el cuestionario una vez. Su participación fue totalmente voluntaria.

Para garantizar la comprensión del propósito del estudio, el instrumento incluyó una *Invitación / Participación de Estudio* (Apéndice D) dirigida a los estudiantes y una *Carta a Padres de Estudiantes* (Apéndice E) en el caso de estudiantes menores de 21 años. El acceso al cuestionario se limitó a aquellos que leyeron y aceptaron el consentimiento o asentimiento correspondiente.

A continuación, se presenta la Tabla 2, que relaciona cada pregunta de investigación con cada parte del cuestionario.

Tabla 2

Relación de las preguntas de investigación con la distribución de las partes del cuestionario

Preguntas del estudio	Partes del cuestionario
1. ¿Cuál es la percepción del estudiante de precálculo dentro del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional?	Parte I Percepción al utilizar un programado de álgebra computacional
2. ¿Cuál es la percepción del estudiante de precálculo en el área de operaciones dentro del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional?	Parte II Percepción de las operaciones al utilizar un programado de álgebra computacional
3. ¿Cuál es la percepción del estudiante de precálculo en el área de representaciones dentro del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional?	Parte III Percepción de las representaciones al utilizar un programado de álgebra computacional
4. ¿Existe relación en la percepción del estudiante de precálculo al utilizar un programado de álgebra computacional y su percepción en el área de operaciones dentro del concepto de funciones lineales?	Parte I Percepción al utilizar un programado de álgebra computacional Parte II Percepción de las operaciones al utilizar un programado de álgebra computacional
5. ¿Existe relación en la percepción del estudiante de precálculo al utilizar un programado de álgebra computacional y su percepción en el área de representaciones dentro del concepto de funciones lineales?	Parte I Percepción al utilizar un programado de álgebra computacional Parte III Percepción de las representaciones al utilizar un programado de álgebra computacional

Después de recibido la aprobación de la Junta de Revisión Institucional de la Universidad Interamericana de Puerto Rico, se llevó a cabo un estudio piloto para evaluar la confiabilidad del instrumento. Durante esta fase, se administró el cuestionario a una muestra con el fin de evaluar su pertinencia y eficacia, así como las condiciones de la aplicación y los procedimientos involucrados (Hernández, Fernández y Baptista, 2014). Este estudio piloto evaluó el lenguaje utilizado, la redacción de las preguntas, las instrucciones y los reactivos que componen el instrumento.

Tras obtener las debidas autorizaciones, el estudio piloto se llevó a cabo en el Recinto de Arecibo de la Universidad de Puerto Rico. Se envió una carta de solicitud al Rector del Recinto de Arecibo del estudio piloto (Apéndice O) y, una vez obtenida la autorización correspondiente, se solicitó el consentimiento de la Junta de Revisión Institucional del Recinto de Arecibo de la Universidad de Puerto Rico para la aprobación del estudio piloto y para cumplir con los procedimientos necesarios de permiso. Además, se entregó a los profesores de la sección de la clase de precálculo una carta y consentimiento para solicitar su colaboración voluntaria el estudio piloto (Apéndice T). Una vez que se recibieron todos los debidos permisos y la autorización del IRB del Recinto de Arecibo de la Universidad de Puerto Rico (Apéndice Q), se procedió a realizar el estudio piloto.

Se llevó a cabo un estudio piloto utilizando una muestra reducida de 30 estudiantes de una de las secciones de la clase de precálculo de la Universidad de Puerto Rico Recinto de Arecibo, para evaluar la confiabilidad del cuestionario. Para ello, se utilizó la técnica del Coeficiente de Alfa de Cronbach, que es un método de análisis de la

consistencia interna basado en la correlación media entre los reactivos (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

Una vez obtenidos los datos del estudio piloto se procedió con el análisis estadístico para determinar la confiabilidad del cuestionario de estudio. Los datos recopilados se analizaron mediante el paquete estadístico, conocido en inglés como "Minitab". Es importante destacar que la prueba de Alfa de Cronbach solo necesita de una administración del instrumento de evaluación con valores entre 0 y 1. De acuerdo con Hernández Sampieri, Fernández Collado, y Batista Lucio (2014) el Alpha de Cronbach es una medida de coherencia interna que expresa cuán consistentes son los reactivos. Si la correlación entre los reactivos del instrumento es alta, se entiende que son confiables. Según los autores Hernández Sampieri, Fernández Collado, y Batista Lucio (2014) un Alfa de Cronbach igual o mayor de 0.75 indica confiabilidad aceptable. El coeficiente de cero significa ninguna confiabilidad y cercano a uno representa una confiabilidad elevada (Hernández et al., 2014).

En la tabla 3 se presenta el Alfa de Cronbach calculado de la consistencia interna del instrumento entre los participantes. Los dieciocho reactivos del instrumento se dividen en tres partes. En la Parte I: Percepción al utilizar un programado de álgebra computacional obtuvieron un valor de Alfa de Cronbach mayor de 0.90. Por otro lado, en la Parte II: Percepción de las operaciones al utilizar un programado de álgebra computacional obtuvieron un valor de Alfa de Cronbach mayor de 0.94. Por último, en la Parte III: Percepción de las representaciones al utilizar un programado de álgebra computacional obtuvieron un valor de Alfa de Cronbach mayor de 0.93. Estos resultados

demonstraron la validación estadística del instrumento piloto de investigación en todas sus partes. Los resultados se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3

Estadística de fiabilidad Alfa de Cronbach para el estudio piloto de investigación

Partes del cuestionario	Alfa de Cronbach	N de reactivos
I. Percepción al utilizar un programado de álgebra computacional	0.90	6
II. Percepción de las operaciones al utilizar un programado de álgebra computacional	0.94	6
III. Percepción de las representaciones al utilizar un programado de álgebra computacional	0.93	6

Procedimiento del estudio piloto

El proceso que se llevó a cabo para el estudio piloto fue el siguiente:

1. Solicitud de los permisos y la autorización correspondientes de la Junta de Revisión Institucional de la Universidad Interamericana de Puerto Rico (Apéndice N).
2. Solicitud y obtención de la autorización del Rector del Recinto de Arecibo de la Universidad de Puerto Rico para llevar a cabo el estudio piloto en su institución (Apéndice P).
3. Obtención del consentimiento de la Junta de Revisión Institucional del Recinto de Arecibo de la Universidad de Puerto Rico para la aprobación del estudio piloto (Apéndice Q).
4. Solicitud y consentimiento de colaboración voluntaria del profesor a cargo de la sección de la clase de precálculo para llevar a cabo el estudio piloto (Apéndice T).

5. La investigadora realizó un anuncio presencial en la sección de precálculo el estudio a realizarse mediante la *Invitación / Participación de Estudio Piloto* (Apéndice R) dirigida a los estudiantes. En esta carta, los participantes conocieron el propósito del estudio.
6. Obtención del consentimiento informado de los padres o tutores legales de los estudiantes menores de 21 años para su participación en el estudio piloto. Después de leer la *Invitación / Participación de Estudio Piloto* (Apéndice R), se les entregó a los estudiantes menores de 21 años la *Carta a Padres de Estudiantes* (Apéndice S) y la *Hoja de Consentimiento Informado* (Apéndice U) que debía ser autorizada por sus padres o tutores legales y entregada a la investigadora.
7. Obtención del asentimiento informado. Para los estudiantes menores de 21 años, una vez recibido y autorizado la *Hoja de Consentimiento Informado*, se le entregó para completar la *Hoja de Asentimiento Informado* (Apéndice V). Es importante señalar que la participación en el estudio piloto fue voluntaria y que cualquier estudiante participante pudo retirarse del estudio en cualquier momento. Además, la Hoja de Asentimiento Informado no registró información alguna del estudiante, ya que fue anónima. El participante entregó la misma a la investigadora.
8. Obtención del consentimiento informado, para estudiantes mayores de 21 años que participen en el estudio piloto. Solo necesitarán completar la *Hoja de Consentimiento Informado* (Apéndice U) después de leer la *Invitación / Participación de Estudio Piloto* (Apéndice R). La Hoja de Consentimiento

Informado tampoco registró información alguna del estudiante y fue anónima.

El participante entregó la misma a la investigadora.

9. Se administró el cuestionario presencial del estudio piloto (Apéndice W). El acceso al cuestionario fue limitado a los participantes que leyeron, aceptaron y entregaron el consentimiento o asentimiento correspondiente a la investigadora. Se le entregó el cuestionario a los participantes que cumplieron con los criterios de inclusión/exclusión.
10. Si un participante seleccionó la opción de “no deseo participar” en el estudio, no se le proporcionó acceso al cuestionario. En el caso de que los padres o tutores legales dieron su consentimiento para la participación del estudiante, pero este decidió no participar, no estuvo obligado a hacerlo. Sin embargo, el estudiante que no llenó el asentimiento correspondiente no participó en la investigación.
11. Los datos obtenidos fueron recopilados y analizados, se verificó la calidad de las respuestas y se determinó que no fue necesario realizar cambios al cuestionario utilizado en el estudio.

Procedimiento del estudio

El proceso que se llevó a cabo para el estudio fue el siguiente:

1. Solicitud de los permisos y la autorización correspondientes de la Junta de Revisión Institucional de la Universidad Interamericana de Puerto Rico (Apéndice I).
2. Se determinó la confiabilidad del instrumento a través del estudio piloto (Tabla 3).

3. Solicitud y obtención de la autorización de la Rectora del Recinto de Humacao de la Universidad de Puerto Rico para llevar a cabo el estudio en su institución
(Apéndice J).
4. Obtención del consentimiento de la Junta de Revisión Institucional del Recinto de Humacao de la Universidad de Puerto Rico para la aprobación del estudio
(Apéndice B).
5. Solicitud y consentimiento de colaboración voluntaria del profesor a cargo de las dos secciones de la clase de precálculo para llevar a cabo el estudio
(Apéndice F).
6. La investigadora realizó un anuncio presencial en las dos secciones de precálculo el estudio a realizarse mediante la *Invitación / Participación de Estudio* (Apéndice D) dirigida a los estudiantes. En esta carta, los participantes conocieron el propósito del estudio.
7. Obtención del consentimiento informado de los padres o tutores legales de los estudiantes menores de 21 años para su participación en el estudio. Después de que leyeran la *Invitación / Participación de Estudio* (Apéndice D), se les entregó a los estudiantes menores de 21 años la *Carta a Padres de Estudiantes* (Apéndice E) y la *Hoja de Consentimiento Informado* (Apéndice G) que debió ser autorizada por sus padres o tutores legales y entregada a la investigadora.
8. Obtención del asentimiento informado. Para los estudiantes menores de 21 años, se recibió y autorizó la *Hoja de Consentimiento Informado*, se le entregó

para completar la *Hoja de Asentimiento Informado* (Apéndice H). Es importante señalar que la participación en el estudio fue voluntaria y que cualquier estudiante participante pudo retirarse del estudio en cualquier momento. Además, la Hoja de Asentimiento Informado no registró información alguna del estudiante, ya que fue anónima. El participante entregó la misma a la investigadora.

9. Obtención del consentimiento informado, para estudiantes mayores de 21 años que participaron en el estudio. Solo completaron la *Hoja de Consentimiento Informado* (Apéndice G) después que leyeron la *Invitación / Participación de Estudio* (Apéndice D). La Hoja de Consentimiento Informado tampoco registró información alguna del estudiante y fue anónima. El participante entregó la misma a la investigadora.
10. Se administró el cuestionario presencial del estudio (Apéndice A). El acceso al cuestionario fue limitado a los participantes que leyeron, aceptaron y entregaron el consentimiento o asentimiento correspondiente a la investigadora. Se le entregó el cuestionario a los participantes que cumplieron con los criterios de inclusión/exclusión.
11. Si un participante seleccionó la opción de “no deseo participar” en el estudio, no se le proporcionó acceso al cuestionario. En el caso de que los padres o tutores legales dieron su consentimiento para la participación del estudiante, pero este decidió no participar, no estuvo obligado a hacerlo. Sin embargo, el estudiante que no llenó el asentimiento correspondiente no participó en la investigación.

12. Los datos obtenidos fueron recopilados y se realizó el análisis estadístico correspondiente.

13. Toda información recopilada y analizada fue almacenada de forma segura en un archivo de la investigadora por un período de tres años. Culinado este tiempo, se procederá a la eliminación de los cuestionarios y demás documentación recolectada por medio de una trituradora de papel, garantizando que la información no será utilizada para propósitos diferentes a los fines educativos del estudio.

Análisis estadístico

Luego de finalizada la recolección de datos, se procedió a su análisis estadístico, que incluyó tanto la estadística descriptiva e inferencial. Para la estadística descriptiva se utilizó las siguientes medidas de tendencia central: la media aritmética y la mediana. Además, se utilizó la desviación estándar y coeficiente de variación, como medidas de dispersión.

Para otro lado, para establecer la relación entre las variables de percepción en el uso de un programado de álgebra computacional y la percepción de las operaciones y representaciones en dicho programa, se utilizó el Coeficiente Correlación de Pearson.

En la Tabla 4 muestra la relación entre las preguntas de investigación y el análisis estadístico correspondiente.

Tabla 4

Relación entre las preguntas de investigación y el análisis estadístico

Preguntas de investigación	Análisis Estadístico
1. ¿Cuál es la percepción del estudiante de precálculo dentro del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional? 2. ¿Cuál es la percepción del estudiante de precálculo en el área de operaciones dentro del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional? 3. ¿Cuál es la percepción del estudiante de precálculo en el área de representaciones dentro del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional?	Media aritmética, mediana, desviación estándar y coeficiente de variación
4. ¿Existe relación en la percepción del estudiante de precálculo al utilizar un programado de álgebra computacional y su percepción en el área de operaciones dentro del concepto de funciones lineales? 5. ¿Existe relación en la percepción del estudiante de precálculo al utilizar un programado de álgebra computacional y su percepción en el área de representaciones dentro del concepto de funciones lineales?	Coeficiente de Correlación de Pearson

Capítulo IV

Resultados

En este capítulo se presentan los resultados de la investigación. El propósito del estudio fue determinar la percepción del estudiante de precálculo en las áreas de operaciones y representaciones dentro del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional. La invitación a participar en el estudio, consentimiento y asentimiento se dio a 43 estudiantes del Precálculo I del Recinto de Humacao de la Universidad de Puerto Rico. El 28% de estos estudiantes ($n=12$) decidió no participar. El estudio contó entonces con una muestra de 31 estudiantes de Precálculo del Recinto de Humacao de la Universidad de Puerto Rico.

En primer lugar, se presentan los resultados descriptivos sobre la percepción del estudiante de precálculo dentro del concepto de funciones lineales al utilizar un programado, en el manejo de las operaciones y en las representaciones conceptuales dentro del concepto de funciones lineales al utilizar un programa de álgebra computacional. Tales datos responden a las primeras tres preguntas de investigación. En segundo lugar, se proveen los resultados con respecto a las posibles relaciones entre las variables de percepción del concepto de funciones lineales con el programado, la percepción de las operaciones y las representaciones en dicho programa de álgebra computacional. Tales datos responden a las preguntas cuatro y cinco de la investigación.

Por otra parte, los resultados se han organizado en el orden de las preguntas de investigación formuladas. Los datos obtenidos cumplieron con la muestra mínima recomendada para estudios cuantitativos descriptivos correlacionales (Hernández, Fernández y Baptista, 2014). Durante el proceso de administración del instrumento no hubo eventos adversos. Para la estadística descriptiva se analizaron las siguientes

medidas de tendencia central: la media aritmética, la mediana y como medidas de dispersión se utilizaron la desviación estándar y el coeficiente de variación. También, para la estadística inferencial se utilizó, el Coeficiente de Correlación de Pearson. Los datos recopilados se analizaron mediante el paquete estadístico conocido en inglés como *Minitab* versión 22.1.0 para *Windows*. Además, el capítulo finaliza con un resumen de los hallazgos.

Primera pregunta de investigación

La primera pregunta de investigación fue la siguiente: **¿Cuál es la percepción del estudiante de precálculo dentro del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional?** Para responder a dicha pregunta, se calcularon las estadísticas descriptivas de promedios, mediana, desviación estándar y coeficiente de variación, para la puntuación obtenida de la suma de todos los reactivos de la Parte I del cuestionario, titulada *Percepción al utilizar un programado de álgebra computacional*. Las respuestas válidas de estudiantes de Precálculo que contestaron el cuestionario fueron de 31. Se trabajó con la escala tipo Likert de 5 puntos, la escala de interpretación de los resultados se describe a continuación en la Tabla 5.

Tabla 5

Escala de interpretación de los datos

Valores	Interpretación
3.75 a 5.0	Positiva
2.75 a 3.74	Neutral
1.0 a 2.74	Negativa

El promedio que obtuvo la percepción del estudiante de precálculo del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional fue de 4.13 y una mediana de 4.17. Ambos valores, indican que los estudiantes tienen una percepción positiva del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional, como lo describe la interpretación de datos de la Tabla 5. Este es un valor alto dentro del rango de positivo de interpretaciones de los datos.

En la Tabla 6 presenta el análisis de los resultados descriptivos de la suma de los seis reactivos de la Parte I del cuestionario por parte del estudiante de precálculo.

Tabla 6

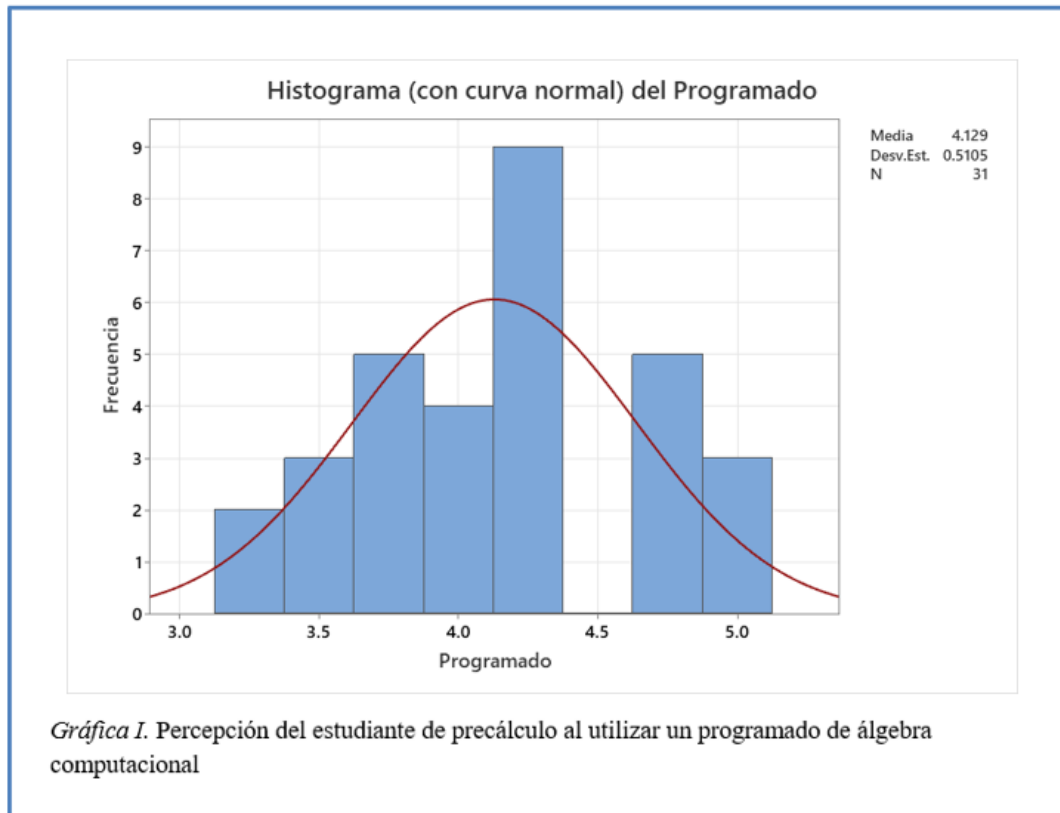
Datos estadísticos descriptivos de la suma de los seis reactivos de la Parte I del cuestionario Percepción al utilizar un programado de álgebra computacional

Variable	Media aritmética	Mediana	Desviación estándar	Coeficiente de variación
Percepción del concepto al usar el programado	4.13	4.17	0.51	12.36

Por otro lado, en la percepción del estudiante de precálculo del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional obtenemos una desviación estándar de 0.51 que corresponde a un coeficiente de variación del 12.36%, lo que significa que hubo mayor homogeneidad o coherencia en las respuestas de los estudiantes del estudio. Es decir, hubo acuerdo en las respuestas obtenidas por los estudiantes de precálculo.

En la Gráfica I se muestra el Histograma de la variable de percepción del concepto con el programado. La mayoría responde entre 4.25 en los reactivos, y otro

grupo grande responde entre 3.75 a 4.75. Por otro lado, un grupo notable responde entre 3.5 y 5.0 y un grupo más pequeño del 7% responde neutral a la utilización del programado respondiendo con una escala entre 3.25.



Los hallazgos revelaron que el 84% (n=26) de los estudiantes de precálculo del Recinto de Humacao de la Universidad de Puerto Rico tienen una percepción positiva hacia el concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional, respondiendo con una escala de 3.75 a 5.0. Esto denota un nivel de acuerdo y muy de acuerdo por parte de los estudiantes en las repuestas de los reactivos de la Parte I del cuestionario, como se ilustra en la Gráfica I. Por otra parte, en la misma gráfica se observa que el 16% (n=5) de los estudiantes de precálculo respondieron una puntuación más baja de 3.74 pero arriba de 2.75, indicando una percepción neutral hacia el concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional.

Esto sugiere que estos estudiantes no expresaron ni de acuerdo ni en desacuerdo con los reactivos mencionados de la Parte I del cuestionario.

Segunda pregunta de investigación

La segunda pregunta de investigación fue la siguiente: **¿Cuál es la percepción del estudiante de precálculo en el área de operaciones dentro del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional?** Para responder a dicha pregunta, se calcularon las estadísticas descriptivas de promedios, mediana, desviación estándar y el coeficiente de variación, para la puntuación obtenida de la suma de todos los reactivos de la Parte II del cuestionario, titulada *Percepción de las operaciones al utilizar un programado de álgebra computacional*. Las respuestas válidas de estudiantes de Precálculo que contestaron el cuestionario fueron de 31. Se trabajó con la escala tipo Likert de 5 puntos (Tabla 5).

El promedio que obtuvo la percepción del estudiante de precálculo en el área de operaciones dentro del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional fue de 4.24 y una mediana de 4.33. Ambos valores indican que los estudiantes tienen una interpretación positiva en la percepción de las operaciones hacia el concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional, como lo describe los datos de la Tabla 5. Este es un valor alto dentro del rango de positivo de interpretaciones de los datos.

En la Tabla 7 se presenta el análisis de los resultados descriptivos de la suma de los seis reactivos de la Parte II del cuestionario por parte del estudiante de precálculo.

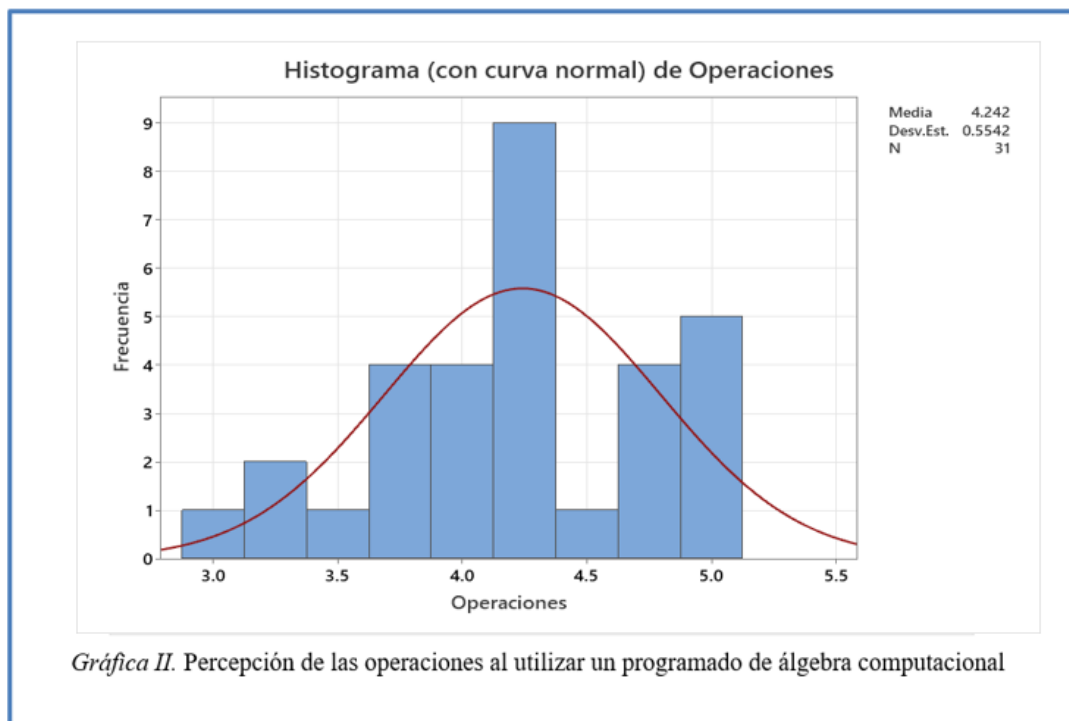
Tabla 7

Datos estadísticos descriptivos de la suma de los seis reactivos de la Parte II del cuestionario Percepción de las operaciones al utilizar un programado de álgebra computacional

Variable	Media aritmética	Mediana	Desviación estándar	Coeficiente de variación
Percepción de las operaciones del programado	4.24	4.33	0.55	13.06

Por otro lado, en la percepción del estudiante de precálculo en el área de operaciones hacia el concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional, obtenemos una desviación estándar 0.55 que corresponde a un coeficiente de variación del 13.06%, lo que significa que hubo alta homogeneidad o coherencia en las respuestas de los estudiantes del estudio. Es decir, hubo acuerdo en las respuestas obtenidas por los estudiantes de precálculo.

En la Gráfica II se muestra el Histograma de la variable de percepción de las operaciones con el programado. La gran mayoría (71%) responde entre 3.75 a 4.75 en los reactivos. Por otro lado, un grupo notable (16%) responde 5.0 y un grupo más pequeño del 13% responde neutral con una escala entre 3.0 a 3.5.



Los hallazgos revelaron que el 87% ($n=27$) de los estudiantes de precálculo del Recinto de Humacao de la Universidad de Puerto Rico tienen una percepción positiva en el área de operaciones dentro del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional, respondiendo con una escala de 3.75 a 5.0. Esto denota un nivel de acuerdo y muy de acuerdo por parte de los estudiantes en las respuestas de los reactivos de la Parte II del cuestionario, como se ilustra en la Gráfica II. Por otra parte, en la misma gráfica se observa que el 13 % ($n=4$) de los estudiantes de precálculo respondieron entre 3.0 a 3.74, indicando una percepción neutral en el área de operaciones dentro del concepto de funciones lineales al usar un programado de álgebra computacional. Esto sugiere que estos estudiantes no expresaron ni de acuerdo ni en desacuerdo con los reactivos mencionados de la Parte II del cuestionario.

Tercera pregunta de investigación

La tercera pregunta de investigación fue la siguiente: **¿Cuál es la percepción del estudiante de precálculo en el área de representaciones dentro del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional?** Para responder a dicha pregunta, se calcularon las estadísticas descriptivas de promedios, mediana, desviación estándar y el coeficiente de variación, para la puntuación obtenida de la suma de todos los reactivos de la Parte III del cuestionario, titulada *Percepción de las representaciones al utilizar un programado de álgebra computacional*. Las respuestas válidas de estudiantes de Precálculo que contestaron el cuestionario fueron de 31. Se trabajó con la escala tipo Likert de 5 puntos (Tabla 5).

El promedio que obtuvo la percepción del estudiante de precálculo en el área de representaciones dentro del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional fue de 4.24 y una mediana de 4.33. Ambos valores, indican que los estudiantes, tienen una interpretación positiva en la percepción de las representaciones hacia el concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional, como lo describe la interpretación de los datos de la Tabla 5; siendo este un valor alto dentro del rango positivo.

En la Tabla 8 se presenta el análisis de los resultados descriptivos de la suma de los seis reactivos de la Parte III del cuestionario por parte del estudiante de precálculo.

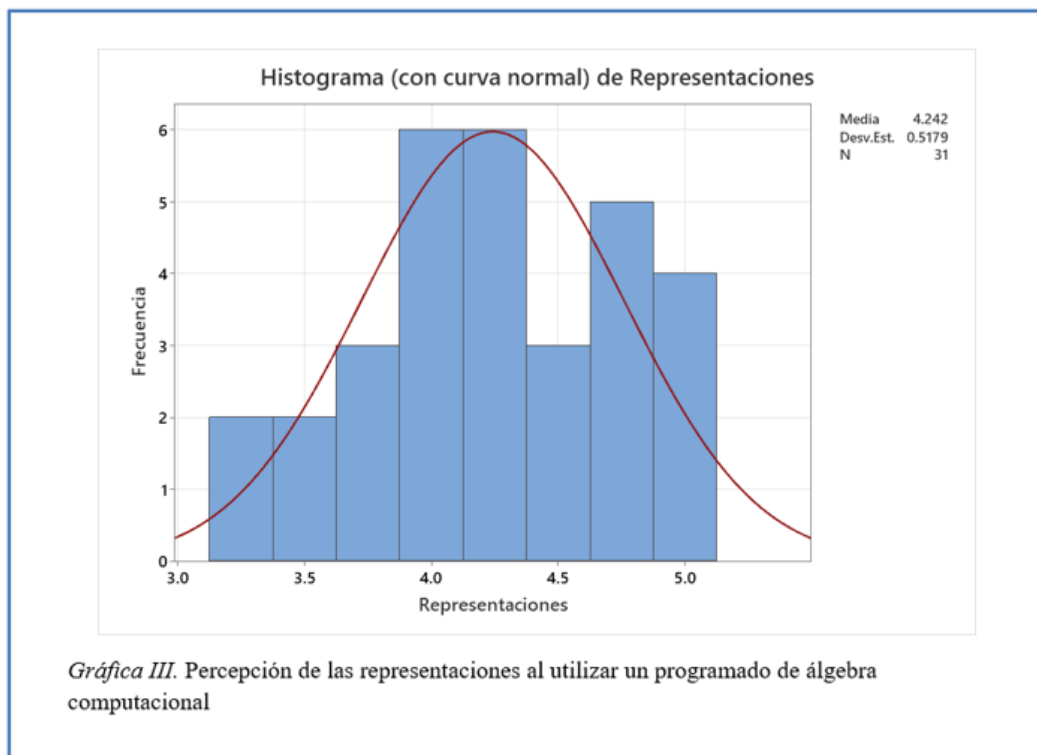
Tabla 8

Datos estadísticos descriptivos de la suma de los seis reactivos de la Parte III del cuestionario Percepción de las representaciones al utilizar un programado de álgebra computacional

Variable	Media aritmética	Mediana	Desviación estándar	Coefficiente de variación
Percepción de las representaciones del programado	4.24	4.33	0.52	12.21

Por otro lado, en la percepción del estudiante de precálculo en el área de representaciones dentro del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional, obtenemos una desviación estándar 0.52 que corresponde a un coeficiente de variación del 12.21%, lo que significa que hubo alta homogeneidad o coherencia en las respuestas de los estudiantes del estudio. Es decir, hubo acuerdo en las respuestas obtenidas por los estudiantes de precálculo.

En la Gráfica III se muestra el Histograma de la variable de percepción de las representaciones con el programado. La mayoría (29%) responde entre 4.75 a 5.0 en los reactivos. Por otro lado, un grupo notable (58%) responde entre 3.75 a 4.5 y un grupo más pequeño del 13% responde neutral con una escala entre 3.25 a 3.50.



Los hallazgos revelaron que el 87% ($n=27$) de los estudiantes de precálculo del Recinto de Humacao de la Universidad de Puerto Rico tienen una percepción positiva en el área de las representaciones dentro del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional, respondiendo con una escala de 3.75 a 5.0. Esto denota un nivel de acuerdo y muy de acuerdo por parte de los estudiantes en las respuestas de los reactivos de la Parte III del cuestionario, como se ilustra en la Gráfica III. Por otra parte, en la misma gráfica se observa que el 13% ($n=4$) de los estudiantes de precálculo respondieron entre 3.0 a 3.5, indicando una percepción neutral en el área de operaciones dentro del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional. Esto sugiere que estos estudiantes no expresaron ni de acuerdo ni en desacuerdo con los reactivos mencionados de la Parte III del cuestionario.

Cuarta Pregunta:

La cuarta pregunta de investigación fue la siguiente: **¿Existe relación en la percepción del estudiante de precálculo al utilizar un programado de álgebra computacional y su percepción en el área de operaciones dentro del concepto de funciones lineales?** Para responder a dicha pregunta, se calculó la estadística inferencial de Coeficiente de Correlación de Pearson para la puntuación obtenida de la suma de todos los reactivos entre las variables de la Parte I del cuestionario, titulada *Percepción al utilizar un programado de álgebra computacional* y la Parte II del cuestionario, titulada *Percepción de las operaciones al utilizar un programado de álgebra computacional*. Las respuestas válidas de estudiantes de Precálculo que contestaron el cuestionario fueron de 31. En la Tabla 9 se muestran los resultados obtenidos de la relación entre las variables de la Parte I y II del cuestionario.

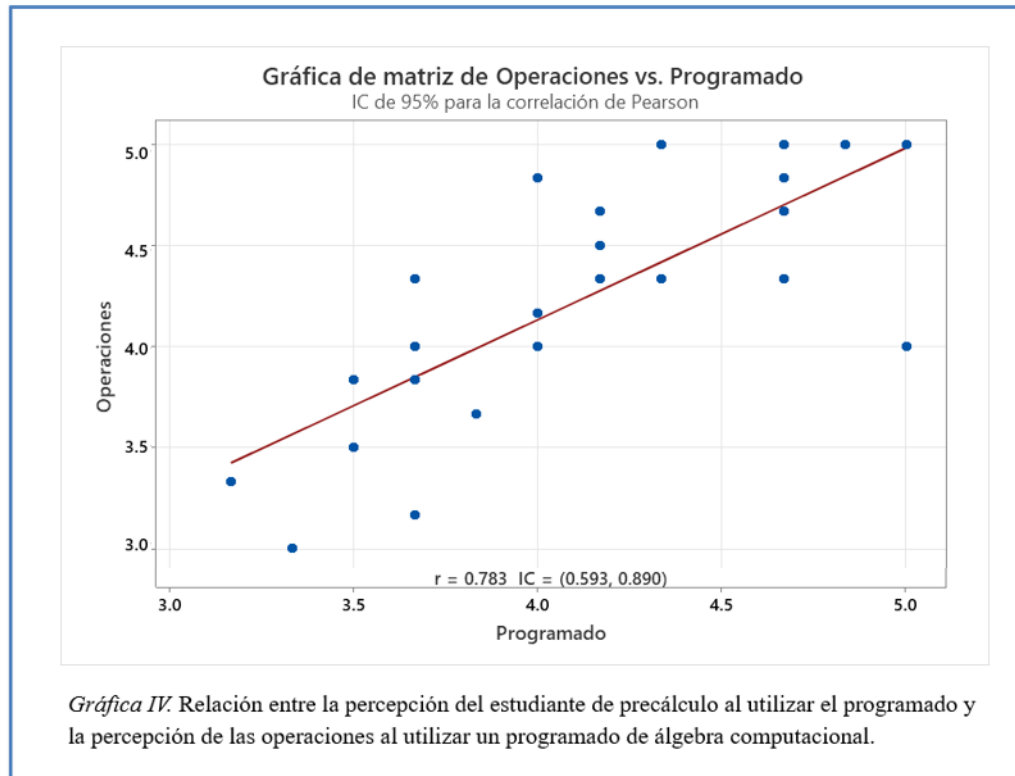
Tabla 9

Coeficiente de Correlación de Pearson entre las variables de percepción del estudiante de precálculo sobre la satisfacción con el programado y la percepción de las operaciones al utilizar un programado de álgebra computacional.

Variable 1	Variable 2	N	Correlación	IC de 95% para p	Valor p
Operaciones	Programado	31	0.78	(0.59,0.89)	0.00

El estudio reveló una relación estadísticamente significativa. La Tabla 9 muestra una correlación positiva alta de $r = 0.78$ y un $p = 0.00$, entre las variables de percepción del concepto de funciones lineales sobre el programado y la percepción de las operaciones al utilizar un programado de álgebra computacional. Esto significa que no hubo correlación negativa.

En la Gráfica IV se muestran los datos correlaciones entre estas variables. La línea continua representa la normalidad teórica y los puntos son los valores reales agrupados alrededor de ella.



Por lo tanto, la Gráfica IV se puede apreciar que la respuesta de los estudiantes del estudio representa una relación positiva. Se muestra las parejas de la percepción de las operaciones al utilizar el programado con la percepción del concepto de funciones lineales del programado, se añadió la línea ajustada para mostrar relación alta entre ambas respuestas. Por tanto, las variables están relacionadas entre sí.

Quinta Pregunta:

La quinta pregunta de investigación fue la siguiente: **¿Existe relación en la percepción del estudiante de precálculo al utilizar un programado de álgebra computacional y su percepción en el área de representaciones dentro del concepto de funciones lineales?** Para responder a dicha pregunta, se calculó la estadística inferencial de Coeficiente de Correlación de Pearson para la puntuación obtenida de la suma de todos los reactivos entre las variables de la Parte I del cuestionario, titulada *Percepción al utilizar un programado de álgebra computacional* y la Parte III del cuestionario, titulada *Percepción de las representaciones al utilizar un programado de álgebra computacional*. Las respuestas válidas de estudiantes de Precálculo que contestaron el cuestionario fueron de 31. En la Tabla 10 se muestran los resultados obtenidos de la relación entre las variables de la Parte I y III del cuestionario.

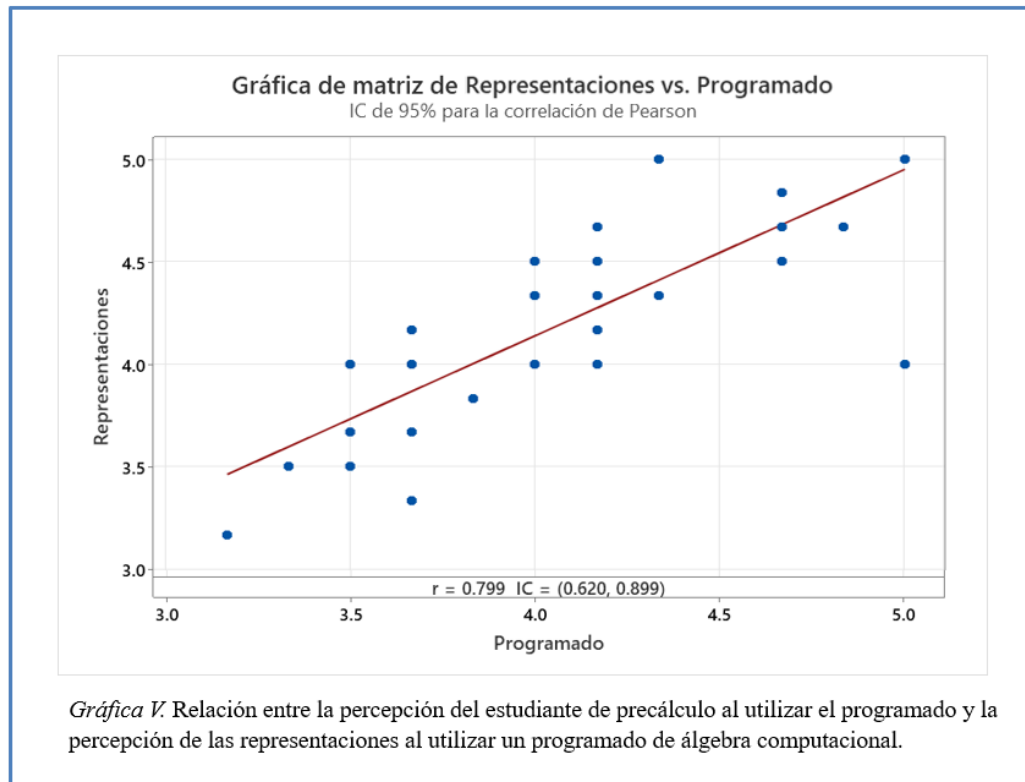
Tabla 10

Coeficiente de Correlación de Pearson entre las variables de percepción del estudiante de precálculo sobre la satisfacción con el programado y la percepción de las representaciones al utilizar un programado de álgebra computacional.

Variable 1	Variable 2	N	Correlación	IC de 95% para p	Valor p
Representaciones	Programado	31	0.80	(0.62,0.90)	0.00

El estudio reveló una relación estadísticamente significativa. La Tabla 10 muestra una correlación positiva alta de $r = 0.80$ y un $p = 0.00$, entre las variables de percepción del concepto de funciones lineales sobre el programado y la percepción de las representaciones al utilizar un programado de álgebra computacional. Esto significa que no hubo correlación negativa.

En la Gráfica V se muestran los datos correlaciones entre estas variables. La línea continua representa la normalidad teórica y los puntos son los valores reales agrupados alrededor de ella.



Por lo tanto, en la Gráfica V se puede apreciar que la respuesta de los estudiantes del estudio representa una relación positiva. Se muestran las parejas de la percepción de las representaciones al utilizar el programado con la percepción del concepto de funciones lineales del programado y se añadió la línea ajustada para mostrar relación alta entre ambas respuestas. Por tanto, las variables están relacionadas entre sí.

Resumen de los hallazgos

Los hallazgos de la investigación se resumen a continuación. El estudio reveló que:

1. El promedio que obtuvo la percepción del estudiante de precálculo dentro del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional fue de 4.13, lo que significa que los estudiantes tienen una percepción positiva sobre el concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional. La desviación estándar fue de 0.51 que corresponde a un coeficiente de variación del 12.36%, lo que significa que hubo mayor homogeneidad y coherencia en las respuestas de los estudiantes del estudio.
2. El promedio general que obtuvo la percepción del estudiante de precálculo en el área de operaciones dentro del concepto de funciones lineales al usar un programado de álgebra computacional fue de 4.24, lo que significa que los estudiantes perciben positivamente las operaciones dentro del concepto de funciones lineales al usar un programado de álgebra computacional. La desviación estándar fue de 0.55 que corresponde a un coeficiente de variación del 13.06%, lo que significa que hubo alta homogeneidad y coherencia entre las respuestas de los estudiantes del estudio.
3. El promedio general que obtuvo la percepción del estudiante de precálculo en el área de las representaciones en el concepto de funciones lineales al usar un programado de álgebra computacional fueron de 4.24, lo que significa que los estudiantes perciben positivamente las representaciones dentro del concepto de funciones lineales al usar un programado de álgebra computacional. El promedio de la desviación estándar fue de

0.52, que corresponde a un coeficiente de variación del 12.21%, lo que significa que hubo alta homogeneidad y coherencia entre las respuestas de los estudiantes del estudio.

4. Con relación a la Correlación de Pearson, se calculó la estadística inferencial de coeficiente de correlación entre las variables de percepción del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional y la percepción del estudiante de precálculo en las áreas de operaciones al utilizar un programado de álgebra computacional. El estudio reveló una relación estadísticamente significativa y una correlación positiva alta entre las variables examinadas de $r = 0.78$ y un $p = 0.00$. Esto significa que, no hubo correlación negativa.

5. Con relación a la Correlación de Pearson, se calculó la estadística inferencial de coeficiente de correlación entre las variables de percepción del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional y la percepción del estudiante de precálculo en las áreas de las representaciones al utilizar un programado de álgebra computacional. El estudio reveló una relación estadísticamente significativa y una correlación positiva alta entre las variables examinadas de $r = 0.80$ y un $p = 0.00$. Esto significa que, no hubo correlación negativa.

Capítulo V

Discusión

Este capítulo presenta las conclusiones del estudio basados en el problema de investigación: ¿Cuál es la percepción del estudiante de precálculo en las áreas de operaciones y representaciones dentro del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional? También, se discuten los hallazgos del estudio, tomando en cuenta el marco teórico y la revisión de la literatura. Además, se presentan las limitaciones metodológicas del estudio. Finalmente, proveen recomendaciones para los cursos de precálculos y futuras investigaciones.

Conclusiones

Luego de llevarse a cabo el estudio, los datos revelaron lo siguiente, respecto a los estudiantes de precálculo que participaron del mismo:

1. Los estudiantes de precálculo tienen una percepción positiva sobre el concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional.
2. Los estudiantes de precálculo tienen una percepción positiva sobre las operaciones dentro del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional.
3. Los estudiantes de precálculo tienen una percepción positiva sobre las representaciones dentro del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional.

4. Existe una relación significativa y una correlación positiva alta entre las variables de percepción del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional y la percepción del estudiante de precálculo en las áreas de operaciones al utilizar un programado de álgebra computacional.

5. Existe una relación significativa y una correlación positiva alta entre las variables de percepción del concepto de funciones lineales al utilizar al utilizar un programado de álgebra computacional y la percepción del estudiante de precálculo en las áreas de las representaciones al utilizar un programado de álgebra computacional.

Discusión de los hallazgos

A continuación, se discuten los hallazgos del estudio. Los mismos están fundamentados en el marco teórico y en la revisión de literatura. La discusión se desarrolla a través de las preguntas de investigación.

La primera pregunta de investigación fue: **¿Cuál es la percepción del estudiante de precálculo dentro del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional?** El estudio reveló que los estudiantes de Precálculo poseen una percepción positiva sobre el concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional.

Dicho hallazgo se puede explicar con las conclusiones de los estudios de Avila Storer y Solares Rojas (2014), Roalcaba Caro y Soplapuco Montalvo (2021), Rojas Maldonado (2019), Marcos del Olmo (2016), Rodríguez Soto (2019), Samacá Ramírez y Ochoa Camacho (2019), Avalos Siguenza (2019) y Díaz Manrique, Eche Querevalú, y Solís Toscano (2021), los cuales resaltaron la importancia y el impacto positivo en los estudiantes en el uso de tecnologías educativas, como programados computacionales, en

el aprendizaje de las matemáticas. Los estudios de estos autores mostraron programados computacionales como “Geogebra”, “Desmos”, “Winplot”, “El mundo Interactivo de Z”, “Derive”, que ayudaron a mejorar la comprensión de conceptos matemáticos en el salón de clases, fomentaron las habilidades de pensamientos crítico, y aumentaron positivamente el interés en el estudiante.

Por otra parte, Caverio (2006) respalda la idea de que la tecnología puede ser una herramienta valiosa para mejorar la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas. El autor sugiere que el uso de la computadora como herramienta de enseñanza puede ser positivo en la actitud de los estudiantes hacia las matemáticas, en especial en la percepción de su utilidad y aplicabilidad en la vida cotidiana. Asimismo, Andrango (2012) realizó una investigación con el objetivo de conocer la integración de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC's) en el proceso de enseñanza de las matemáticas de los estudiantes. El estudio reflejó que el uso de las TIC's en la enseñanza de las matemáticas tuvo un impacto positivo en el rendimiento de los estudiantes. Además, el autor señala que la introducción de recursos tecnológicos como computadoras, “software” educativos y recursos en línea permitió a los estudiantes interactuar de manera más dinámica y participativa con los conceptos matemáticos. En conclusión, el investigador, indicó que la integración adecuada de las TIC's en la educación matemática puede mejorar el aprendizaje y el rendimiento de los estudiantes. El presente estudio reveló que los estudiantes participantes indicaron que al utilizar un programado de álgebra computacional, es útil y motiva al estudiante en su proceso de enseñanza de los conceptos de funciones lineales.

Por otro lado, Seeley (2006), Hernández (2008), Simanca Herrera, Abuchar Porras, y Velazco (2017) y Barrios Soto y Delgado González (2021), indican que el uso de los recursos tecnológicos en la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas revela la importancia y el potencial que poseen las tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC's) para mejorar la educación matemática. Así mismo, enfatizan que las calculadoras, computadoras y otras innovaciones tecnológicas son herramientas fundamentales en este campo.

En fin, Anyor y Abah (2016) investigaron la percepción de los estudiantes sobre el aprendizaje móvil en un marco de aprendizaje colaborativo y combinado en matemáticas a través de cuestionarios. En el estudio se concluyó que la mayoría de los estudiantes tenían una actitud positiva hacia el aprendizaje móvil y que el uso de dispositivos móviles en un entorno de aprendizaje colaborativo mejoró su motivación, compromiso y comprensión en matemáticas. Además, los estudiantes informaron que disfrutaron de la interacción social y la colaboración en el aprendizaje móvil, lo que mejoró su comprensión y retención de los conceptos matemáticos. Por otra parte, Aguilar (2015) señala en su estudio que la implementación de un “software” en la enseñanza de matemáticas puede ayudar a los estudiantes a desarrollar habilidades analíticas, interpretativas y argumentativas. En particular, menciona que “Geogebra” es una herramienta dinámica, gratuita, fácil de usar y actualizable, que puede ser utilizada por los profesores como un recurso didáctico para fomentar la capacidad de comunicar y representar ideas matemáticas. Además, este programa permite a los estudiantes explorar más casos y aumentar su comprensión en funciones lineales.

El estudio demostró que los estudiantes de precálculo perciben positivamente el uso de un programado de álgebra computacional, útil para resolver ejercicios y problemas sobre funciones lineales. El estudio demostró que el estudiante de precálculo sabe que utilizar un programado de álgebra computacional motiva y es divertido entender el concepto de funciones lineales, convencidos del beneficio que aporta, que resulta efectiva y dinámica la enseñanza de las matemáticas. Los hallazgos antes mencionados pueden explicarse con la teoría de Conectivismo de Siemens (2004 y 2006), la cual postula que el aprendizaje es un proceso que ocurre en una red o sistema de conexiones, que la tecnología y las herramientas digitales han cambiado la forma en que se lleva a cabo el aprendizaje. Según esta teoría, el conocimiento se encuentra distribuido en la red y el aprendizaje implica la habilidad de hacer conexiones entre los nodos de información. En este sentido, el aprendizaje no se limita al individuo, sino que se extiende a la red de conexiones, que incluye personas, fuentes de información, tecnologías y conceptos. Por lo tanto, Siemens (2004) concluyó que la forma en que las personas trabajan y funcionan cambia cuando se utilizan nuevas herramientas. Por ende, el campo de la educación ha sido lento para reconocer tanto el impacto de las nuevas herramientas de aprendizaje como los cambios ambientales en los que significa aprender. También, la Teoría de Conectivismo proporciona información sobre las habilidades y tareas de aprendizaje necesarias para que los estudiantes prosperen en la era digital.

La segunda pregunta de investigación fue: **¿Cuál es la percepción del estudiante de precálculo en el área de operaciones dentro del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional?** El estudio reveló que los

estudiantes de Precálculo poseen una percepción positiva en el área de operaciones dentro del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional.

Dicho hallazgo se puede comparar con los resultados obtenidos por los autores Díaz Manrique, Eche Querevalú, y Solís Toscano (2021). Los resultados de su estudio indicaron que el uso de un “software” educativo llamado “El mundo Interactivo de Z ” de matemáticas tuvo un efecto positivo en el aprendizaje de los estudiantes, quienes mostraron una mejora en su comprensión y desempeño en las operaciones en el tema de números enteros. También, los autores mencionan que el enfoque socioconstructivista y el uso de herramientas tecnológicas son elementos clave para impactar positivamente a los estudiantes en matemáticas.

Por otra parte, Hernández y Navarro (2017), Vidal Raméntol y Fuertes Camacho (2016), Corica y Otero (2007), Anyor y Abah (2016), García Cid, Marban, y Arnal-Palacián (2020), Reyes, Fonseca, y Gómez (2021), Radovic S. y Pampaka (2023) y Pedrosa-Jesús, Casas-Rosal, y Cuida (2020) señalan la necesidad de adaptar las herramientas y enfoques pedagógicos para satisfacer las demandas cambiantes de los estudiantes, que buscan recursos ágiles, información en tiempo real y retroalimentación oportuna sobre su trabajo. También, destacan la importancia de comprender las emociones y percepciones de los estudiantes hacia las matemáticas, y cómo estas pueden afectar su aprendizaje. Además, enfatizan el valor de las tecnologías, como el uso de programas computacionales de matemáticas, para mejorar el aprendizaje de las operaciones matemáticas y conocer sus percepciones.

Por otro lado, Preciado López (2014) mencionó que la utilización de herramientas educativas, como el programa computacional “Winplot”, es una estrategia efectiva para

introducir nuevas tecnologías en la educación tradicional. Enfatizó que estos recursos tecnológicos apoyan al profesor al enseñar las operaciones matemáticas y reforzar temas sin reemplazar los métodos de enseñanza actual. Entre los hallazgos de su investigación, indicó que los estudiantes que utilizaron el programa mostraron mayor confianza al resolver un ejercicio. Otra revelación de su estudio fue que el programa computacional facilitó la comprensión del concepto de límite de funciones al presentar las operaciones visualmente. Por consiguiente, integrar herramientas computarizadas en la enseñanza, como “Winplot”, enriquece el proceso educativo y favorece el aprendizaje. De igual manera, Calder y Campbell (2016) realizaron un estudio donde su objetivo principal fue investigar cómo las aplicaciones matemáticas pueden ser utilizadas para involucrar y motivar a los estudiantes que tienen dificultades para aprender matemáticas. Los resultados del estudio mostraron que los estudiantes disfrutaron de la experiencia de usar el programa y encontraron la actividad más atractiva y positiva que el aprendizaje en la sala de clases convencional. Además, observaron que los estudiantes mejoraron en su capacidad para realizar cálculos de operaciones y también mostraron una mayor confianza en sus habilidades matemáticas.

En fin, Gravemeijer (1999) destaca el potencial que tienen los recursos tecnológicos, como los programas de computadoras y las calculadoras, para ayudar en la construcción de modelos matemáticos y fomentar la comprensión de la matemática formal. El autor argumenta que la tecnología puede ser útil para apoyar la construcción de modelos matemáticos emergentes, que pueden servir de herramientas para la comprensión de conceptos de matemáticos más complejos.

El presente estudio demostró que los estudiantes de precálculo perciben positivamente que al utilizar un programado de álgebra computacional le ayuda entender las operaciones sobre los conceptos de funciones lineales. También, el estudio demostró que el estudiante de precálculo está consciente que utilizar un programado de álgebra computacional le ayuda a entender de forma más efectiva los cálculos de valores de funciones lineales. Los hallazgos antes mencionados pueden explicarse con la teoría de Conectivismo de Siemens (2006), la cual postula que en lugar de centrarse en el papel del profesor como el experto que transmite el conocimiento al estudiante, el conectivismo destaca el papel del estudiante como un participante activo en la construcción de su propio conocimiento. El estudiante es el rol principal capaz de conectarse con fuentes de información y de otros estudiantes mediante la tecnología, para construir y ampliar sus redes de conocimiento. Es por esto, que Siemens (2006) menciona el papel del profesor como el de un facilitador del aprendizaje, alguien que puede ayudar y alentar a los estudiantes a conectarse con información y otros estudiantes de manera efectiva, y que puede proporcionar orientación y apoyo en el proceso de construcción del conocimiento.

La tercera pregunta de investigación fue: ¿Cuál es la percepción del estudiante de precálculo en el área de representaciones dentro del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional? El estudio reveló que los estudiantes de Precálculo poseen una percepción positiva en el área de las representaciones dentro del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional.

Este hallazgo puede compararse con el estudio realizado por Castañeda (2019). El estudio demostró que los estudiantes pudieron reconocer positivamente las representaciones con la utilización de tabletas multimedia y un “software Tracker” para

analizarlas. Además, concluyó que estas estrategias crean ambientes de aprendizaje propicios para la reflexión, generación de ideas, representaciones, interpretaciones, conjeturas y el intercambio de experiencias; sobre todo facilitó la comprensión del concepto de función lineal. Por otro lado, García Cid, Marban, y Arnal-Palacián (2020) llevaron a cabo una investigación que se centró en evaluar el uso del programa computacional “Geogebra” en la sala universitaria para enseñar estadística. Los autores aplicaron en su estudio dos cuestionarios para conocer la percepción de los estudiantes sobre “Geogebra” y sus lenguajes de representaciones al usarse. Mencionan que a pesar de las percepciones iniciales y la falta de conocimiento previo sobre “Geogebra”, los estudiantes afirmaron una percepción positiva en el uso de este programa computacional. Esto les ayudó en el aprendizaje de las nociones y representaciones estadísticas. Además, destacaron la facilidad de la herramienta para incorporar datos, obtener representaciones gráficas y realizar diversos cálculos y estadísticas; contribuyendo el aprendizaje efectivo de los estudiantes.

Según Aguilar (2015), Skemp (2006), Dubinsky y Wilson (2013), Manfredi (2008), Paragua-Morales (2014), Castañeda (2019), Medal Álvarez, Herrera Rodríguez, y Cruz Zeledón (2013) y Díaz, Haye, Montenegro, y Córdoba (2015), los docentes deben promover un enfoque que aborde diversas representaciones de funciones y la conexión entre conceptos, buscando aplicaciones prácticas para que los estudiantes perciban la relevancia de lo que están aprendiendo. Estos autores mencionan el uso de los programas computacionales de matemáticas para facilitar el uso de diferentes representaciones matemáticas y mejorar el aprendizaje. Por consiguiente, enfatizaron un enfoque más

contextualizado y creativo en la enseñanza de funciones lineales para que los estudiantes desarrollen una comprensión más profunda de estos conceptos.

Por otra parte, Rodríguez Soto (2019) destacó que utilizar el “software” matemático “Geogebra” en el álgebra puede mejorar el aprendizaje de los estudiantes en sistemas lineales y no lineales, gráficas de funciones y programación lineal. Mencionó que el uso del programa computacional en la sala de clase permite a los estudiantes analizar e interpretar resultados de manera individual o colaborativa, reduciendo el tiempo de cálculo y proporcionando una forma alternativa para resolver problemas, por lo que enfatizó que esto resulta en una visualización más clara de los gráficos y una mayor participación positiva de los estudiantes.

En fin, Aguilar (2015) estableció que la utilización de estrategias como la modelación y las técnicas de representación, empleando un programa de álgebra computacional, ha demostrado ser una herramienta efectiva para mejorar la capacidad de los estudiantes para comunicar y representar ideas matemáticas. Además, mencionó que los estudiantes pueden realizar conversaciones entre diferentes registros semióticos, incluyendo el verbal, tabular, algebraico y gráfico, en el contexto de funciones lineales y afines.

El estudio demostró que los estudiantes de precálculo perciben positivamente que, al usar un programado de álgebra computacional, les ayuda a comprender las representaciones de funciones lineales como tablas de valores, pares ordenados, gráficas y algebraica. Además, el estudio demostró que el estudiante de precálculo está consciente que utilizar un programado de álgebra computacional le facilita entender la necesidad de la ecuación para definir las funciones lineales. Los hallazgos antes mencionados pueden

compararse con la teoría de APOS de Dubinsky (1991-2013). Dicha teoría es un marco teórico que permite el desarrollo de estructuras cognitivas que pueden manejarse con etapas de comprensión y conductas al mismo tiempo en el proceso de aprendizaje de un concepto matemático. También este marco teórico nos permite revelar el proceso de construcción de desarrollo del concepto. En otras palabras, APOS es un marco para describir cómo se aprenden los conceptos matemáticos (Oktac y Parraguez Gonzales, 2010). Asimismo, Siemens (2006) en la Teoría del Conectivismo, describió que el conocimiento es fluido y está en constante evolución, y los estudiantes deben aprender a navegar y utilizar estas redes de información para construir y actualizar su conocimiento. También exploró las implicaciones del conectivismo para la sociedad, sugiriendo que la capacidad de crear y compartir conocimiento a través de redes en línea podría transformar cómo las personas aprenden y trabajan. Señaló que la Teoría del conectivismo puede ayudar a las personas a superar las limitaciones de la educación tradicional y la formación basada en silos de conocimiento, y fomentar la colaboración y la innovación a través de las redes de información.

La cuarta pregunta de investigación fue: **¿Existe relación en la percepción del estudiante de precálculo al utilizar un programado de álgebra computacional y su percepción en el área de operaciones dentro del concepto de funciones lineales?** El presente estudio demostró que existe una relación positiva significativa y muy alta entre las variables de percepción del estudiante de precálculo al utilizar un programado y la percepción del estudiante de precálculo en las áreas de operaciones al utilizar un programado de álgebra computacional. Esto quiere decir que podría esperarse que entre

mayor nivel de percepción tienen hacia la utilización del programado de álgebra computacional, mayor es la aceptación del uso de estos en las operaciones.

Olivar y Daza (2007), Poveda y Murillo (2003), (Grisales Aguirre, 2018), Puentedura (2013), Vaillant, Zidán, y Biagas (2020) y Roalcaba Caro y Soplapuco Montalvo (2021) destacaron que la relevancia de adaptar las tecnologías a las necesidades de profesores y estudiantes logra un aprendizaje significativo. Además, indicaron que la incorporación de plataformas y herramientas digitales en la enseñanza de las matemáticas puede mejorar el aprendizaje, especialmente para estudiantes con dificultades en conceptos abstractos y recomiendan diversas herramientas específicas para este propósito. Por otro lado, la manipulación de objetos concretos y la utilización de tecnología ayudan en el desarrollo de un pensamiento matemático efectivo y en la apropiación de los conceptos. Así que, los profesores deben utilizar estrategias didácticas innovadoras y recursos tecnológicos para fomentar el interés y la apropiación del conocimiento matemático entre los estudiantes (Wagner, Vásquez, Hoyos y Gutiérrez, 2014).

Jama-Zambrano y Cornejo-Zambrano (2016) señalaron que los recursos tecnológicos son herramientas que utilizan la tecnología que pueden incluir computadoras, calculadoras de alto poder computacional, “software” con una variedad de comandos y funciones para manipular datos y gráficos. Además, establecieron que los recursos tecnológicos pueden ser utilizados para una variedad de tareas, como la creación y manipulación de hojas de cálculo, la solución de problemas matemáticos y algebraicos mediante programas de álgebra computacional, y la creación y manipulación de gráficos y visualizaciones.

Por otra parte, Radovic S. y Pampaka (2023) realizaron un estudio donde examinaron la relación entre las percepciones de estudiantes sobre el tipo de enseñanza en matemáticas y sus emociones, autoconcepto y disposición hacia la asignatura. Los resultados de su estudio indicaron que la percepción de una enseñanza centrada en el estudiante se asoció significativamente con una identificación positiva, lo que resultó en mayores niveles de afectos positivos, autoconcepto positivo y disposición hacia las matemáticas en el futuro. Hernández (2008) analizó la relación entre el uso efectivo de las nuevas tecnologías y la teoría constructivista. Además, exploró cómo las herramientas tecnológicas, cuando se emplean en el proceso de aprendizaje, brindan una experiencia excepcional para que los individuos construyan su conocimiento.

En fin, Mejía Ballesteros (2018) indicó que el uso de recursos tecnológicos despertó expectativas y motivación en los estudiantes, al tiempo que les permitió desarrollar habilidades en el manejo de herramientas como calculadoras gráficas y programas computacionales de álgebra y geométricos. También, que la implementación del trabajo en equipo demostró seguridad entre los estudiantes y facilitó la participación de aquellos que son más introvertidos. Además, concluyó que la utilización especializada de un programa computacional de matemáticas permitió que los estudiantes avanzaran en su proceso de aprendizaje significativo, ya que pudieron interpretar resultados.

La quinta pregunta de investigación fue: **¿Existe relación en la percepción del estudiante de precálculo al utilizar un programado de álgebra computacional y su percepción en el área de representaciones dentro del concepto de funciones lineales?** El estudio demostró que existe una relación positiva significativa y muy alta entre las variables de percepción del estudiante de precálculo al usar un programado de álgebra

computacional y en las áreas de representaciones. Esto quiere decir que podría esperarse que entre mayor nivel de percepción tienen hacia la utilización del programado de álgebra computacional, mayor es la aceptación del uso de estos en las representaciones.

Este hallazgo concuerda con el estudio realizado por Fiallo y Parada (2015). En su estudio evaluaron el impacto de la utilización del programado computacional “Geogebra” en el desarrollo del pensamiento variacional en un curso de Precálculo universitario. El estudio demostró que la utilización de “Geogebra” en el curso de Precálculo tuvo un efecto significativo en el desarrollo del pensamiento variacional de los estudiantes. Además, el estudio reflejó que la interacción con esta herramienta tecnológica les permitió una comprensión más profunda y visual de conceptos matemáticos, especialmente aquellos relacionados con cambios y variaciones en la funciones y gráficas. En conclusión, los investigadores, señalaron que la utilización de un programado computacional “Geogebra” como apoyo en un curso de Precálculo mejoró el desarrollo del pensamiento variacional de los estudiantes, lo que tuvo un impacto positivo en su comprensión de conceptos matemáticos y en su habilidad para resolver problemas matemáticos.

Según Manfredi (2008), el análisis de funciones se basa en la relación entre conjuntos y sus representaciones gráficas en ejes cartesianos. Además, establece que, a medida que se alcanza un mayor nivel de educación, la comprensión se vuelve más abstracta. Manfredi (2008) concluye que las funciones buscan establecer conexiones entre conceptos generales y lineales en relación con nuestra vida cotidiana. Asimismo, López (2018) menciona que para que los estudiantes puedan utilizar diferentes formas de

representaciones matemáticas y convertir entre ellas, es necesario crear condiciones adecuadas que faciliten estas transformaciones.

Por otra parte, los autores Simanca Herrera, Abuchar Porras, y Velazco (2017) concluyeron en su estudio que el propósito de cualquier herramienta tecnológica, incluyendo un programa de álgebra computacional aplicada en la educación, es mejorar los esquemas cognitivos, establecer estrategias más efectivas para avanzar en el aprendizaje, crear un ambiente de aprendizaje que sea agradable y motivador, y fomentar el deseo de aprender, con el fin de mejorar la calidad del aprendizaje. Además, indican que todas las herramientas tecnológicas son susceptibles de ser mejoradas y combinadas con otras herramientas y, utilizadas con diferentes estrategias en diversos contextos, pueden contribuir a un aprendizaje más efectivo y significativo.

De igual manera, Marcos del Olmo (2016) indicó que el programa computacional “Desmos” es una herramienta valiosa para los estudiantes de matemáticas, ya que les permite explorar de manera interactiva la relación entre las funciones matemáticas y sus representaciones gráficas, lo que ayuda a mejorar su comprensión de los conceptos matemáticos. Además, reflejó que este programa funciona como una calculadora gráfica en línea y facilita la tarea del profesor, al presentar conceptos aparentemente abstractos e inaccesibles de manera atractiva e intuitiva para los estudiantes.

En conclusión, esta investigación estudió la percepción del estudiante de precálculo en las áreas de operaciones y representaciones dentro del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional. Los datos revelaron que los estudiantes de precálculo tienen una percepción positiva sobre el concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional.

También, que los estudiantes de precálculo tienen una percepción positiva en las áreas de las operaciones y las representaciones dentro del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional. Además, el estudio reveló que existe una relación significativa y muy alta entre las tres variables del estudio.

Por otra parte, los promedios de percepción de las representaciones hacia el concepto de funciones lineales fueron más altos, lo que también se corrobora con el histograma (Grafica III), lo que indica que la satisfacción positiva de los estudiantes parece ser las representaciones de las gráficas, tablas de valores y pares ordenados.

Limitaciones metodológicas de la investigación

La presente investigación presentó varias limitaciones metodológicas. Las mismas se presentan a continuación.

1. Los participantes de este estudio formal se restringieron exclusivamente a estudiantes de precálculos matriculados en la Universidad de Puerto Rico, Recinto de Humacao.
2. Por consiguiente, los hallazgos no pueden extrapolarse al conjunto del Sistema de la Universidad de Puerto Rico ni a otras instituciones educativas.
3. La muestra de estudiantes fue reducida, ya que la participación consistió en dos secciones de los cursos de precálculo del Recinto de Humacao. No obstante, la muestra cumplió el tamaño mínimo necesario para llevar a cabo conclusiones válidas en estudios cuantitativos.
4. Dado que la muestra no fue tomada al azar, las conclusiones solo pueden aplicarse a estas secciones específicas. No obstante, como no se ha influenciado a los

estudiantes matriculados en dichas secciones, se puede aceptar cierta aleatoriedad en la muestra.

Recomendaciones para las clases de matemáticas

Como recomendaciones se presentan las siguientes:

1. Antes de incorporar programas computacionales en las clases de Precálculo, es fundamental asegurarse de que los estudiantes comprendan y dominen los conceptos de manera manual en ejemplos sencillos.
2. Promover el uso de programas de álgebra computacional en las instituciones a través de talleres, seminarios y propuestas para enriquecer el proceso de enseñanza en los cursos de Matemáticas.
3. Presentar los hallazgos de este estudio a la comunidad estudiantil de los cursos de precálculo en instituciones educativas tanto privadas como públicas de Puerto Rico.
4. Difundir los resultados de este estudio en publicaciones profesionales del campo de las matemáticas.

Recomendaciones para futuras investigaciones

1. Realizar el estudio en otros recintos de la Universidad de Puerto Rico que no participaron inicialmente.
2. Ampliar esta investigación a otras instituciones privadas de Puerto Rico para llevar a cabo un análisis comparativo.
3. Repetir el estudio dentro de otros conceptos de matemáticas del curso de precálculo.

4. Aplicar el cuestionario o uno similar a las áreas de avalúo de los cursos de matemáticas universitarios.
5. Efectuar el estudio con un enfoque cualitativo.

REFERENCIAS

- Agbo-Egwu, A. O., Abah, J. A., y Abakpa, B. O. (2018). Perceptions of Tech-Augmented Learning in Basic Mathematics among University Students: A Case of Matrix Algebra Tools. *International Refereed Journal of Arts, Science & Commerce*, 6(1), 121–131. Recuperado de <https://hal.science/hal-01758515>
- Aguilar, A. (2015). Metodología con el software GEOGEBRA para desarrollar la capacidad de comunicar y representa ideas matemáticas con funciones lineales. *Universidad de Piura*, 1–278. Recuperado de https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3188/MAE_EDUC_209.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Andrango, L. (2012). *Incidencia de las TIC's en el rendimiento de la Matemática en los alumnos del décimo año del Colegio Luxemburgo de Carapungo de la ciudad de Quito durante el año lectivo 2011-2012*. Universidad Central del Ecuador, Ecuador. Recuperado de https://www.academia.edu/57248137/Incidencia_de_las_TICs_en_el_rendimiento_de_la_Matemática_en_los_alumnos_del_décimo_año_del_Colegio_Luxemburgo_de_Carapungo_de_la_ciudad_de_Quito_durante_el_año_lectivo_2011_2012
- Anyor, J. W., & Abah, J. A. (2016). Students' Perception of Mobile Learning in a Blended Collaborative Learning Framework in Mathematics. *Benue Journal of Mathematics and Mathematics Education*, 1(3), 20–27. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/326116813_Students'_Perception_of_Mobile_Learning_in_a_Blended_Collaborative_Learning_Framework_in_Mathematics
- Argudo Ortiz, M. (2013). *Las Tic y el aprendizaje de la geometría*. Recuperado de [http://dspace.ceu.es/bitstream/10637/5626/1/TFM_Argudo Ortiz%2C Marta.pdf](http://dspace.ceu.es/bitstream/10637/5626/1/TFM_Argudo%20Ortiz%2C%20Marta.pdf)
- Arnon, I., Cottrill, J., Dubinsky, E., Oktaç, A., Roa Fuentes, S., Trigueros, M., y Weller, K. (2014). APOS Theory. *Springer*. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-7966-6>
- Asiala, M., Brown, A., DeVries, D., Dubinsky, E., Mathews, D., y Thomas, K. (1996). A framework for research and curriculum development in undergraduate mathematics education. *ResearchGate*, 1–32. <https://doi.org/10.1090/CBMATH/006/01>
- Auzmendi, E. (1992). Las actitudes hacia la matemática-estadística en las enseñanzas medias y universitaria: características y medición. *Bilbao:Mensajero*. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/316665759_Las_actitudes_hacia_la_Matemática-Estadística_en_las_enseñanzas_medias_y_universitarias_Características_y_medición

- Avalos Siguenza, Y. (2019). Aplicación del software Derive para mejorar el aprendizaje de funciones de varias variables en la asignatura de Matemática. *Repositorio Institucional- URP*. Recuperado de <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/2447>
- Avila Storer, A., y Solares Rojas, A. (2014). Educación Matemática. *Sociedad Mexicana de Investigación y Divulgación de La Educación Matemática A. C.* . Recuperado de <https://www.revista-educacion-matematica.org.mx/revista/especial-25-anos-marzo-2014/>
- Bagni, G. T. (2004). Una experiencia didáctica sobre funciones en la escuela secundaria. *Revista Latinoamericana de Investigación En Matemática Educativa, RELIME*, 7(1), 5–23. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33570101>
- Baque, G. A. G., Guerrero, Á. A. B., Mendoza, M. N. B., Quintana, A. V. G., y Baque, R. J. G. (2021). GeoGebra para mejorar el aprendizaje de matemática en estudiantes de primero de bachillerato, del Distrito 09D06 de Guayaquil- 2021. *South Florida Journal of Development*, 2(5), 8381–8405. <https://doi.org/10.46932/sfjdv2n5-147>
- Barón Martínez, G. (2020). *Modelación matemática mediada por el software GeoGebra en la aplicación de funciones lineales, para la solución de problemas en el contexto del manejo ambiental. Journal of Chemical Information and Modeling*. Recuperado de <http://hdl.handle.net/11349/22955>
- Barrios Soto, L. M., & Delgado González, M. (2021). Efectos de los recursos tecnológicos en el aprendizaje de las matemáticas. *Revista Digital: Matemática, Educación e Internet*, 22(1), 1–14. <https://doi.org/10.18845/RDMEI.V22I1.5731>
- Borba, M. C. (2021). The future of mathematics education since COVID-19: humans-with-media or humans-with-non-living-things. *Educational Studies in Mathematics* , 108, 385–400. <https://doi.org/10.1007/s10649-021-10043-2>
- Calder, N., & Campbell, A. (2016). Using Mathematical Apps with Reluctant Learners. *Digit Exp Math Educ*, 2, 50–69. <https://doi.org/10.1007/s40751-016-0011-y>
- Calderón-Zambrano, R. L., Franco-Pesantez, F., y Alvarado-Espinoza, T. M. (2018). Logros de aprendizaje en funciones lineales y cuadráticas mediante secuencia didáctica con el apoyo del Geogebra. *Polo Del Conocimiento*, 3(8), 449. <https://doi.org/10.23857/pc.v3i8.624>
- Castañeda, A. (2019). Dispositivos móviles para el estudio de las funciones lineales. *Atenas*, 2(46), 1–10. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=478060100007>
- Cavero, A. (2006). *Efecto del Uso de la Computadora, Integrada a un Módulo Instruccional sobre Funciones, en la Actitud hacia las Matemáticas y el Aprovechamiento en Funciones, en un curso de Precálculo de Estudiantes Universitarios*. Disertación doctoral sin publicar Universidad de Puerto Rico, Recinto de Río Piedras, Puerto Rico

- Clark, J. M., Cordero, F., Cottrill, J., Czarnocha, B., DeVries, D. J., John, D. St., Tolias, G., y Vidakovic, D. (1997). Constructing a schema: The case of the chain rule*. *The Journal of Mathematical Behavior*, 16(4), 345–364. Recuperado de https://www.academia.edu/15786177/Constructing_a_schema_The_case_of_the_chain_rule
- Concepto Definición. (2011-2023). *Diccionario web*. Recuperado de <https://conceptodefinicion.de/>.
- Corica, A. R., & Otero, M. R. (2007). Las ideas de algunos estudiantes acerca de la enseñanza-aprendizaje de la Matemática en el Nivel Medio. *Revista Electronica de Investigacion En Educacion En Ciencias*, 2(1), 40–68. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=273320477004>
- Cornella, A. (2009). *Ideas valor resultados cómo innovan los mejores*. Recuperado de http://www.tgm.com.mx/Documents/IdeasxValor_Acornella.pdf
- Definición De. (2008-2023). *Diccionario web*. Recuperado de <https://definicion.de/>.
- Díaz, M., Haye, E., Montenegro, F., & Córdoba, L. (2015). Dificultades de los alumnos para articular representaciones gráficas y algebraicas de funciones lineales y cuadráticas. *Unión*, 41, 20–38. Recuperado de <http://funes.uniandes.edu.co/16590/>
- Díaz Manrique, J., Eche Querevalú, P., & Solís Toscano, J. L. (2021). Uso de software educativo multimedia en el aprendizaje de la matemática en una institución educativa pública del Callao. *IGOBERNANZA*, 4(13), 206–232. <https://doi.org/10.47865/igob.vol4.2021.106>
- Dubinsky, E. (1991). Reflective Abstraction in Advanced Mathematical Thinking. In D. Tall (Ed.), *Advanced Mathematical Thinking* (pp. 95–123). Dordrecht: Kluwer.
- Dubinsky, E., Cottrill, J., Nichols, D., Schwingendorf, K., Thomas, K., y Vidakovic, D. (1996). Understanding the limit concept: Beginning with a coordinated process scheme. *The Journal of Mathematical Behavior*, 15(2), 167–192. [https://doi.org/10.1016/S0732-3123\(96\)90015-2](https://doi.org/10.1016/S0732-3123(96)90015-2)
- Dubinsky, E., & McDonald, M. A. (2001). APOS: A Constructivist Theory of Learning in Undergraduate Mathematics Education Research. *The Teaching and Learning of Mathematics at University Level*, 275–282. https://doi.org/10.1007/0-306-47231-7_25
- Dubinsky, E., Weller, K., Clark, J., Loch, S., McDonald, M., y Merkovsky, R. (2003). Student performance and attitudes in courses based on APOS theory and the ACE teaching cycle. *Research in Collegiate Mathematics Education*, 5, 97–131. <https://doi.org/10.1090/CBMATH/012/05>
- Dubinsky, E., & Wilson, R. T. (2013). High school students' understanding of the function concept. *The Journal of Mathematical Behavior*, 32(1), 83–101.

<https://doi.org/10.1016/J.JMATHB.2012.12.001>

- Enciso, V. E., & Lezcano, A. G. (2022). Percepción del docente sobre Geogebra como recurso de enseñanza en relación al grado de manejo de las TIC. *Jetypeka. Revista Científica Multidisciplinaria*, 2(2).
- Fiallo, J., & Parada, S. (2015). Curso de precálculo apoyado en el uso de geogebra para el desarrollo del pensamiento varacional. *ResearchGate*, 1–19. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/271195024_Curso_de_precalculo_apoyado_en_el_uso_de_geogebra_para_el_desarrollo_del_pensamiento_varacional
- Freudenthal, H. (1973). *Mathematics as an Educational Task. Mathematics as an Educational Task*. D. Reidel Publishing Company DORDRECHT- HOLLAND. <https://doi.org/10.1007/978-94-010-2903-2>
- Fuenmayor, G., y Villasmil, Y. (2008). La percepción, la atención y la memoria como procesos cognitivos utilizados para la comprensión textual. *Revista de Artes y Humanidades UNICA*, 9(22), 187–202. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=170118859011>
- García Cid, Y., Marban, M., & Arnal-Palacián, M. (2020). Percepción de los estudiantes sobre el software GeoGebra en el estudio de la estadística en los grados de Educación. *ResearchGate*, 1–20. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/345991487>
- Gómez, P. (1998). Computadoras y calculadoras en la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas. *ResearchGate*.
- Gravemeijer, K. (1999). How Emergent Models May Foster the Constitution of Formal Mathematics. *Mathematical Thinking and Learning*, 1(2), 155–177. https://doi.org/10.1207/S15327833MTL0102_4
- Grisales Aguirre, A. M. (2018). *Uso de recursos TIC en la enseñanza de las matemáticas: retos y perspectivas*, 14(2), 198–214. <https://doi.org/10.18041/1900-3803/entramado.2.4751>
- Guzmán, B., y Castro, S. (2005). Las inteligencias múltiples en el aula de clases. *Revista de Investigación*, 58, 177–202. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=376140372009>
- Heid, M. K. (1988). Resequencing Skills and Concepts in Applied Calculus Using the Computer as a Tool. *Journal for Research in Mathematics Education*, 19(1), 25. <https://doi.org/10.2307/749108>
- Hernández, E., y Navarro, M. J. (2017). Percepciones de los estudiantes sobre el uso del ordenador personal y otros recursos en el aula universitaria. *Píxel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 50, 123–135. Recuperado de <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/51891/283-2819-1->

PB.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Hernández, S. (2008). El modelo constructivista con las nuevas tecnologías: aplicado en el proceso de aprendizaje. *Revista de Universidad y Sociedad del Contenido*, 5(2), 26-35.
- Hernandez Sampieri, R., Fernandez Collado, C., y Batista Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (6th ed.). McGraw Hill Education. Recuperado de https://www.academia.edu/35332125/Metodología_de_la_Investigación_sampieri_6ta_EDICION
- Jama-Zambrano, V. R., & Cornejo-Zambrano, J. K. (2016). Los recursos tecnológicos y su influencia en el desempeño de los docentes. *Domino de Las Ciencias*, 2(especial), 201–219. <https://doi.org/10.23857/dc.v2i3 Especial.316>
- Khan Academy. (2023). *Organización educativa sin fines de lucro*. Recuperado de <https://es.khanacademy.org/>.
- Lagrange, J. B. (1999). Complex calculators in the classroom: Theoretical and practical reflections on teaching pre-calculus. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 4(1), 51–81. <https://doi.org/10.1023/A:1009858714113>
- Larson, R. (2022). *Algebra and Trigonometry* (11e.). Cengage.
- López, O. (2018). La noción de función: su enseñanza- aprendizaje realizando transformaciones de registros de representación con el apoyo de Geogebra. *ResearchGate*, 1-166. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/333949396_La_nocion_de_funcion_su_en_senanzaaprendizaje_realizando_transformaciones_de_registros_de_representacion_con_el_apoyo_de_GeoGebra
- Manfredi, V. (2008). Funciones matemáticas ... ¿ para qué se utilizan ? La realidad de la función de las funciones lineales . *Manfredi V*, 1, 37. Recuperado de <file:///C:/Users/PerlaNegra/Downloads/Dialnet-FuncionesMatematicasParaQueSeUtilizan-2779659.pdf>
- Marcos del Olmo, E. J. (2016). Uso de la calculadora gráfica en línea Desmos para la enseñanza de funciones y gráficas en 3.º ESO. *Universidad Internacional de La Rioja*, 1–77. Recuperado de https://reunir.unir.net/bitstream/handle/123456789/3990/MARCOS_DEL_OLMO%2C_ENRIQUE_JOSE.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Medal Álvarez, T. A., Herrera Rodríguez, R., & Cruz Zeledón, A. A. (2013). La vida es una función: unidad didáctica sobre funciones lineales y cuadráticas. *Revista Universidad y Ciencia, UNAN-Managua*, 7(11), 1–4. Recuperado de <http://recursostic.educacion.es/secundaria/edad/3esomatematicas/index.htm>

- Mejía Ballesteros, R. (2018). *Geogebra como método de enseñanza y aprendizaje de las funciones de variable real a estudiantes del grado 10-2 del Colegio San Carlos del Municipio de San Gil*. Universidad Industrial de Santander. Recuperado de <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2018/172102.pdf>
- Mercado, R. (2009). *Efecto del uso de la calculadora gráfica en el aprovechamiento académico en matemáticas y su relación con los estilos de aprendizaje (Kolb, 1985)*. (Disertación doctoral inédita. Universidad Interamericana de Puerto Rico, Recinto de San Germán, San Germán, Puerto Rico).
- Monsalve Patiño, O. I. (2008). *Mediadores Didácticos para una mejor comprensión de la factorización*. Universidad de Antioquia en Medellín. Recuperado de https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/22658/1/MonsalveOlga_2008_MediadoresComprensionFactorizacion.pdf
- Morales Soto, K. (2018). *Percepción y Uso de Recursos Electrónicos en el Proceso de Enseñanza-Aprendizaje (E-Learning) por parte de Profesores de Educación Comercial y Estudiante de Administración de Sistemas de Oficina*. (Disertación doctoral inédita. Universidad Interamericana de Puerto Rico, Recinto de San Germán, San Germán, Puerto Rico).
- Nagle, C., Martínez-Planell, R., y Moore-Russo, D. (2018). Using APOS theory as a framework for considering slope understanding. *The Journal of Mathematical Behavior*, 1–14. <https://doi.org/10.1016/J.JMATHB.2018.12.003>
- Nieto, S., & Ramos, H. (2014). Visualización de funciones de dos variables mediante el programa Mathematica. *Cisti*, 1021–1027.
- Olivar, A., & Daza, A. (2007). Las tecnologías de la información y comunicación (TIC) y su impacto en la educación del siglo XXI. *Negotium*, 3(7), 21–46. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=78230703>
- Oktac, A., y Parraguez Gonzales, M. C. (2010). Construction of the vector space concept from the viewpoint of APOS theory. *Linear Algebra and Its Applications*, 432(8), 2112–2124. <https://doi.org/10.1016/J.LAA.2009.06.034>
- Paragua-Morales, M. (2014). El método gráfico y el aprendizaje del dominio y rango de funciones en alumnos de la carrera profesional de matemática y física de la unheval-2014. *Investigación Valdizana*, 8(2), 1–10.
- Pedrosa-Jesús, C., Casas-Rosal, J. C., & Cuida, A. (2020). Percepción de los estudiantes universitarios sobre la utilidad de las Matemáticas: análisis en función del género y la titulación. *Epsilon- Revista de Educación Matemática*, 105, 7–18.
- Poveda, R., & Murillo, M. (2003). Las nuevas tecnologías en la enseñanza y aprendizaje de la matemática. *Uniciencia*, 20(1), 125–133. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5381427&info=resumen&idioma=ENG>

- Preciado López, J. A. (2014). *Propuesta para la enseñanza-aprendizaje del concepto de límite de funciones con el uso de la herramienta computacional WINPLOT*. Universidad Sergio Arboleda. Recuperado de <https://repository.usergioarboleda.edu.co/handle/11232/855>
- Puentedura, R. (2013). *SAMR: Moving from enhancement to transformation*. Recuperado de <https://eddl.tru.ca/wp-content/uploads/2018/12/SAMREnhancementToTransformation-Puentedura-2013.pdf>
- Radovic S., D., & Pampaka, M. (2023). Relación entre percepciones de la enseñanza, sexo y actitudes hacia las matemáticas de estudiantes. *Revista Latinoamericana de Investigación En Matemática Educativa*, 25(3), 311–340. <https://doi.org/10.12802/relime.22.2533>
- Real Academia Española. (2022). *Diccionario de la lengua española*. Recuperado de <http://www.rae.es/>.
- Reyes, I., Fonseca, S., & Gómez, M. Á. (2021). Percepción de estudiantes universitarios sobre su formación académica en matemática y estadística. *IKASTORRATZA.e-Journal on Didactics*, 116–132. https://doi.org/10.37261/26_alea/6
- Roalcaba Caro, J. L., & Soplapuco Montalvo, J. P. (2021). El software educativo como estrategia didáctica en matemática. *Revista Tecnológica Ciencia y Educación Edwards Deming*, 5(1), 48–56. <https://doi.org/10.37957/ed.v5i1.69>
- Rodríguez Soto, V. E. (2019). Aplicación de software geogebra y el aprendizaje de álgebra en estudiantes de quinto de secundaria. *Universidad de San Martín de Porres – USMP*. Recuperado de <https://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/4717>
- Rojas Maldonado, E. R. (2019). Diseño de estrategia de apertura para la interpretación gráfica-analítica a través de Desmos como preparación para el aprendizaje del cálculo diferencial. *RIDE Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 10(19). <https://doi.org/10.23913/ride.v10i19.493>
- Salas-Rueda, R. A. (2021). Students’ perceptions of the use of the flipped classroom during the educational process of linear functions (Percepciones de los estudiantes sobre el uso del aula invertida durante el proceso educativo de las funciones lineales). *Cultura y Educacion*, 33(3), 431–454. <https://doi.org/10.1080/11356405.2021.1949109>
- Saleh Alabdulaziz, M. (2021). COVID-19 and the use of digital technology in mathematics education. *Education and Information Technologies*, 26, 7609–7633. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10602-3>
- Samacá Ramírez, J., & Ochoa Camacho, E. (2019). Uso de Desmos para la Modelación Matemática como apoyo al Proceso Enseñanza- Aprendizaje en el Aula : El Caso de

- las Ecuaciones. *Acta Latinamericana de Matemática Educativa*, 32, 670–675.
- Seeley, C. L. (2006, March). Technology Is a Tool. *Presidenta de NCTM News Bulletin-National Council of Teachers of Mathematics*. Recuperado de <https://www.nctm.org/News-and-Calendar/Messages-from-the-President/Archive/Cathy-Seeley/Technology-Is-a-Tool/>
- Sepúlveda Obreque, A., Oyarzún Burgos, C., Díaz-Levicoy, D., y Opazo Salvatierra, M. (2017). Percepción de los estudiantes de educación básica municipalizados sobre la enseñanza de la matemática. *Páginas de Educación*, 10(2), 79–95. <https://doi.org/10.22235/pe.v10i2.1425>
- Siemens, G. (2004). Connectivism: A Learning Theory for the Digital Age. Recuperado de <https://www.academia.edu/2857071/Connectivism>
- Siemens, G. (2006). *Knowing Knowledge*. Recuperado de https://amysmooc.files.wordpress.com/2013/01/knowingknowledge_lowres-1.pdf
- Simanca Herrera, F. A., Abuchar Porras, A., & Velazco, S. Y. (2017). Las TIC y el aprendizaje de los trinomios, 199–208.
- Skemp, R. R. (2006). Relational Understanding and Instrumental Understanding. *Mathematics Teaching in the Middle School*, 12(2), 88–95. <https://doi.org/10.5951/MTMS.12.2.0088>
- Stein, W., y Joyner, D. (2005). Sage: System for algebra and geometry experimentation. *ACM SIGSAM Bulletin*, 39(2). Recuperado de https://www.sagemath.org/files/sage_stein2005.pdf
- Stewart, J. (2018). *Cálculo de una variable* (8vo ed.). Cengage.
- Stump, S. (1999). Secondary mathematics teachers' knowledge of slope. *Mathematics Education Research Journal*, 11(2), 124–144. <https://doi.org/10.1007/BF03217065>
- Suárez Chavez, S. E. (2018). Dificultades y obstáculos, en la resolución de problemas del concepto de Función Lineal, de los estudiantes de primer semestre del programa Tecnología en Contabilidad Sistematizada de la Institución Universitaria Antonio José Camacho. *Universidad Tecnológica de Pereira*. Recuperado de <https://core.ac.uk/download/pdf/153513308.pdf>
- Tamayo Martínez, E. D. (2013). Implicaciones didácticas de Geogebra sobre el aprendizaje significativo de los tipos de funciones en estudiantes secundaria. *Apertura*, 5(2), 58–69. Recuperado de https://www.academia.edu/28101186/Implicaciones_didácticas_de_Geogebra_para_el_tratamiento_de_los_tipos_de_funciones_en_estudiantes_del_último_grado_de_secundaria

Toffler, A. (1980). “La Tercera Ola” (“The Third Wave”). Recuperado de <https://eleconomistavago.wordpress.com/2012/03/18/la-tercera-ola-the-third-wave-de-alvin-toffler-1980/>

Universidad Interamericana de Puerto Rico. (2020). *Documento normativo A-1220-065 Políticas y normas sobre la protección de los derechos de los sujetos humanos que participan en proyectos de investigación*. San Juan, Puerto Rico: Oficina del Presidente.

Universidad Interamericana de Puerto Rico. (2014). *Manual de procedimientos relacionados con la disertación doctoral*. San Germán, Puerto Rico: Recinto San Germán.

Vaillant, D., Zidán, E. R., & Biagas, G. B. (2020). Uso de plataformas y herramientas digitales para la enseñanza de la Matemática. *Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas Em Educação*, 28(108), 718–740. <https://doi.org/10.1590/s0104-40362020002802241>

Vidal Raméntol, S., & Fuertes Camacho, T. (2016). Percepciones de los alumnos hacia las matemáticas. *Opción*, 32(12), 964–986. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=31048903046>

Villacis Montoya, D. I., Jácome Vélez, W. J., López Chica, J. A., y Córdova Alarcón, J. R. (2023). Aplicación del software geogebra en el aprendizaje de funciones lineales con estudiantes de décimo año de la unidad educativa Manuel De Jesús Calle del cantón Quevedo. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(1), 9428–9445. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.5139

Wagner, G., Vásquez, A., Hoyos, E., & Gutiérrez, H. (2014). El Álgebra Geométrica como mediadora en la enseñanza de la factorización y los productos notables. *Revista de Investigaciones - Universidad Del Quindío Colombia*, 26(1), 137–142.

Apéndice A.

**Cuestionario Percepción del estudiante de precálculo en las áreas de operaciones
y representaciones dentro del concepto de funciones lineales al utilizar
un programado de álgebra computacional
(Moreno-Orta, 2023)**





UNIVERSIDAD INTERAMERICANA DE PUERTO RICO
RECINTO DE SAN GERMÁN
Programa Doctoral en Educación

CUESTIONARIO: Percepción del estudiante de precálculo en las áreas de operaciones y representaciones dentro del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional (Moreno-Orta, 2023)

Cuestionario de estudio: *Percepción del estudiante de precálculo en las áreas de operaciones y representaciones dentro del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional.*

Parte I. Percepción al utilizar un programado de álgebra computacional

Instrucciones: Lea cada uno de los siguientes enunciados y marque con una “X” la respuesta que mejor represente su opinión, conocimiento o experiencia. Cuando conteste hágalo de manera objetiva y con toda sinceridad. Sus respuestas son anónimas y se respetará su confidencialidad. La escala de respuestas oscila entre 5 a 1 de acuerdo con los siguientes criterios de la Escala Likert: Completamente en desacuerdo (1), En desacuerdo (2), Ni de acuerdo ni en desacuerdo (3), De acuerdo (4) y Muy de acuerdo (5).

Enunciados	1	2	3	4	5
La utilización del programado de álgebra computacional es una manera divertida de entender el concepto de función lineal.					
El uso de un programado de álgebra computacional me permite compartir lo que entiendo de función lineal con mis compañeros.					
La utilización del programado de álgebra computacional en el concepto de función lineal resulta efectiva y no consume mucho tiempo.					
Al utilizar un programado de álgebra computacional resultó fácil de usar y comprender el concepto de función lineal.					
El programado de álgebra computacional es útil para resolver los ejercicios y problemas de función lineal.					
Me gustaría utilizar el programado de álgebra computacional en otros temas de precálculo.					



Parte II. Percepción de las operaciones al utilizar un programado de álgebra computacional

Instrucciones: Lea cada uno de los siguientes enunciados y marque con una “X” la respuesta que mejor represente su opinión, conocimiento o experiencia. Cuando conteste hágalo de manera objetiva y con toda sinceridad. Sus respuestas son anónimas y se respetará su confidencialidad. La escala de respuestas oscila entre 5 a 1 de acuerdo con los siguientes criterios de la Escala Likert: Completamente en desacuerdo (1), En desacuerdo (2), Ni de acuerdo ni en desacuerdo (3), De acuerdo (4) y Muy de acuerdo (5).

Enunciados	1	2	3	4	5
Al utilizar un programado de álgebra computacional puedo entender de forma más efectiva los cálculos de valores de una función lineal.					
El manejo de un programado de álgebra computacional me facilita encontrar los ceros y raíces de funciones lineales.					
La aplicación de un programado de álgebra computacional me ayuda entender las operaciones del concepto de funciones lineales.					
El uso de un programado de álgebra computacional me ayuda a realizar la composición de funciones lineales.					
Con el programado de álgebra computacional puedo calcular con facilidad la pendiente e intercepto de una función lineal.					
La utilización de un programado de álgebra computacional ayuda a ver cómo se resuelve ecuaciones lineales.					



Parte III. Percepción de las representaciones al utilizar un programado de álgebra computacional

Instrucciones: Lea cada uno de los siguientes enunciados y marque con una “X” la respuesta que mejor represente su opinión, conocimiento o experiencia. Cuando conteste hágalo de manera objetiva y con toda sinceridad. Sus respuestas son anónimas y se respetará su confidencialidad. La escala de respuestas oscila entre 5 a 1 de acuerdo con los siguientes criterios de la Escala Likert: Completamente en desacuerdo (1), En desacuerdo (2), Ni de acuerdo ni en desacuerdo (3), De acuerdo (4) y Muy de acuerdo (5).

Enunciados	1	2	3	4	5
Al utilizar un programado de álgebra computacional puedo entender de forma más efectiva las gráficas en el concepto de funciones lineales.					
El manejo de un programado de álgebra computacional en el curso de precálculo me facilita entender la necesidad de la ecuación para definir la función lineal.					
La utilización de un programado de álgebra computacional me ayuda entender cuando una tabla de valores es una función lineal.					
El uso de un programado de álgebra computacional me ayuda a comprender las representaciones de funciones lineales tales como tablas de valores, pares ordenados, gráficas y algebraica.					
Con la aplicación de un programado de álgebra computacional puedo entender cuando una función lineal muestra crecimiento más rápido que otra.					
Con el programado de álgebra computacional puedo observar mejor cuando una función lineal es constante, creciente o decreciente.					

Apéndice B.

Carta de aprobación de la Junta de Revisión Institucional del Recinto de Humacao de la Universidad de Puerto Rico



15 de junio de 2023

Sheilamarie Moreno Orta
Estudiante Doctoral
Universidad Interamericana de Puerto Rico
Recinto de San Germán
Escuela de Estudios Graduados e Investigación
Programa Doctoral en Educación

Investigadora doctoral RE: Solicitud Núm. 2022-2023-021

Saludos:

Le agradecemos su solicitud de protocolo para la propuesta de investigación: *Percepción del estudiante de precálculo en las áreas de operaciones y representaciones dentro del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional.*

La Junta de Protección de Seres Humanos en la Investigación aprobó a través del procedimiento de forma expedita su solicitud con las siguientes recomendaciones:

1. Deberá proteger toda información sensitiva; cualquier información que afecte el buen nombre de la Universidad de Puerto Rico en Humacao, por lo que no se divulgará ningún dato que afecte a la Institución; de ser así, podría tener repercusiones legales.
2. La vigencia de la solicitud es hasta junio 2024. Si la investigación no ha concluido para esta fecha, tiene que solicitar la renovación de la autorización de acuerdo a los procedimientos de la Junta de Protección de Seres Humanos en la Investigación (JPSHI) y al tipo de revisión correspondiente, por el comité en pleno o expedita.
3. Cualquier modificación posterior a la autorización de la JPSHI requerirá consideración y reautorización.
4. Al finalizar el estudio, debe completar el Formulario de Notificación de Terminación de Protocolo.

Le deseamos éxito en su encomienda. Si necesita más información puede comunicarse con la JPSHI a irb.uprh@upr.edu.

Atentamente,


Dr. Daniel Rodriguez Howell
Decano de Investigación



Apéndice C.
Certificado CITI



COLLABORATIVE INSTITUTIONAL TRAINING INITIATIVE (CITI PROGRAM)
COMPLETION REPORT - PART 1 OF 2
COURSEWORK REQUIREMENTS*

* NOTE: Scores on this Requirements Report reflect quiz completions at the time all requirements for the course were met. See list below for details. See separate Transcript Report for more recent quiz scores, including those on optional (supplemental) course elements.

• **Name:** Sheilamarie Moreno (ID: 11356011)
 • **Institution Affiliation:** Inter American University of Puerto Rico (ID: 1370)
 • **Institution Email:** sheilamarie.moreno@upr.edu
 • **Institution Unit:** San German Campus
 • **Phone:** 7875662241

• **Curriculum Group:** SOCIAL BEHAVIORAL RESEARCH
 • **Course Learner Group:** Same as Curriculum Group
 • **Stage:** Stage 1 - Basic Course

• **Record ID:** 50373694
 • **Completion Date:** 28-Jul-2022
 • **Expiration Date:** 27-Jul-2025
 • **Minimum Passing:** 75
 • **Reported Score*:** 98

REQUIRED AND ELECTIVE MODULES ONLY	DATE COMPLETED	SCORE
Belmont Report and Its Principles (ID: 1127)	28-Jul-2022	3/3 (100%)
Students in Research (ID: 1321)	28-Jul-2022	5/5 (100%)
Defining Research with Human Subjects - SBE (ID: 491)	28-Jul-2022	5/5 (100%)
The Federal Regulations - SBE (ID: 502)	28-Jul-2022	5/5 (100%)
Assessing Risk - SBE (ID: 503)	28-Jul-2022	5/5 (100%)
Informed Consent - SBE (ID: 504)	28-Jul-2022	5/5 (100%)
Privacy and Confidentiality - SBE (ID: 505)	28-Jul-2022	5/5 (100%)
Research with Children - SBE (ID: 507)	28-Jul-2022	5/5 (100%)
Inter American University of Puerto Rico (ID: 12851)	28-Jul-2022	No Quiz
Conflicts of Interest in Human Subjects Research (ID: 17464)	28-Jul-2022	5/5 (100%)
Internet-Based Research - SBE (ID: 510)	28-Jul-2022	4/5 (80%)
Records-Based Research (ID: 5)	28-Jul-2022	4/4 (100%)

For this Report to be valid, the learner identified above must have had a valid affiliation with the CITI Program subscribing institution identified above or have been a paid Independent Learner.

Verify at: www.citiprogram.org/verify/?kaf2efff2-2692-48e8-a88a-3090d18b4c2a-50373694

Collaborative Institutional Training Initiative (CITI Program)
 Email: support@citiprogram.org
 Phone: 888-529-5929
 Web: <https://www.citiprogram.org>



COLLABORATIVE INSTITUTIONAL TRAINING INITIATIVE (CITI PROGRAM)

COMPLETION REPORT - PART 2 OF 2

COURSEWORK TRANSCRIPT**

** NOTE: Scores on this [Transcript Report](#) reflect the most current quiz completions, including quizzes on optional (supplemental) elements of the course. See list below for details. See separate Requirements Report for the reported scores at the time all requirements for the course were met.

• **Name:** Sheilamarie Moreno (ID: 11356011)
 • **Institution Affiliation:** Inter American University of Puerto Rico (ID: 1370)
 • **Institution Email:** sheilamarie.moreno@upr.edu
 • **Institution Unit:** San German Campus
 • **Phone:** 7875662241

• **Curriculum Group:** SOCIAL BEHAVIORAL RESEARCH
 • **Course Learner Group:** Same as Curriculum Group
 • **Stage:** Stage 1 - Basic Course

• **Record ID:** 50373694
 • **Report Date:** 28-Jul-2022
 • **Current Score**:** 98

REQUIRED, ELECTIVE, AND SUPPLEMENTAL MODULES	MOST RECENT	SCORE
Students in Research (ID: 1321)	28-Jul-2022	5/5 (100%)
Defining Research with Human Subjects - SBE (ID: 491)	28-Jul-2022	5/5 (100%)
The Federal Regulations - SBE (ID: 502)	28-Jul-2022	5/5 (100%)
Belmont Report and Its Principles (ID: 1127)	28-Jul-2022	3/3 (100%)
Records-Based Research (ID: 5)	28-Jul-2022	4/4 (100%)
Assessing Risk - SBE (ID: 503)	28-Jul-2022	5/5 (100%)
Informed Consent - SBE (ID: 504)	28-Jul-2022	5/5 (100%)
Privacy and Confidentiality - SBE (ID: 505)	28-Jul-2022	5/5 (100%)
Research with Children - SBE (ID: 507)	28-Jul-2022	5/5 (100%)
Internet-Based Research - SBE (ID: 510)	28-Jul-2022	4/5 (80%)
Conflicts of Interest in Human Subjects Research (ID: 17464)	28-Jul-2022	5/5 (100%)
Inter American University of Puerto Rico (ID: 12851)	28-Jul-2022	No Quiz

For this Report to be valid, the learner identified above must have had a valid affiliation with the CITI Program subscribing institution identified above or have been a paid Independent Learner.

Verify at: www.citiprogram.org/verify/?kaf2efff2-2692-48e8-a88a-3090d18b4c2a-50373694

Collaborative Institutional Training Initiative (CITI Program)

Email: support@citiprogram.org

Phone: 888-529-5929

Web: <https://www.citiprogram.org>



COLLABORATIVE INSTITUTIONAL TRAINING INITIATIVE (CITI PROGRAM)

COMPLETION REPORT - PART 1 OF 2 COURSEWORK REQUIREMENTS*

* NOTE: Scores on this [Requirements Report](#) reflect quiz completions at the time all requirements for the course were met. See list below for details. See separate Transcript Report for more recent quiz scores, including those on optional (supplemental) course elements.

- **Name:** Sheilamarie Moreno (ID: 11356011)
- **Institution Affiliation:** Inter American University of Puerto Rico (ID: 1370)
- **Institution Email:** sheilamarie.moreno@upr.edu
- **Institution Unit:** San German Campus
- **Phone:** 7875662241
- **Curriculum Group:** Responsible Conduct of Research for Graduate Students
- **Course Learner Group:** Same as Curriculum Group
- **Stage:** Stage 1 - RCR
- **Description:**
- **Record ID:** 50373695
- **Completion Date:** 28-Jul-2022
- **Expiration Date:** N/A
- **Minimum Passing:** 75
- **Reported Score*:** 100

REQUIRED AND ELECTIVE MODULES ONLY	DATE COMPLETED	SCORE
Research Misconduct (RCR-Basic) (ID: 16604)	28-Jul-2022	5/5 (100%)
Authorship (RCR-Basic) (ID: 16597)	28-Jul-2022	5/5 (100%)
Research Involving Human Subjects (RCR-Basic) (ID: 13566)	28-Jul-2022	5/5 (100%)

For this Report to be valid, the learner identified above must have had a valid affiliation with the CITI Program subscribing institution identified above or have been a paid Independent Learner.

Verify at: www.citiprogram.org/verify/?k5e410022-346b-4de3-996e-32caef84ebaf-50373695

Collaborative Institutional Training Initiative (CITI Program)

Email: support@citiprogram.org

Phone: 888-529-5929

Web: <https://www.citiprogram.org>



COLLABORATIVE INSTITUTIONAL TRAINING INITIATIVE (CITI PROGRAM)

COMPLETION REPORT - PART 2 OF 2

COURSEWORK TRANSCRIPT**

** NOTE: Scores on this [Transcript Report](#) reflect the most current quiz completions, including quizzes on optional (supplemental) elements of the course. See list below for details. See separate Requirements Report for the reported scores at the time all requirements for the course were met.

- **Name:** Sheilamarie Moreno (ID: 11356011)
- **Institution Affiliation:** Inter American University of Puerto Rico (ID: 1370)
- **Institution Email:** sheilamarie.moreno@upr.edu
- **Institution Unit:** San German Campus
- **Phone:** 7875662241
- **Curriculum Group:** Responsible Conduct of Research for Graduate Students
- **Course Learner Group:** Same as Curriculum Group
- **Stage:** Stage 1 - RCR
- **Description:**
- **Record ID:** 50373695
- **Report Date:** 28-Jul-2022
- **Current Score**:** 100

REQUIRED, ELECTIVE, AND SUPPLEMENTAL MODULES	MOST RECENT	SCORE
Research Involving Human Subjects (RCR-Basic) (ID: 13566)	28-Jul-2022	5/5 (100%)
Authorship (RCR-Basic) (ID: 16597)	28-Jul-2022	5/5 (100%)
Research Misconduct (RCR-Basic) (ID: 16604)	28-Jul-2022	5/5 (100%)

For this Report to be valid, the learner identified above must have had a valid affiliation with the CITI Program subscribing institution identified above or have been a paid Independent Learner.

Verify at: www.citiprogram.org/verify/?k5e410022-346b-4de3-996e-32caef84ebaf-50373695

Collaborative Institutional Training Initiative (CITI Program)

Email: support@citiprogram.org

Phone: 888-529-5929

Web: <https://www.citiprogram.org>



COLLABORATIVE INSTITUTIONAL TRAINING INITIATIVE (CITI PROGRAM)

COMPLETION REPORT - PART 1 OF 2 COURSEWORK REQUIREMENTS*

* NOTE: Scores on this Requirements Report reflect quiz completions at the time all requirements for the course were met. See list below for details. See separate Transcript Report for more recent quiz scores, including those on optional (supplemental) course elements.

• **Name:** Sheilamarie Moreno (ID: 11356011)
• **Institution Affiliation:** Inter American University of Puerto Rico (ID: 1370)
• **Institution Email:** sheilamarie.moreno@upr.edu
• **Institution Unit:** San German Campus
• **Phone:** 7875662241

• **Curriculum Group:** COVID-19: Public Training Series
• **Course Learner Group:** COVID-19: Back to Campus (2020-2023)
• **Stage:** Stage 1 - Basic

• **Record ID:** 50373696
• **Completion Date:** 28-Jul-2022
• **Expiration Date:** N/A
• **Minimum Passing:** 100
• **Reported Score*:** 100

REQUIRED AND ELECTIVE MODULES ONLY	DATE COMPLETED	SCORE
COVID-19: An Introduction (ID: 20080)	28-Jul-2022	1/1 (100%)
COVID-19: Prevention Strategies (ID: 20081)	28-Jul-2022	1/1 (100%)
COVID-19: Moving Forward (ID: 20082)	28-Jul-2022	3/3 (100%)

For this Report to be valid, the learner identified above must have had a valid affiliation with the CITI Program subscribing institution identified above or have been a paid Independent Learner.

Verify at: www.citiprogram.org/verify/?k51d49fab-890f-4a62-a334-a9a0164a6357-50373696

Collaborative Institutional Training Initiative (CITI Program)

Email: support@citiprogram.org

Phone: 888-529-5929

Web: <https://www.citiprogram.org>



COLLABORATIVE INSTITUTIONAL TRAINING INITIATIVE (CITI PROGRAM)

COMPLETION REPORT - PART 2 OF 2 COURSEWORK TRANSCRIPT**

** NOTE: Scores on this Transcript Report reflect the most current quiz completions, including quizzes on optional (supplemental) elements of the course. See list below for details. See separate Requirements Report for the reported scores at the time all requirements for the course were met.

• **Name:** Sheilamarie Moreno (ID: 11356011)
• **Institution Affiliation:** Inter American University of Puerto Rico (ID: 1370)
• **Institution Email:** sheilamarie.moreno@upr.edu
• **Institution Unit:** San German Campus
• **Phone:** 7875662241

• **Curriculum Group:** COVID-19: Public Training Series
• **Course Learner Group:** COVID-19: Back to Campus (2020-2023)
• **Stage:** Stage 1 - Basic

• **Record ID:** 50373696
• **Report Date:** 28-Jul-2022
• **Current Score**:** 100

REQUIRED, ELECTIVE, AND SUPPLEMENTAL MODULES	MOST RECENT	SCORE
COVID-19: An Introduction (ID: 20080)	28-Jul-2022	1/1 (100%)
COVID-19: Prevention Strategies (ID: 20081)	28-Jul-2022	1/1 (100%)
COVID-19: Moving Forward (ID: 20082)	28-Jul-2022	3/3 (100%)

For this Report to be valid, the learner identified above must have had a valid affiliation with the CITI Program subscribing institution identified above or have been a paid Independent Learner.

Verify at: www.citiprogram.org/verify/?k51d49fab-890f-4a62-a334-a9a0164a6357-50373696

Collaborative Institutional Training Initiative (CITI Program)

Email: support@citiprogram.org

Phone: 888-529-5929

Web: <https://www.citiprogram.org>



COLLABORATIVE INSTITUTIONAL TRAINING INITIATIVE (CITI PROGRAM)

COMPLETION REPORT - PART 1 OF 2 COURSEWORK REQUIREMENTS*

* NOTE: Scores on this Requirements Report reflect quiz completions at the time all requirements for the course were met. See list below for details. See separate Transcript Report for more recent quiz scores, including those on optional (supplemental) course elements.

• **Name:** Sheilamarie Moreno (ID: 11356011)
• **Institution Affiliation:** Inter American University of Puerto Rico (ID: 1370)
• **Institution Email:** sheilamarie.moreno@upr.edu
• **Institution Unit:** San German Campus
• **Phone:** 7875662241

• **Curriculum Group:** COVID-19: Public Training Series
• **Course Learner Group:** Remote Contact Tracing
• **Stage:** Stage 1 - Basic Course

• **Record ID:** 50373697
• **Completion Date:** 28-Jul-2022
• **Expiration Date:** 28-Jul-2023
• **Minimum Passing:** 80
• **Reported Score*:** 93

REQUIRED AND ELECTIVE MODULES ONLY	DATE COMPLETED	SCORE
Remote Contact Tracing Basics for COVID-19 (ID: 20199)	28-Jul-2022	5/5 (100%)
Investigating and Tracing a Case's Contacts (ID: 20200)	28-Jul-2022	4/5 (80%)
Contact Tracing Ethics and Responsibilities (ID: 20201)	28-Jul-2022	5/5 (100%)

For this Report to be valid, the learner identified above must have had a valid affiliation with the CITI Program subscribing institution identified above or have been a paid Independent Learner.

Verify at: www.citiprogram.org/verify/?k8464a4c9-5fe7-476a-85eb-efb04b22e0a5-50373697

Collaborative Institutional Training Initiative (CITI Program)
Email: support@citiprogram.org
Phone: 888-529-5929
Web: <https://www.citiprogram.org>



COLLABORATIVE INSTITUTIONAL TRAINING INITIATIVE (CITI PROGRAM)

COMPLETION REPORT - PART 2 OF 2

COURSEWORK TRANSCRIPT**

** NOTE: Scores on this Transcript Report reflect the most current quiz completions, including quizzes on optional (supplemental) elements of the course. See list below for details. See separate Requirements Report for the reported scores at the time all requirements for the course were met.

• **Name:** Sheilamarie Moreno (ID: 11356011)
• **Institution Affiliation:** Inter American University of Puerto Rico (ID: 1370)
• **Institution Email:** sheilamarie.moreno@upr.edu
• **Institution Unit:** San German Campus
• **Phone:** 7875662241

• **Curriculum Group:** COVID-19: Public Training Series
• **Course Learner Group:** Remote Contact Tracing
• **Stage:** Stage 1 - Basic Course

• **Record ID:** 50373697
• **Report Date:** 28-Jul-2022
• **Current Score**:** 93

REQUIRED, ELECTIVE, AND SUPPLEMENTAL MODULES	MOST RECENT	SCORE
Remote Contact Tracing Basics for COVID-19 (ID: 20199)	28-Jul-2022	5/5 (100%)
Investigating and Tracing a Case's Contacts (ID: 20200)	28-Jul-2022	4/5 (80%)
Contact Tracing Ethics and Responsibilities (ID: 20201)	28-Jul-2022	5/5 (100%)

For this Report to be valid, the learner identified above must have had a valid affiliation with the CITI Program subscribing Institution identified above or have been a paid Independent Learner.

Verify at: www.citiprogram.org/verify/?k8464a4c9-5fe7-476a-85eb-efb04b22e0a5-50373697

Collaborative Institutional Training Initiative (CITI Program)

Email: support@citiprogram.org

Phone: 888-529-5929

Web: <https://www.citiprogram.org>



COLLABORATIVE INSTITUTIONAL TRAINING INITIATIVE (CITI PROGRAM)

COMPLETION REPORT - PART 1 OF 2 COURSEWORK REQUIREMENTS*

* NOTE: Scores on this [Requirements Report](#) reflect quiz completions at the time all requirements for the course were met. See list below for details. See separate Transcript Report for more recent quiz scores, including those on optional (supplemental) course elements.

• **Name:** Shellamarie Moreno (ID: 11356011)
• **Institution Affiliation:** Inter American University of Puerto Rico (ID: 1370)
• **Institution Email:** shellamarie.moreno@upr.edu
• **Institution Unit:** San German Campus
• **Phone:** 7875662241

• **Curriculum Group:** COVID-19: Public Training Series
• **Course Learner Group:** Participating in Vaccine Research
• **Stage:** Stage 1 - Basic

• **Record ID:** 50373698
• **Completion Date:** 28-Jul-2022
• **Expiration Date:** N/A
• **Minimum Passing:** 100
• **Reported Score*:** 100

REQUIRED AND ELECTIVE MODULES ONLY	DATE COMPLETED	SCORE
Participating in Vaccine Research (ID: 20319)	28-Jul-2022	1/1 (100%)

For this Report to be valid, the learner identified above must have had a valid affiliation with the CITI Program subscribing Institution identified above or have been a paid Independent Learner.

Verify at: www.citiprogram.org/verify/7k338aef24-45ee-4988-b10a-c40ebcd06516-50373698

Collaborative Institutional Training Initiative (CITI Program)

Email: support@citiprogram.org

Phone: 888-529-5929

Web: <https://www.citiprogram.org>



COLLABORATIVE INSTITUTIONAL TRAINING INITIATIVE (CITI PROGRAM)

COMPLETION REPORT - PART 2 OF 2 COURSEWORK TRANSCRIPT**

** NOTE: Scores on this [Transcript Report](#) reflect the most current quiz completions, including quizzes on optional (supplemental) elements of the course. See list below for details. See separate Requirements Report for the reported scores at the time all requirements for the course were met.

• **Name:** Shellamarie Moreno (ID: 11356011)
• **Institution Affiliation:** Inter American University of Puerto Rico (ID: 1370)
• **Institution Email:** shellamarie.moreno@upr.edu
• **Institution Unit:** San German Campus
• **Phone:** 7875662241

• **Curriculum Group:** COVID-19: Public Training Series
• **Course Learner Group:** Participating in Vaccine Research
• **Stage:** Stage 1 - Basic

• **Record ID:** 50373698
• **Report Date:** 28-Jul-2022
• **Current Score**:** 100

REQUIRED, ELECTIVE, AND SUPPLEMENTAL MODULES	MOST RECENT	SCORE
Participating in Vaccine Research (ID: 20319)	28-Jul-2022	1/1 (100%)

For this Report to be valid, the learner identified above must have had a valid affiliation with the CITI Program subscribing institution identified above or have been a paid Independent Learner.

Verify at: www.citiprogram.org/verify/?k338aef24-45ee-4988-b10a-c40ebd06516-50373698

Collaborative Institutional Training Initiative (CITI Program)

Email: support@citiprogram.org

Phone: 888-529-5929

Web: <https://www.citiprogram.org>



COLLABORATIVE INSTITUTIONAL TRAINING INITIATIVE (CITI PROGRAM)

COMPLETION REPORT - PART 1 OF 2 COURSEWORK REQUIREMENTS*

* NOTE: Scores on this Requirements Report reflect quiz completions at the time all requirements for the course were met. See list below for details. See separate Transcript Report for more recent quiz scores, including those on optional (supplemental) course elements.

• **Name:** Sheilamarie Moreno (ID: 11356011)
• **Institution Affiliation:** Inter American University of Puerto Rico (ID: 1370)
• **Institution Email:** sheilamarie.moreno@upr.edu
• **Institution Unit:** San German Campus
• **Phone:** 7875662241

• **Curriculum Group:** COVID-19: Public Training Series
• **Course Learner Group:** COVID-19: Insights for Higher Ed Leaders
• **Stage:** Stage 1 - Basic

• **Record ID:** 50373699
• **Completion Date:** 28-Jul-2022
• **Expiration Date:** N/A
• **Minimum Passing:** 100
• **Reported Score*:** 100

REQUIRED AND ELECTIVE MODULES ONLY

	DATE COMPLETED	SCORE
COVID-19 Strategic Planning: Insights and Advice for 2021 (ID: 20322)	28-Jul-2022	1/1 (100%)
COVID-19 Strategic Planning: Campus Health and Safety Operations (ID: 20323)	28-Jul-2022	1/1 (100%)
COVID-19 Strategic Planning: Restarting and Continuing Research and Lab Operations (ID: 20324)	28-Jul-2022	1/1 (100%)

For this Report to be valid, the learner identified above must have had a valid affiliation with the CITI Program subscribing institution identified above or have been a paid Independent Learner.

Verify at: www.citiprogram.org/verify/?k99c78b65-7928-4cae-987c-696f7ed6652c-50373699

Collaborative Institutional Training Initiative (CITI Program)

Email: support@citiprogram.org

Phone: 888-529-5929

Web: <https://www.citiprogram.org>



COLLABORATIVE INSTITUTIONAL TRAINING INITIATIVE (CITI PROGRAM)
COMPLETION REPORT - PART 2 OF 2
COURSEWORK TRANSCRIPT**

** NOTE: Scores on this Transcript Report reflect the most current quiz completions, including quizzes on optional (supplemental) elements of the course. See list below for details. See separate Requirements Report for the reported scores at the time all requirements for the course were met.

• **Name:** Sheilamarie Moreno (ID: 11356011)
• **Institution Affiliation:** Inter American University of Puerto Rico (ID: 1370)
• **Institution Email:** sheilamarie.moreno@upr.edu
• **Institution Unit:** San German Campus
• **Phone:** 7875662241

• **Curriculum Group:** COVID-19: Public Training Series
• **Course Learner Group:** COVID-19: Insights for Higher Ed Leaders
• **Stage:** Stage 1 - Basic

• **Record ID:** 50373699
• **Report Date:** 28-Jul-2022
• **Current Score**:** 100

REQUIRED, ELECTIVE, AND SUPPLEMENTAL MODULES	MOST RECENT	SCORE
COVID-19 Strategic Planning: Insights and Advice for 2021 (ID: 20322)	28-Jul-2022	1/1 (100%)
COVID-19 Strategic Planning: Campus Health and Safety Operations (ID: 20323)	28-Jul-2022	1/1 (100%)
COVID-19 Strategic Planning: Restarting and Continuing Research and Lab Operations (ID: 20324)	28-Jul-2022	1/1 (100%)

For this Report to be valid, the learner identified above must have had a valid affiliation with the CITI Program subscribing institution identified above or have been a paid Independent Learner.

Verify at: www.citiprogram.org/verify/?k99c78b65-7928-4cae-987c-696f7ed6652c-50373699

Collaborative Institutional Training Initiative (CITI Program)
Email: support@citiprogram.org
Phone: 888-529-5929
Web: <https://www.citiprogram.org>



Approved: January 26, 2024
Expires: January 29, 2025

Apéndice D.

Carta de invitación para estudiante





UNIVERSIDAD INTERAMERICANA DE PUERTO RICO
RECINTO DE SAN GERMÁN
Programa Doctoral en Educación

Invitación / Participación de Estudio

Saludos cordiales.

Mi nombre es Sheilamarie Moreno Orta. Como requisito del Programa Doctoral en Educación en Matemáticas de la Universidad Interamericana de Puerto Rico, Recinto de San Germán, actualmente estoy trabajando en mi disertación doctoral. La investigación que se desea realizar se titula: *Percepción del estudiante de precálculo en las áreas de operaciones y representaciones dentro del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional.*

En esta investigación participarán solo estudiantes de un curso de precálculo de un recinto de la Universidad de Puerto Rico. La misma tiene como propósito determinar la percepción del estudiante de precálculo en las áreas de operaciones y representaciones dentro del concepto de funciones lineales, e identificar si existe relación al utilizar un programado de álgebra computacional.

La participación de los estudiantes del curso de precálculo consistirá en contestar un cuestionario presencial diseñado por el investigador para realizar este estudio. El cuestionario se contestará en un periodo de 10 a 15 minutos aproximadamente. Su participación es voluntaria. Puede decidir no participar en este estudio o interrumpirlo en cualquier momento. Además, tiene la opción de no contestar alguna de las preguntas, si así lo desea. Para entregarle el cuestionario, se requiere que los participantes hayan leído y aceptado el consentimiento informado. En el caso de estudiantes menores de 21 años, se requerirá que el tutor legal acepte consentimiento informado en primer lugar, seguido de la aceptación del asentimiento informado por parte del estudiante.

Agradeceré la colaboración y participación en esta investigación. De tener alguna duda o pregunta en relación con esta investigación o sus derechos como participante puede comunicarse con:

- Sheilamarie Moreno Orta, Investigadora
787-566-2241 / sheilamary91@gmail.com
- Dr. Álvaro Lecompte Montes, Director de Tesis
787-264-1912, ext. 7426 / alecompte@intersg.edu

Cordialmente,

Sheilamarie Moreno Orta

Sheilamarie Moreno Orta
Estudiante-Investigadora

Álvaro Lecompte Montes

Dr. Álvaro Lecompte Montes,
Presidente del Comité de Disertación



Apéndice E.

Carta para padres de estudiantes del estudio





UNIVERSIDAD INTERAMERICANA DE PUERTO RICO
RECINTO DE SAN GERMÁN
Programa Doctoral en Educación

Carta a Padres de Estudiantes del Estudio

Estimados Padres:

Reciban un cordial saludo. Mi nombre es Sheilamarie Moreno Orta. Como requisito del Programa Doctoral en Educación en Matemáticas de la Universidad Interamericana de Puerto Rico, Recinto de San Germán, actualmente estoy trabajando en mi disertación doctoral. La investigación que se desea realizar se titula: *Percepción del estudiante de precálculo en las áreas de operaciones y representaciones dentro del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional*.

En esta investigación participarán solo estudiantes de un curso de precálculo de un recinto de la Universidad de Puerto Rico. La misma tiene como propósito determinar la percepción del estudiante de precálculo en las áreas de operaciones y representaciones dentro del concepto de funciones lineales, e identificar si existe relación al utilizar un programado de álgebra computacional. La participación de los estudiantes del curso de precálculo consistirá en contestar un cuestionario presencial en el salón de clases diseñado por el investigador para realizar este estudio. El cuestionario se contestará en un periodo de 10 a 15 minutos aproximadamente.

El recinto propuesto para la investigación es el Recinto de Humacao de la Universidad de Puerto Rico que estudia su hijo/a. Por tal razón, solicito su autorización y colaboración para que su hijo/a pueda participar de dicha investigación. La participación de su hijo/a es voluntaria, puede decidir no participar en este estudio o interrumpirlo en cualquier momento. Además, tiene la opción de no contestar alguna de las preguntas, si así lo desea. Para entregarle el cuestionario, se requiere que los participantes hayan leído y aceptado el consentimiento informado. En el caso de estudiantes menores de 21 años, se requerirá que el tutor legal acepte consentimiento informado en primer lugar, seguido de la aceptación del asentimiento informado por parte del estudiante.

La identidad de su hijo/a será mantenida en el anonimato en todo momento. Por lo tanto, solicito que lea cuidadosamente el consentimiento informado que se le entregará y firme si autoriza la participación de su hijo/a voluntariamente en esta investigación. Agradeceré la colaboración y participación en esta investigación. De tener alguna duda o pregunta en relación con esta investigación o los derechos como participante de su hijo/a puede comunicarse con:

- Sheilamarie Moreno Orta, Investigadora
787-566-2241 / sheilamary91@gmail.com
- Dr. Álvaro Lecompte Montes, Director de Tesis
787-264-1912, ext. 7426 / alecompte@intersg.edu

Esperando su cooperación al respeto, quedo a sus órdenes.

Cordialmente,

Sheilamarie Moreno Orta

Sheilamarie Moreno Orta
Estudiante-Investigadora

Álvaro Lecompte Montes

Dr. Álvaro Lecompte Montes,
Presidente del Comité de Disertación



Apéndice F.

Carta y consentimiento para profesores colaboradores del estudio





UNIVERSIDAD INTERAMERICANA DE PUERTO RICO
RECINTO DE SAN GERMÁN
Programa Doctoral en Educación

Carta de invitación para el profesor del curso de precálculo del estudio

Estimado Profesor/a:

Reciba un cordial saludo. Mi nombre es Sheilamarie Moreno Orta. Como requisito del Programa Doctoral en Educación en Matemáticas de la Universidad Interamericana de Puerto Rico, Recinto de San Germán, actualmente estoy trabajando en mi disertación doctoral. La investigación que se desea realizar se titula: *Percepción del estudiante de precálculo en las áreas de operaciones y representaciones dentro del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional.*

En esta investigación participarán estudiantes de un curso de precálculo de un recinto de la Universidad de Puerto Rico. La misma tiene como propósito determinar la percepción del estudiante de precálculo en las áreas de operaciones y representaciones del concepto de funciones lineales, e identificar si existe relación al utilizar un programado de álgebra computacional. La participación de los estudiantes del curso de precálculo consistirá en contestar voluntariamente un cuestionario en el salón de clases, diseñado por la investigadora para realizar este estudio. El cuestionario se contesta en un periodo de 10 a 15 minutos aproximadamente.

Uno de los recintos propuestos para la investigación es el Recinto de Humacao de la Universidad de Puerto Rico, en el cual usted es profesor/a. Por tal razón, solicito su autorización para acceder a su sala de clases de precálculo y así invitar a los estudiantes a participar de dicha investigación. Su compromiso consistiría en impartir el curso de precálculo como de costumbre, junto con los programas de álgebra computacional que ya esté utilizando en clase. Como investigadora, necesitaría su colaboración voluntaria para acceder a la clase durante tres días lectivos, dedicando solo 10 a 15 minutos cada vez. La primera será para invitar a los estudiantes y entregar los documentos de consentimiento, asentimiento; la segunda para recogerlos y la tercera para administrar el instrumento, coordinando siempre con anticipación para no interferir con el desarrollo de su curso. Es importante destacar que, durante estos minutos, no debe estar presente en la sala de clases, para que no se malentienda que es algún requisito de la clase y el estudiante se sienta en completa libertad de decidir si acepta o no participar.

Como profesor/a, tiene la opción de aceptar o no aceptar facilitando el acceso a su grupo de estudiantes; su autorización es voluntaria y libre. Su nombre permanecerá anónimo en la investigación. La investigación no es sobre su clase, sino, en abstracto, sobre como se modifica la conceptualización de la materia por los estudiantes al utilizar programas de álgebra computacional. El estudio cuenta con el permiso de las autoridades del Recinto de Humacao.

Por lo tanto, solicito que seleccione con una (X) si acepta o no, y luego firme la segunda hoja de esta carta si autoriza el acceso voluntario y libre para mi investigación en su sala de clases. De tener alguna duda o pregunta en relación con esta investigación puede comunicarse con:

- Sheilamarie Moreno Orta, Investigadora
787-566-2241 / sheilamary91@gmail.com
- Dr. Álvaro Lecompte Montes, Director de Tesis
787-264-1912, ext. 7426 / alecompte@intersg.edu

Esperando su cooperación al respeto, quedo a sus órdenes. Favor devolver estos documentos en o antes de dos semanas.

Cordialmente,

Sheilamarie Moreno Orta
Sheilamarie Moreno Orta
Estudiante-Investigadora

alvaro lcompte
Dr. Álvaro Lecompte Montes,
Presidente del Comité de Disertación



Approved: April 9, 2024
Expires: April 9, 2025



UNIVERSIDAD INTERAMERICANA DE PUERTO RICO

RECINTO DE SAN GERMÁN
Escuela de Estudios Graduados e Investigación
Programa Doctoral en Educación

Hoja de colaboración del profesor/a del precálculo

Acepto a colaborar proporcionando acceso a mi sala de clases.



SI



NO

De responder sí, debe completar la parte de abajo.

Yo, Rafael Gómez Rodríguez profesor/a del recinto de Humacao acepto colaborar proporcionando acceso a mi sala de clases, donde imparto mis cursos de precálculo, a la investigadora Sheilamarie Moreno Orta. Esto implica la invitación a los estudiantes, la obtención de su consentimiento y asentimiento, así como la administración del cuestionario de su estudio a cargo de la investigadora.

Firma del profesor/a:

Fecha:

15 de abril de 2024

Apéndice G.

Hoja de consentimiento informado para participantes del estudio





UNIVERSIDAD INTERAMERICANA DE PUERTO RICO
RECINTO DE SAN GERMÁN
Programa Doctoral en Educación

Criterios de Inclusión / Exclusión del Estudio:

Instrucciones: Lea cuidadosamente los datos generales y marque con una "X" su respuesta.

I. Datos generales

1. Soy estudiante de un curso de precálculo de la Universidad de Puerto Rico.

____ sí

____ no

2. Tiene algún tipo de relación (familia, amistad o profesional) con la investigadora del estudio.

____ sí

____ no



Approved: April 9, 2024
Expires: April 9, 2025



UNIVERSIDAD INTERAMERICANA DE PUERTO RICO
RECINTO DE SAN GERMÁN
Programa Doctoral en Educación

Hoja de consentimiento informado para padres de participantes del estudio:

Título de la Investigación: *Percepción del estudiante de precálculo en las áreas de operaciones y representaciones dentro del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional.*

Nombre del Investigador: Sheilamarie Moreno Orta

Propósito de la Investigación: El objetivo principal de este estudio es determinar la percepción del estudiante de precálculo de las operaciones y representaciones dentro del concepto de funciones lineales, e identificar si existe relación al utilizar un programado de álgebra computacional.

Procedimientos: Le solicitamos que lea cuidadosamente esta hoja de consentimiento informado que se le provee acerca del procedimiento a seguir en la investigación. En esta investigación participarán estudiantes de un curso de precálculo de un recinto de la Universidad de Puerto Rico. La participación de los estudiantes del curso de precálculo consistirá en contestar un cuestionario presencial en su salón de clase diseñado por el investigador para realizar este estudio. En este estudio se administrará un cuestionario relacionado a la percepción de las operaciones y representaciones en el curso de precálculo al utilizar un programado de álgebra computacional. Para la participación de los estudiantes mejores de 21 años el padre o tutor debe consentir primero, luego el estudiante debe llenar una hoja de asentimiento para participar del estudio. No se le entregará el cuestionario a ningún estudiante que su padre o tutor lega no consienta. El mismo consta de tres partes. Responder a estas preguntas le tomará a su hijo/a de 10 a 15 minutos aproximadamente. El responder el cuestionario es anónimo y voluntario.

Riesgos: La participación en este estudio es considerada de mínimo riesgo, ya que las preguntas que comprende el cuestionario son dirigidas a exclusivamente a obtener información educativa. No obstante, un riesgo asociado a este estudio pudiera ser que el estudiante sienta cansancio o incomodidad que produce el tiempo para contestar el cuestionario. Por tanto, si durante el proceso de contestar el cuestionario su hijo/a siente la necesidad de abandonar el estudio, puede hacerlo.

Beneficios: Esta es una investigación con fines educativos, su participación es voluntaria en el mismo y permitirá a los educadores tener una visión más amplia sobre su percepción de las operaciones y representaciones entorno a los conceptos de pendiente y funciones lineales, al utilizar un programado de álgebra computacional en un curso de precálculo. El participante en este estudio se puede beneficiar mediante una reflexión sobre el uso de un programado de álgebra computacional, en el proceso de enseñanza aprendizaje; lo cual le puede dar mayor motivación para continuar su curso y para cursos futuros.



Cláusula de Confidencialidad: Debe saber que la información brindada en el cuestionario será manejada de forma segura, anónima y confidencial. Se mantendrá la confidencialidad de las respuestas que provea y de su identidad, esto significa que su nombre no aparecerá en ninguna parte del cuestionario y no se utiliza en ningún momento información del participante al momento de contestar. La información obtenida no podrá ser asociada en ningún momento con usted y será de carácter confidencial.

Los resultados de esta investigación, que sean publicados, no incluirán ninguna información personal sobre el participante. Por otro lado, usted si está interesado podrá solicitar acceso a los resultados generales del estudio, los cuales serán divulgados y utilizados estrictamente para propósitos educativos exclusivos del investigador.

Compensación: Los participantes no recibirán ningún tipo de compensación monetaria o recompensas por su participación en el estudio.

Voluntariedad: El participante puede abandonar la investigación libremente, sin ser sancionado de ninguna forma en cualquier momento.

Responsabilidades del participante: Yo declaro que he sido informado de la naturaleza y propósito de esta investigación. He leído y entendido la información presentada arriba. Entiendo que las responsabilidades de mi hijo/a como participante son:

- El tutor legal haber leído y llenado la hoja de consentimiento informado para menor de 21 años y entregarla a la investigadora.
- Posteriormente, mi hijo/a llenar la hoja de asentimiento informado y entregarla a la investigadora.
- Contestar las preguntas a mi mejor entender.

Consentimiento informado: Usted entiende en su totalidad la información contenida en este documento y ha sido informado de los riesgos y beneficios de esta investigación. La investigadora de este estudio, Sheilamarie Moreno Orta, el presidente del comité de disertación, el Dr. Álvaro Lecompte Montes, y la Universidad Interamericana de Puerto Rico, Recinto de San German, están disponibles para contestar cualquier pregunta que pueda tener sobre el mismo. Entiende que puede libremente seleccionar que su hijo/a no participe.

De estar de acuerdo, en que su hijo/a participe en esta investigación después de leer esta hoja de consentimiento informado, por favor marque con una "X" deseo o no deseo que mi hijo/a participe voluntariamente en esta investigación; seguido de su firma como tutor legal.

Aceptación del Participante: Certifico que he leído este documento en el que se me explica los procedimientos y condiciones para participar en esta investigación.

***Consentimiento de Participación para estudiante menor de 21 años por padres o tutores legales:**

- ☐ Deseo que mi hijo/a participe voluntariamente en esta investigación
- ☐ No deseo que mi hijo/a participe voluntariamente en esta investigación

Firma del tutor legal

Fecha



Firma del Investigador

Fecha

De tener alguna duda o pregunta en relación con esta investigación o sus derechos como participante puede comunicarse con:

IAUPR Institutional Review Board
PO BOX 363255 SAN JUAN PR 00936-3255
787-766-1912 ext. 2432

De surgir alguna otra duda o pregunta puede comunicase con el investigador en:

Sheilamarie Moreno Orta, Investigadora
787-566-2241 / sheilamary91@gmail.com
Dr. Álvaro Lecompte Montes, Director de Tesis
787-264-1912, ext. 7426 / alecompte@intersg.edu





UNIVERSIDAD INTERAMERICANA DE PUERTO RICO
RECINTO DE SAN GERMÁN
Programa Doctoral en Educación

Hoja de consentimiento informado para participantes del estudio:

Título de la Investigación: *Percepción del estudiante de precálculo en las áreas de operaciones y representaciones dentro del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional.*

Nombre del Investigador: Sheilamarie Moreno Orta

Propósito de la Investigación: El objetivo principal de este estudio es determinar la percepción del estudiante de precálculo de las operaciones y representaciones dentro del concepto de funciones lineales, e identificar si existe relación al utilizar un programado de álgebra computacional.

Procedimientos: Le solicitamos que lea cuidadosamente esta hoja de consentimiento informado que se le provee acerca del procedimiento a seguir en la investigación. En esta investigación participarán estudiantes de un curso de precálculo de un recinto de la Universidad de Puerto Rico. La participación de los estudiantes del curso de precálculo consistirá en contestar un cuestionario presencial en su salón de clase diseñado por el investigador para realizar este estudio. En este estudio se administrará un cuestionario relacionado a la percepción de las operaciones y representaciones en el curso de precálculo al utilizar un programado de álgebra computacional. Seguido a que usted como participante entregue la Hoja de consentimiento si es mayor de 21 años, se le entregará el cuestionario para que lo conteste de acuerdo con su experiencia como estudiante. El mismo consta de tres partes. Responder a estas preguntas le tomará de 10 a 15 minutos aproximadamente. El responder el cuestionario es anónimo y voluntario.

Riesgos: La participación en este estudio es considerada de mínimo riesgo, ya que las preguntas que comprende el cuestionario son dirigidas a exclusivamente a obtener información educativa. No obstante, un riesgo asociado a este estudio pudiera ser que el estudiante sienta cansancio o incomodidad que produce el tiempo para contestar el cuestionario. Por tanto, si durante el proceso de contestar el cuestionario siente la necesidad de abandonar el estudio, puede hacerlo.

Beneficios: Esta es una investigación con fines educativos, su participación es voluntaria en el mismo y permitirá a los educadores tener una visión más amplia sobre su percepción de las operaciones y representaciones entorno a los conceptos de pendiente y funciones lineales, al utilizar un programado de álgebra computacional en un curso de precálculo. El participante en este estudio se puede beneficiar mediante una reflexión sobre el uso de un programado de álgebra computacional, en el proceso de enseñanza aprendizaje; lo cual le puede dar mayor motivación para continuar su curso y para cursos futuros.

Cláusula de Confidencialidad: Debe saber que la información brindada en el cuestionario será manejada de forma segura, anónima y confidencial. Se mantendrá la confi



dad de
Approved: April 9, 2024
Expires: April 9, 2025

las respuestas que provea y de su identidad, esto significa que su nombre no aparecerá en ninguna parte del cuestionario y no se utiliza en ningún momento información del participante al momento de contestar. La información obtenida no podrá ser asociada en ningún momento con usted y será de carácter confidencial.

Los resultados de esta investigación, que sean publicados, no incluirán ninguna información personal sobre el participante. Por otro lado, usted si está interesado podrá solicitar acceso a los resultados generales del estudio, los cuales serán divulgados y utilizados estrictamente para propósitos educativos exclusivos del investigador.

Compensación: Los participantes no recibirán ningún tipo de compensación monetaria o recompensas por su participación en el estudio.

Voluntariedad: El participante puede abandonar la investigación libremente, sin ser sancionado de ninguna forma en cualquier momento.

Responsabilidades del participante: Acepto participar voluntariamente en esta investigación. Yo declaro que he sido informado de la naturaleza y propósito de esta investigación. Además, soy estudiante de un curso de precálculo de un recinto de la Universidad de Puerto Rico. He leído y entendido la información presentada arriba. Entiendo que mis responsabilidades como participante son:

- Haber llenado el consentimiento informado si soy mayor de 21 años.
- Contestar las preguntas a mi mejor entender.

Consentimiento informado: Usted entiende en su totalidad la información contenida en este documento y ha sido informado de los riesgos y beneficios de esta investigación. La investigadora de este estudio, Sheilamarie Moreno Orta, el presidente del comité de disertación, el Dr. Álvaro Lecompte Montes, y la Universidad Interamericana de Puerto Rico, Recinto de San German, están disponibles para contestar cualquier pregunta que pueda tener sobre el mismo. Entiendo que puede libremente seleccionar no participar.

De estar de acuerdo, en participar en esta investigación después de leer esta hoja de consentimiento informado, por favor marque con una "X" deseo o no deseo participar voluntariamente en esta investigación; seguido de su firma en el espacio provisto.

Aceptación del Participante: Certifico que he leído este documento en el que se me explica los procedimientos y condiciones para participar en esta investigación.

***Consentimiento de Participación para estudiante mayor de 21 años:**

- ☐ Deseo participar voluntariamente en esta investigación
- ☐ No deseo participar voluntariamente en esta investigación

Firma del participante mayor de 21 años

Firma del Investigador



Approved: April 9, 2024
Expires: April 9, 2025

De tener alguna duda o pregunta en relación con esta investigación o sus derechos como participante puede comunicarse con:

IAUPR Institutional Review Board
PO BOX 363255 SAN JUAN PR 00936-3255
787-766-1912 ext. 2432

De surgir alguna otra duda o pregunta puede comunicarse con el investigador en:

Sheilamarie Moreno Orta, Investigadora
787-566-2241 / sheilamary91@gmail.com
Dr. Álvaro Lecompte Montes, Director de Tesis
787-264-1912, ext. 7426 / alecompte@intersg.edu



Approved: April 9, 2024
Expires: April 9, 2025

Apéndice H.

Hoja de asentimiento informado para participantes del estudio





UNIVERSIDAD INTERAMERICANA DE PUERTO RICO
RECINTO DE SAN GERMÁN
Programa Doctoral en Educación

Criterios de Inclusión / Exclusión del Estudio:

Instrucciones: Lea cuidadosamente los datos generales y marque con una "X" su respuesta.

I. Datos generales

1. Soy estudiante de un curso de precálculo de la Universidad de Puerto Rico.

____ sí

____ no

2. Tiene algún tipo de relación (familia, amistad o profesional) con la investigadora del estudio.

____ sí

____ no





UNIVERSIDAD INTERAMERICANA DE PUERTO RICO
RECINTO DE SAN GERMÁN
Programa Doctoral en Educación

Hoja de asentimiento informado para participantes del estudio:

Título de la Investigación: *Percepción del estudiante de precálculo en las áreas de operaciones y representaciones dentro del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional.*

Nombre del Investigador: Sheilamarie Moreno Orta

Propósito de la Investigación: El objetivo principal de este estudio es determinar la percepción del estudiante de precálculo de las operaciones y representaciones dentro del concepto de funciones lineales, e identificar si existe relación al utilizar un programado de álgebra computacional.

Procedimientos: Le solicitamos que lea cuidadosamente esta hoja de asentimiento informado que se le provee acerca del procedimiento a seguir en la investigación. En esta investigación participarán estudiantes de un curso de precálculo de un recinto de la Universidad de Puerto Rico. La participación de los estudiantes del curso de precálculo consistirá en contestar un cuestionario presencial en su salón de clase diseñado por el investigador para realizar este estudio. En este estudio se administrará un cuestionario relacionado a la percepción de las operaciones y representaciones en el curso de precálculo al utilizar un programado de álgebra computacional. Seguido a la Hoja de asentimiento informado, encontrará el cuestionario para lo conteste de acuerdo con su experiencia como estudiante. El mismo consta de tres partes. Responder a estas preguntas le tomará de 10 a 15 minutos aproximadamente. El responder el cuestionario es anónimo y voluntario.

Riesgos: La participación en este estudio es considerada de mínimo riesgo, ya que las preguntas que comprende el cuestionario son dirigidas a exclusivamente a obtener información educativa. No obstante, un riesgo asociado a este estudio pudiera ser que el estudiante sienta cansancio o incomodidad que produce el tiempo para contestar el cuestionario. Por tanto, si durante el proceso de contestar el cuestionario usted siente la necesidad de abandonar el estudio, puede hacerlo.

Beneficios: Esta es una investigación con fines educativos, su participación es voluntaria en el mismo y permitirá a los educadores tener una visión más amplia sobre su percepción de las operaciones y representaciones entorno a los conceptos de pendiente y funciones lineales, al utilizar un programado de álgebra computacional en un curso de precálculo.

Cláusula de Confidencialidad: Debe saber que la información brindada en el cuestionario será manejada de forma segura, anónima y confidencial. Se mantendrá la confidencialidad de las respuestas que provea y de su identidad, esto significa que su nombre no aparecerá en ninguna parte del cuestionario y no se utiliza en ningún momento información del participante al momento de contestar. La información obtenida no podrá ser asociada en ningún momento con usted y será de carácter confidencial.



Approved: April 9, 2024
Expires: April 9, 2025

Los resultados de esta investigación, que sean publicados, no incluirán ninguna información personal sobre el participante. Por otro lado, usted si está interesado podrá solicitar acceso a los resultados generales del estudio, los cuales serán divulgados y utilizados estrictamente para propósitos educativos exclusivos del investigador.

Compensación: Los participantes no recibirán ningún tipo de compensación monetaria o recompensas por su participación en el estudio.

Voluntariedad: El participante puede abandonar la investigación libremente, sin ser sancionado de ninguna forma en cualquier momento.

Responsabilidades del participante: Acepto participar voluntariamente en esta investigación. Yo declaro que he sido informado de la naturaleza y propósito de esta investigación. Además, soy estudiante de un curso de precálculo de un recinto de la Universidad de Puerto Rico. He leído y entendido la información presentada arriba. Entiendo que mis responsabilidades como participante son:

- Mi tutor legal haber llenado la hoja de consentimiento y entregada al investigador.
- Haber llenado la hoja de asentimiento informado.
- Contestar las preguntas a mi mejor entender.

Consentimiento informado: Usted entiende en su totalidad la información contenida en este documento y ha sido informado de los riesgos y beneficios de esta investigación. La investigadora de este estudio, Sheilamarie Moreno Orta, el presidente del comité de disertación, el Dr. Álvaro Lecompte Montes, y la Universidad Interamericana de Puerto Rico, Recinto de San German, están disponibles para contestar cualquier pregunta que pueda tener sobre el mismo. Entiende que puede libremente seleccionar no participar.

De estar de acuerdo, en participar en esta investigación después de leer esta hoja de consentimiento informado, por favor marque con una "X" si acepta o no participar, y firme en el espacio designado.

Aceptación del Participante: Certifico que he leído este documento en el que se me explica los procedimientos y condiciones para participar en esta investigación.

***Asentimiento de Participación para estudiante menor de 21 años:**

- ☐ Deseo participar voluntariamente en esta investigación
- ☐ No deseo participar voluntariamente en esta investigación

Firma del participante menor de 21 años

Fecha

Firma del Investigador

Fecha



De tener alguna duda o pregunta en relación con esta investigación o sus derechos como participante puede comunicarse con:

IAUPR Institutional Review Board
PO BOX 363255 SAN JUAN PR 00936-3255
787-766-1912 ext. 2432

De surgir alguna otra duda o pregunta puede comunicase con el investigador en:

Sheilamarie Moreno Orta, Investigadora
787-566-2241 / sheilamary91@gmail.com
Dr. Álvaro Lecompte Montes, Director de Tesis
787-264-1912, ext. 7426 / alecompte@intersg.edu



Apéndice I.

Carta de aprobación de la Junta de Revisión Institucional de la Universidad Interamericana de Puerto Rico para el estudio formal





DATE: April 9, 2024

TO: Sheilamarie Moreno Orta, Doctorado

FROM: IAUPR Institutional Review Board

PROJECT TITLE: [2089404-1] Percepción del estudiante de precálculo en las áreas de operaciones y representaciones dentro del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional

REFERENCE #: SG PHD ED

SUBMISSION TYPE: New Project

ACTION: APPROVED (FORMAL PHASE)

APPROVAL DATE: April 9, 2024

EXPIRATION DATE: April 9, 2025

REVIEW TYPE: Expedited Review

REVIEW CATEGORY: Expedited review category # D 2 (I)

This letter is to inform you that the IAUPR Institutional Review Board has **APPROVED** your **FORMAL PHASE** submission. This approval is based on an appropriate risk/benefit ratio and a project design wherein the risks have been minimized. All research must be conducted in accordance with this approved submission.

This submission has received Expedited Review based on the applicable federal regulation.

The following conditions must be taken into account:

1. Remember that informed consent is a process beginning with a description of the project and insurance of participant understanding followed by a signed consent form. Informed consent must continue throughout the project via a dialogue between the researcher and research participant. **Federal regulations require that each participant receives a copy of the consent document.**
2. Please note that any revisions to previously approved materials must be approved by the IAUPR IRB prior to initiation and human subject's inclusion. Please use the appropriate revision forms for this procedure.*
3. All UNANTICIPATED PROBLEMS involving risks to subjects or SERIOUS and UNEXPECTED adverse events must be reported promptly to this office. Please use the appropriate reporting forms for this procedure. If applicable, all FDA as well as, sponsor reporting requirements should also be followed.
4. All NON-COMPLIANCE issues or COMPLAINTS regarding this project must be reported promptly to this office.*

- 1 -



Approved: April 9, 2024
Expires: April 9, 2025

5. The researcher must submit a report of findings within 30 days after the expiration day of the IRB approval if no continuing review is been requested to further continue the protocol.*
6. This project has been determined to be a MINIMAL RISK project. Based on the risks, this project requires continuing review by this committee on an annual basis. Please use the appropriate forms for this procedure. Your documentation for continuing review must be received with sufficient time for review and continued approval before the expiration date of April 9, 2025.
7. Please note that all research records must be retained for a minimum of three years after the completion of the project.*

If you have any questions, please contact the IAUPR Institutional Review Board at 787-766-1912 exts. 2432 or jri@inter.edu. Please include your project title and reference number in all correspondence with this committee.

Important notices (Spanish):

Revisiones o modificaciones a todo documento o material previamente autorizado por la JRI deberá ser sometido a la Junta para revisión y autorización previo a incluir sujetos humanos o aplicar los procesos a los sujetos humanos.

Cualquier evento adverso o problemas no anticipados deberán ser reportados a la JRI con prontitud.

Será responsabilidad del investigador someter un reporte final de hallazgos dentro de 30 días luego de la fecha de expiración de la autorización del protocolo si no se ha solicitado una revisión de continuación del protocolo a la JRI.

Deberá mantener en archivo todos los documentos relacionados por un periodo de tres años luego de la fecha de expiración del protocolo.

This letter has been electronically signed in accordance with all applicable regulations, and a copy is retained within Inter American University of Puerto Rico's Institutional Review Board records.

Apéndice J.

Solicitud de autorización para el estudio a rector/a





UNIVERSIDAD INTERAMERICANA DE PUERTO RICO
RECINTO DE SAN GERMÁN
Escuela de Estudios Graduados e Investigación
Programa Doctoral en Educación

12 de abril de 2023

Dra. Aida I. Rodríguez Roig, Rectora
Universidad de Puerto Rico en Humacao
Call Box 860
Humacao, PR 00792

Estimada rectora:

Como último requisito académico del Programa Doctoral en Educación en Matemáticas, la que suscribe realizará la investigación *Percepción del estudiante de precálculo en las áreas de operaciones y representaciones dentro del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional*. La misma tiene como propósito determinar cómo los estudiantes de precálculo perciben las operaciones y representaciones en el contexto de las funciones lineales, e identificar si existe relación al utilizar un programado de álgebra computacional.

Solicito su autorización para poder llevar el proceso de investigación en el Recinto que usted dirige, una vez que haya obtenido la debida aprobación por parte la Junta de Revisión Institucional (IRB, por sus siglas en inglés). Para ello, se requerirá la colaboración de un profesor del Departamento de Matemáticas que imparta dos secciones de precálculo I y tenga conocimientos básicos de algún programado de álgebra computacional, el cual ya haya utilizado en el curso. Después de ofrecer la clase con el programado de álgebra computacional, se administrará un cuestionario a los estudiantes de esas dos secciones, el cual será realizado de forma presencial por la investigadora.

Para más información puede comunicarse con esta servidora al número telefónico: (787) 566-2241 o a la dirección electrónica sheilamary91@gmail.com. Agradeceré su atención a esta petición y la colaboración que pueda ofrecer con esta investigación.

Cordialmente,


Sheilamary Moreno Orta
Estudiante-Investigadora


Dr. Álvaro Lecompte Montes,
Presidente del Comité de Disertación



Apéndice K.

Carta de solicitud al panel de expertos





UNIVERSIDAD INTERAMERICANA DE PUERTO RICO
RECINTO DE SAN GERMÁN
Escuela de Estudios Graduados e Investigación
Programa Doctoral en Educación

10 de marzo de 2023

Dr. Santos Lisboa Medina

Estimado doctor Lisboa:

Como último requisito académico del Programa Doctoral en Educación en Matemáticas, la que suscribe realizará la investigación *Percepción del estudiante precálculo en las áreas de operaciones y representaciones dentro del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional*. La misma tiene como propósito determinar la percepción del estudiante de precálculo en las áreas de operaciones y representaciones dentro del concepto de funciones lineales, e identificar si existe relación al utilizar un programado de álgebra computacional.

Someto ante su consideración el documento Hoja de Cotejo para la validación y análisis de reactivos, de manera que pueda recibir de su parte las recomendaciones necesarias para la validación y el análisis de los reactivos del cuestionario a usarse en este estudio. Adjunto encontrará las hojas correspondientes para este propósito.

Para más información puede comunicarse con esta servidora al número telefónico: (787) 566-2241 o a la dirección electrónica sheilamary91@gmail.com. Agradeceré su atención a esta petición y la colaboración que pueda ofrecer con esta investigación.

Cordialmente,

Sheilamarie Moreno Orta

Sheilamarie Moreno Orta
Estudiante-Investigadora

Anexos





UNIVERSIDAD INTERAMERICANA DE PUERTO RICO
RECINTO DE SAN GERMÁN
Escuela de Estudios Graduados e Investigación
Programa Doctoral en Educación

10 de marzo de 2023

Dra. Olgamary Rivera Marrero
Catedrática, Departamento de Ciencias Matemáticas
Universidad de Puerto Rico Recinto de Mayagüez

Estimada doctora Rivera:

Como último requisito académico del Programa Doctoral en Educación en Matemáticas, la que suscribe realizará la investigación *Percepción del estudiante de precálculo en las áreas de operaciones y representaciones dentro del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional*. La misma tiene como propósito determinar la percepción del estudiante de precálculo en las áreas de operaciones y representaciones dentro del concepto de funciones lineales, e identificar si existe relación al utilizar un programado de álgebra computacional.

Someto ante su consideración el documento Hoja de Cotejo para la validación y análisis de reactivos, de manera que pueda recibir de su parte las recomendaciones necesarias para la validación y el análisis de los reactivos del cuestionario a usarse en este estudio. Adjunto encontrará las hojas correspondientes para este propósito.

Para más información puede comunicarse con esta servidora al número telefónico: (787) 566-2241 o a la dirección electrónica sheilamary91@gmail.com. Agradeceré su atención a esta petición y la colaboración que pueda ofrecer con esta investigación.

Cordialmente,


Sheilamarie Moreno Orta
Estudiante-Investigadora

Anexos





UNIVERSIDAD INTERAMERICANA DE PUERTO RICO
RECINTO DE SAN GERMÁN
Escuela de Estudios Graduados e Investigación
Programa Doctoral en Educación

10 de marzo de 2023

Dr. Carlos Rosario Pérez

Estimado doctor Rosario:

Como último requisito académico del Programa Doctoral en Educación en Matemáticas, la que suscribe realizará la investigación *Percepción del estudiante precálculo en las áreas de operaciones y representaciones dentro del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional*. La misma tiene como propósito determinar la percepción del estudiante de precálculo en las áreas de operaciones y representaciones dentro del concepto de funciones lineales, e identificar si existe relación al utilizar un programado de álgebra computacional.

Someto ante su consideración el documento Hoja de Cotejo para la validación y análisis de reactivos, de manera que pueda recibir de su parte las recomendaciones necesarias para la validación y el análisis de los reactivos del cuestionario a usarse en este estudio. Adjunto encontrará las hojas correspondientes para este propósito.

Para más información puede comunicarse con esta servidora al número telefónico: (787) 566-2241 o a la dirección electrónica sheilamary91@gmail.com. Agradeceré su atención a esta petición y la colaboración que pueda ofrecer con esta investigación.

Cordialmente,

Sheilamarie Moreno Orta
Estudiante-Investigadora

Anexos



Apéndice L.

Hoja de cotejo para la validación del cuestionario y análisis de reactivos





UNIVERSIDAD INTERAMERICANA DE PUERTO RICO
RECINTO DE SAN GERMÁN
Escuela de Estudios Graduados e Investigación
Programa Doctoral en Educación

Yo, _____ acepto participar como experto en la validación y el análisis de los reactivos del cuestionario construido por la doctoranda Sheilamarie Moreno Orta, para su disertación doctoral. Autorizo a la Sra. Sheilamarie Moreno Orta a incluir mis datos profesionales indicados más abajo en esta carta, en el documento final de la disertación doctoral.

Nombre del experto: _____

Institución para la cual trabaja: _____

Universidad donde estudió: _____

Preparación Académica: _____

Años de experiencia: _____

Consentimiento para que en la disertación aparezca su nombre e información profesional

☐

SI

☐

NO

Firma del experto: _____

Fecha: _____





UNIVERSIDAD INTERAMERICANA DE PUERTO RICO
RECINTO DE SAN GERMÁN
Escuela de Estudios Graduados e Investigación
Programa Doctoral en Educación

Hoja de cotejo para la validación del cuestionario y análisis de reactivos

Instrucciones: Este documento fue diseñado para cotejar, validar y analizar los reactivos del cuestionario que se utilizará en la investigación *Percepción del estudiante de precálculo en las áreas de operaciones y representaciones dentro del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional*. El mismo está dirigido a estudiantes de un curso de precálculo de un recinto de la Universidad de Puerto Rico.

No obstante, se le provee un resumen de las preguntas del estudio, propósito y diseño. El objetivo de proveerle esta información es brindarles a los expertos mayor conocimiento y comprensión del estudio para facilitar, el analizar y certificar los reactivos del cuestionario construido por el estudiante doctoral.

Pregunta del problema de investigación: ¿Cuál es la percepción del estudiante de precálculo en las áreas de operaciones y representaciones dentro del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional?

Preguntas de la investigación son las siguientes:

1. ¿Cuál es la percepción del estudiante de precálculo al utilizar un programado de álgebra computacional?
2. ¿Cuál es la percepción del estudiante de precálculo en el área de operaciones dentro del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional?
3. ¿Cuál es la percepción del estudiante de precálculo en el área de representaciones dentro del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional?
4. ¿Existe relación en la percepción del estudiante de precálculo al utilizar un programado de álgebra computacional y su percepción en el área de operaciones dentro del concepto de funciones lineales?
5. ¿Existe relación en la percepción del estudiante de precálculo al utilizar un programado de álgebra computacional y su percepción en el área de representaciones dentro del concepto de funciones lineales?

Propósito de la Investigación: El objetivo principal de este estudio es determinar la percepción del estudiante de precálculo de las operaciones y representaciones dentro del concepto de funciones lineales, e identificar si existe relación al utilizar un programado de álgebra computacional.

Diseño de investigación: un diseño no experimental, descriptivo y correlacional, con un enfoque cuantitativo.



Ahora bien, lea cuidadosamente y marque con una “X” indicando si el reactivo **Aplica (A)**, **No Aplica (NA)** o **Necesita Corrección (NC)**. Si su recomendación fuera la que necesita corrección, se le exhorta, que en el espacio provisto para comentarios escriba la forma correcta para dirigir el reactivo.

Cuestionario del estudio:

Parte I. Percepción al utilizar un programado de álgebra computacional

Instrucciones: La escala a utilizar por los estudiantes oscila entre 5 a 1 de acuerdo con los siguientes criterios de la Escala Likert: Completamente en desacuerdo (1), En desacuerdo (2), Ni de acuerdo ni en desacuerdo (3), De acuerdo (4) y Muy de acuerdo (5).

Reactivos	A	NA	NC	Comentarios
1. La utilización del programado de álgebra computacional es una manera divertida de entender el concepto de función lineal.				
2. El uso de un programado de álgebra computacional me permite compartir lo que entiendo de función lineal con mis compañeros.				
3. La utilización del programado de álgebra computacional en el concepto de función lineal resulta efectiva y no consume mucho tiempo.				
4. Al utilizar un programado de álgebra computacional resultó fácil de usar y no necesitó muchas explicaciones del profesor para el concepto de función lineal.				
5. El programado de álgebra computacional es útil para resolver los ejercicios y problemas de función lineal.				
6. Me gustaría utilizar el programado de álgebra computacional en otros temas de precálculo.				

Parte II. Percepción de las operaciones al utilizar un programado de álgebra computacional

Instrucciones: La escala a utilizar por los estudiantes oscila entre 5 a 1 de acuerdo con los siguientes criterios de la Escala Likert: Completamente en desacuerdo (1), En desacuerdo (2), Ni de acuerdo ni en desacuerdo (3), De acuerdo (4) y Muy de acuerdo (5).

Reactivos	A	NA	NC	Comentarios
7. Al utilizar un programado de álgebra computacional puedo entender de forma más efectiva los cálculos de valores de una función lineal.				
8. El manejo de un programado de álgebra computacional me facilita encontrar los ceros y raíces de funciones lineales.				



9. La aplicación de un programado de álgebra computacional me ayuda entender las operaciones del concepto de funciones lineales.				
10. El uso de un programado de álgebra computacional me ayuda a realizar las operaciones de suma, resta, multiplicaciones y división en el concepto de funciones lineales con facilidad.				
11. Con el programado de álgebra computacional puedo calcular con facilidad la pendiente e intercepto de una función lineal.				
12. La utilización de un programado de álgebra computacional ayuda a ver como se resuelve ecuaciones lineales.				

Parte III. Percepción de las representaciones al utilizar un programado de álgebra computacional

Instrucciones: La escala a utilizar por los estudiantes oscila entre 5 a 1 de acuerdo con los siguientes criterios de la Escala Likert: Completamente en desacuerdo (1), En desacuerdo (2), Ni de acuerdo ni en desacuerdo (3), De acuerdo (4) y Muy de acuerdo (5).

Reactivos	A	NA	NC	Comentarios
13. Al utilizar un programado de álgebra computacional puedo entender de forma más efectiva las gráficas en el concepto de funciones lineales.				
14. El manejo de un programado de álgebra computacional en el curso de precálculo me facilita entender la necesidad de la ecuación para definir la función lineal.				
15. La utilización de un programado de álgebra computacional me ayuda entender cuando una tabla de valores es una función lineal.				
16. El uso de un programado de álgebra computacional me ayuda a comprender las representaciones de funciones lineales más fácil.				
17. Con la aplicación de un programado de álgebra computacional puedo entender cuando una función lineal muestra crecimiento más rápido que otra.				
18. Con el programado de álgebra computacional puedo observar mejor cuando una función lineal es constante, creciente o decreciente.				



Apéndice M.

Hoja de validación del cuestionario y análisis de reactivos





UNIVERSIDAD INTERAMERICANA DE PUERTO RICO
RECINTO DE SAN GERMÁN
Escuela de Estudios Graduados e Investigación
Programa Doctoral en Educación

Yo, Dr. Santos Lisboa Medina acepto participar como experto en la validación y el análisis de los reactivos del cuestionario construido por la doctoranda Sheilamarie Moreno Orta, para su disertación doctoral. Autorizo a la Sra. Sheilamarie Moreno Orta a incluir mis datos profesionales indicados más abajo en esta carta, en el documento final de la disertación doctoral.

Nombre del experto: Dr. Santos Lisboa Medina

Institución para la cual trabaja: Retirado

Universidad donde estudió: UIPR Recinto de San Germán

Preparación Académica: Doctorado

Años de experiencia: 30

Consentimiento para que en la disertación aparezca su nombre e información profesional

☒ SI

☐ NO

Firma del experto: 

Fecha: 16 de marzo de 2023





UNIVERSIDAD INTERAMERICANA DE PUERTO RICO
RECINTO DE SAN GERMÁN
Escuela de Estudios Graduados e Investigación
Programa Doctoral en Educación

**DOCUMENTO DE ENDOSO DE EXPERTO
VALIDACIÓN DEL CUESTIONARIO Y ANÁLISIS DE REACTIVOS**

Por la presente yo, Dr. Santos Lisboa Medina certifico que he participado en la Validación y Análisis de los Reactivos del Cuestionario diseñado por la doctoranda Sheilamarie Moreno Orta para su investigación titulada: *Percepción del estudiante de precálculo en las áreas de operaciones y representaciones dentro del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional.*

Preparación académica del experto: Doctorado

Firma del experto: 

Fecha: 16 de marzo de 2023





UNIVERSIDAD INTERAMERICANA DE PUERTO RICO
RECINTO DE SAN GERMÁN
Escuela de Estudios Graduados e Investigación
Programa Doctoral en Educación

Yo, Olgamary Rivera Marrero acepto participar como experto en la validación y el análisis de los reactivos del cuestionario construido por la doctoranda Sheilamarie Moreno Orta, para su disertación doctoral. Autorizo a la Sra. Sheilamarie Moreno Orta a incluir mis datos profesionales indicados más abajo en esta carta, en el documento final de la disertación doctoral.

Nombre del experto: Dra. Olgamary Rivera Marrero

Institución para la cual trabaja: Universidad de Puerto Rico, Recinto de Mayaguez

Universidad donde estudió: Virginia Polytechnic Institute and State University (Virginia Tech)

Preparación Académica: Doctorado en filosofía – Matemáticas con especialidad en Educación Matemáticas

Años de experiencia: 15

Consentimiento para que en la disertación aparezca su nombre e información profesional



SI



NO

Firma del experto: 

Fecha: 20 de marzo del 2023





UNIVERSIDAD INTERAMERICANA DE PUERTO RICO

RECINTO DE SAN GERMÁN

Escuela de Estudios Graduados e Investigación

Programa Doctoral en Educación

**DOCUMENTO DE ENDOSO DE EXPERTO
VALIDACIÓN DEL CUESTIONARIO Y ANÁLISIS DE REACTIVOS**

Por la presente yo, Dra. Olgamary Rivera Marrero certifico que he participado en la Validación y Análisis de los Reactivos del Cuestionario diseñado por la doctoranda Sheilamarie Moreno Orta para su investigación titulada: *Percepción del estudiante de precálculo en las áreas de operaciones y representaciones dentro del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional.*

Preparación académica del experto: Doctorado Filosofía- Matemáticas con especialidad en Educación Matemáticas.

Firma del experto: 

Fecha: 20 de marzo del 2023





UNIVERSIDAD INTERAMERICANA DE PUERTO RICO
RECINTO DE SAN GERMÁN
Escuela de Estudios Graduados e Investigación
Programa Doctoral en Educación

Yo, Carlos R. Rosario Pérez acepto participar como experto en la validación y el análisis de los reactivos del cuestionario construido por la doctoranda Sheilamarie Moreno Orta, para su disertación doctoral. Autorizo a la Sra. Sheilamarie Moreno Orta a incluir mis datos profesionales indicados más abajo en esta carta, en el documento final de la disertación doctoral.

Nombre del experto: Carlos R. Rosario Pérez

Institución para la cual trabaja: Depto. de Educación de P.R.

Universidad donde estudió: UPR-Rum y USAPR (Recinto de San Germán y S.G.)

Preparación Académica: BS- Mate (Ciencia de Comp.) MA Educ Mate EdD. Currículo y Evaluación

Años de experiencia: 27

Consentimiento para que en la disertación aparezca su nombre e información profesional

☒ SI

☐ NO

Firma del experto: [Firma manuscrita]

Fecha: 21 de marzo de 2023





UNIVERSIDAD INTERAMERICANA DE PUERTO RICO
RECINTO DE SAN GERMÁN
Escuela de Estudios Graduados e Investigación
Programa Doctoral en Educación

**DOCUMENTO DE ENDOSO DE EXPERTO
VALIDACIÓN DEL CUESTIONARIO Y ANÁLISIS DE REACTIVOS**

Por la presente yo, Dr. Carlo Z. Rosales Pérez certifico que he participado en la Validación y Análisis de los Reactivos del Cuestionario diseñado por la doctoranda Sheilamarie Moreno Orta para su investigación titulada: *Percepción del estudiante de precálculo en las áreas de operaciones y representaciones dentro del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional.*

Preparación académica del experto: Doctorado en educación (Currículo, Enseñanza)

Firma del experto: 

Fecha: 21 de marzo de 2023



Apéndice N.

Carta de aprobación de la Junta de Revisión Institucional de la Universidad Interamericana de Puerto Rico para el estudio piloto





DATE: January 29, 2024

TO: Sheilamarie Moreno Orta, Doctorado
FROM: IAUPR Institutional Review Board

PROJECT TITLE: [2089404-1] Percepción del estudiante de
precálculo en las áreas de operaciones y
representaciones dentro del concepto de funciones
lineales al utilizar un programado de álgebra
computacional

REFERENCE #: SG PHD ED
SUBMISSION TYPE: New Project

ACTION: APPROVED WITH CONDITIONS (PILOT PHASE
ONLY)

APPROVAL DATE: January 26, 2024
EXPIRATION DATE: January 29, 2025
REVIEW TYPE: Expedited Review

REVIEW CATEGORY: Expedited review category # D 2 (I)

This letter is to inform you that the IAUPR Institutional Review Board has **APPROVED** your **PILOT PHASE ONLY** submission. This approval is based on an appropriate risk/benefit ratio and a project design wherein the risks have been minimized. All research must be conducted in accordance with this approved submission.

This submission has received Expedited Review based on the applicable federal regulation.

The following conditions must be taken into account:

1. Remember that informed consent is a process beginning with a description of the project and insurance of participant understanding followed by a signed consent form. Informed consent must continue throughout the project via a dialogue between the researcher and research participant. **Federal regulations require that each participant receives a copy of the consent document.**
2. Please note that any revisions to previously approved materials must be approved by the IAUPR IRB prior to initiation and human subject's inclusion. Please use the appropriate revision forms for this procedure.*
3. Submit a report of findings describing the results of the pilot phase. Use the pilot phase report form on IRB NET. If there were changes as a result of the pilot phase, all documents and procedures that changed must be included for IRB review and approval prior to continuing to the formal phase.



4. If there were no changes the researcher must wait for the IRB approval to continue to the formal phase. NO prior contact with participants from the formal phase must be made prior to receiving the IRB approval.
5. All UNANTICIPATED PROBLEMS involving risks to subjects or SERIOUS and UNEXPECTED adverse events must be reported promptly to this office. Please use the appropriate reporting forms for this procedure. If applicable, all FDA as well as, sponsor reporting requirements should also be followed.
6. All NON-COMPLIANCE issues or COMPLAINTS regarding this project must be reported promptly to this office.*
7. The researcher must submit a report of findings within 30 days after the expiration day of the IRB approval if no continuing review is been requested to further continue the protocol.*
8. This project has been determined to be a MINIMAL RISK project. Based on the risks, this project requires continuing review by this committee on an annual basis. Please use the appropriate forms for this procedure. Your documentation for continuing review must be received with sufficient time for review and continued approval before the expiration date of January 29, 2025.
9. Please note that all research records must be retained for a minimum of three years after the completion of the project.*

If you have any questions, please contact the IAUPR Institutional Review Board at 787-766-1912 exts. 2432 or jri@inter.edu. Please include your project title and reference number in all correspondence with this committee.

Important notices (Spanish):

Revisiones o modificaciones a todo documento o material previamente autorizado por la JRI deberá ser sometido a la Junta para revisión y autorización previo a incluir sujetos humanos o aplicar los procesos a los sujetos humanos.

Cualquier evento adverso o problemas no anticipados deberán ser reportados a la JRI con prontitud.

Será responsabilidad del investigador someter un reporte final de hallazgos dentro de 30 días luego de la fecha de expiración de la autorización del protocolo si no se ha solicitado una revisión de continuación del protocolo a la JRI.

Deberá mantener en archivo todos los documentos relacionados por un periodo de tres años luego de la fecha de expiración del protocolo.

This letter has been electronically signed in accordance with all applicable regulations, and a copy is retained within Inter American University of Puerto Rico's Institutional Review Board records.

Apéndice O.

Carta para rector/a del estudio piloto





UNIVERSIDAD INTERAMERICANA DE PUERTO RICO
RECINTO DE SAN GERMÁN
Escuela de Estudios Graduados e Investigación
Programa Doctoral en Educación

10 de abril de 2023

Dr. Carlos A. Andújar Rojas, Rector
Universidad de Puerto Rico en Arecibo
PO BOX 4010
Arecibo, PR 00614

Estimado rector:

Como último requisito académico del Programa Doctoral en Educación en Matemáticas, la que suscribe realizará la investigación *Percepción del estudiante de precálculo en las áreas de operaciones y representaciones dentro del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional*. La misma tiene como propósito determinar cómo los estudiantes de precálculo perciben las operaciones y representaciones en el contexto de las funciones lineales, e identificar si existe relación al utilizar un programado de álgebra computacional.

No obstante, antes de llevar a cabo la investigación, es necesario realizar un estudio piloto para evaluar la confiabilidad del instrumento. Para ello, se requerirá la colaboración de un profesor del Departamento de Matemáticas que imparta una sección de precálculo I y tenga conocimientos básicos de algún programado de álgebra computacional, el cual ya haya utilizado en el curso. Después de ofrecer la clase con el programado de álgebra computacional, se administrará un cuestionario a los estudiantes de esa sección, el cual será realizado de forma presencial por la investigadora.

Por tal motivo, solicito su autorización para poder llevar a cabo este proceso en el Recinto que usted dirige, una vez que haya obtenido la debida aprobación por parte la Junta de Revisión Institucional (IRB, por sus siglas en inglés).

Para más información puede comunicarse con esta servidora al número telefónico: (787) 566-2241 o a la dirección electrónica sheilamary91@gmail.com. Agradeceré su atención a esta petición y la colaboración que pueda ofrecer con esta investigación.

Cordialmente,

Sheilamaria Moreno Orta

Sheilamaria Moreno Orta
Estudiante-Investigadora

Álvaro Lecompte Montes

Dr. Álvaro Lecompte Montes,
Presidente del Comité de Disertación



Apéndice P.

Carta de autorización para realizar estudio piloto





**UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO
EN ARECIBO**

Rectoría

P.O. Box 4010 Arecibo, Puerto Rico 00614-4010
✉ rectoria.arecibo@upr.edu
☎ (787) 815 0000 exts. 1000 / 1004
🌐 www.upra.edu

19 de mayo de 2023

Sra. Sheilamarie Moreno Orta, Estudiante Doctoral
Universidad Interamericana de Puerto Rico
Recinto de San Germán
Escuela de Estudios Graduados e Investigación
Programa Doctoral en Educación

Estimada señora Moreno Orta:

Reciba un cordial saludo. Hemos recibido su correo en el que solicita autorización para realizar una investigación sobre la *Percepción del estudiante de precálculo en las áreas de operaciones y representaciones dentro del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional*, como parte de los requisitos para obtener su grado doctoral.

La Universidad de Puerto Rico en Arecibo está en la mejor disposición de colaborar con su trabajo de investigación y autoriza el curso de la misma, luego de ser evaluada y recomendada por el Comité Institucional para la Protección de los Participantes en las Investigaciones (CIPPI). Los documentos relacionados a su investigación, incluyendo la solicitud de autorización, la hoja de consentimiento y el instrumento de evaluación, entre otros deben ser sometidos al CIPPI. El instrumento de investigación provisto será el *CUESTIONARIO PILOTO: Percepción del estudiante de precálculo en las áreas de operaciones y representaciones dentro del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional (Moreno-Orta, 2023)* el cual será administrado a estudiantes del curso de precálculo, del departamento de Matemáticas de nuestra Institución. La participación de los estudiantes será libre, voluntaria y confidencial. Al concluir la investigación estamos interesados en recibir una copia de los resultados y de las recomendaciones.

Le deseo éxito en su investigación y en proyectos futuros. Para su conveniencia, puede comunicarse con el CIPPI al teléfono (787) 815-0000, extensiones 1040/1041 o a cic.upra@upr.edu.

Cordialmente,


Dr. Carlos A. Andujar Rojas
Rector

krc

c Centro de Investigación y Creación
Prof. Julio Berra Pérez, Director Interino, Departamento de Matemáticas

"Patrono con igual oportunidad de empleo"



Apéndice Q.

**Carta de aprobación de la Junta de Revisión Institucional del
Recinto de Arecibo de la Universidad de Puerto Rico para el estudio piloto**



AUTORIZACIÓN DE PROTOCOLO DE INVESTIGACIÓN

Número de solicitud: 2023-2024-6

Título del protocolo : Percepción del estudiante de precálculo en las áreas de operaciones y representaciones dentro del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional.

Investigador(a) principal: Sheilamarie Moreno Orta

Tipo de revisión: ☒ Inicial ☐ Renovación ☐ Modificación

Fecha de autorización: February 23, 2024

Esta autorización expira el 23 de February de 2025.

Si la investigación no concluye para esta fecha, tendrá que solicitar la renovación de la autorización, de acuerdo al tipo de revisión que le corresponda. Cualquier modificación posterior a esta autorización, requerirá la consideración y reautorización del CIPPI. Además, debe notificar cualquier incidente adverso o no anticipado que implique a los sujetos o participantes. Al finalizar la investigación, envíe el formulario de Notificación de Terminación de Protocolo a la oficina del CIC.

cic.upra@upr.edu

Kevin Kelly, Ph.D.

Presidente, CIPPI

"Patrono con igual oportunidad de empleo"

Apéndice R.

Carta de invitación para estudiante del estudio piloto





UNIVERSIDAD INTERAMERICANA DE PUERTO RICO
RECINTO DE SAN GERMÁN
Programa Doctoral en Educación

Invitación / Participación de Estudio Piloto

Saludos cordiales.

Mi nombre es Sheilamarie Moreno Orta. Como requisito del Programa Doctoral en Educación en Matemáticas de la Universidad Interamericana de Puerto Rico, Recinto de San Germán, actualmente estoy trabajando en mi disertación doctoral. La investigación que se desea realizar se titula: *Percepción del estudiante de precálculo en las áreas de operaciones y representaciones dentro del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional.*

En esta investigación participarán solo estudiantes de un curso de precálculo de un recinto de la Universidad de Puerto Rico. La misma tiene como propósito determinar la percepción del estudiante de precálculo en las áreas de operaciones y representaciones dentro del concepto de funciones lineales, e identificar si existe relación al utilizar un programado de álgebra computacional.

La participación de los estudiantes del curso de precálculo consistirá en contestar un cuestionario presencial diseñado por el investigador para realizar este estudio. El cuestionario se contestará en un periodo de 10 a 15 minutos aproximadamente. Su participación es voluntaria. Puede decidir no participar en este estudio o interrumpirlo en cualquier momento. Además, tiene la opción de no contestar alguna de las preguntas, si así lo desea. Para entregarle el cuestionario, se requiere que los participantes hayan leído y aceptado el consentimiento informado. En el caso de estudiantes menores de 21 años, se requerirá que el tutor legal acepte consentimiento informado en primer lugar, seguido de la aceptación del asentimiento informado por parte del estudiante.

Agradeceré la colaboración y participación en esta investigación. De tener alguna duda o pregunta en relación con esta investigación o sus derechos como participante puede comunicarse con:

- Sheilamarie Moreno Orta, Investigadora
787-566-2241 / sheilamary91@gmail.com
- Dr. Álvaro Lecompte Montes, Director de Tesis
787-264-1912, ext. 7426 / alecompte@intersg.edu

Cordialmente,

Sheilamarie Moreno Orta
Sheilamarie Moreno Orta
Estudiante-Investigadora

Álvaro Lecompte Montes
Dr. Álvaro Lecompte Montes,
Presidente del Comité de Disertación



Apéndice S.

Carta para padres de estudiantes del estudio piloto





UNIVERSIDAD INTERAMERICANA DE PUERTO RICO
RECINTO DE SAN GERMÁN
Programa Doctoral en Educación

Carta a Padres de Estudiantes del Estudio Piloto

Estimados Padres:

Reciban un cordial saludo. Mi nombre es Sheilamarie Moreno Orta. Como requisito del Programa Doctoral en Educación en Matemáticas de la Universidad Interamericana de Puerto Rico, Recinto de San Germán, actualmente estoy trabajando en mi disertación doctoral. La investigación que se desea realizar se titula: *Percepción del estudiante de precálculo en las áreas de operaciones y representaciones dentro del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional.*

En esta investigación participarán solo estudiantes de un curso de precálculo de un recinto de la Universidad de Puerto Rico. La misma tiene como propósito determinar la percepción del estudiante de precálculo en las áreas de operaciones y representaciones dentro del concepto de funciones lineales, e identificar si existe relación al utilizar un programado de álgebra computacional. La participación de los estudiantes del curso de precálculo consistirá en contestar un cuestionario presencial en el salón de clases diseñado por el investigador para realizar este estudio. El cuestionario se contestará en un periodo de 10 a 15 minutos aproximadamente.

El recinto propuesto para la investigación es el Recinto de Arecibo de la Universidad de Puerto Rico que estudia su hijo/a. Por tal razón, solicito su autorización y colaboración para que su hijo/a pueda participar de dicha investigación. La participación de su hijo/a es voluntaria, puede decidir no participar en este estudio o interrumpirlo en cualquier momento. Además, tiene la opción de no contestar alguna de las preguntas, si así lo desea. Para entregarle el cuestionario, se requiere que los participantes hayan leído y aceptado el consentimiento informado. En el caso de estudiantes menores de 21 años, se requerirá que el tutor legal acepte consentimiento informado en primer lugar, seguido de la aceptación del asentimiento informado por parte del estudiante.

La identidad de su hijo/a será mantenida en el anonimato en todo momento. Por lo tanto, solicito que lea cuidadosamente el consentimiento informado que se le entregará y firme si autoriza la participación de su hijo/a voluntariamente en esta investigación. Agradeceré la colaboración y participación en esta investigación. De tener alguna duda o pregunta en relación con esta investigación o los derechos como participante de su hijo/a puede comunicarse con:

- Sheilamarie Moreno Orta, Investigadora
787-566-2241 / sheilamary91@gmail.com
- Dr. Álvaro Lecompte Montes, Director de Tesis
787-264-1912, ext. 7426 / alecompte@intersg.edu

Esperando su cooperación al respeto, quedo a sus órdenes.

Cordialmente,

Sheilamarie Moreno Orta

Sheilamarie Moreno Orta
Estudiante-Investigadora

Álvaro Lecompte Montes

Dr. Álvaro Lecompte Montes,
Presidente del Comité de Disertación



Apéndice T.

Carta para profesores colaboradores del estudio piloto





UNIVERSIDAD INTERAMERICANA DE PUERTO RICO
RECINTO DE SAN GERMÁN
Programa Doctoral en Educación

Carta de invitación para el profesor del curso de precálculo del estudio piloto

Estimado Profesor/a:

Reciba un cordial saludo. Mi nombre es Sheilamarie Moreno Orta. Como requisito del Programa Doctoral en Educación en Matemáticas de la Universidad Interamericana de Puerto Rico, Recinto de San Germán, actualmente estoy trabajando en mi disertación doctoral. La investigación que se desea realizar se titula: *Percepción del estudiante de precálculo en las áreas de operaciones y representaciones dentro del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional.*

En esta investigación participarán estudiantes de un curso de precálculo de un recinto de la Universidad de Puerto Rico. La misma tiene como propósito determinar la percepción del estudiante de precálculo en las áreas de operaciones y representaciones del concepto de funciones lineales, e identificar si existe relación al utilizar un programado de álgebra computacional. La participación de los estudiantes del curso de precálculo consistirá en contestar voluntariamente un cuestionario en el salón de clases, diseñado por la investigadora para realizar este estudio. El cuestionario se contesta en un periodo de 10 a 15 minutos aproximadamente.

Uno de los recintos propuestos para la investigación del estudio piloto es el Recinto de Arecibo de la Universidad de Puerto Rico, en el cual usted es profesor/a. Por tal razón, solicito su autorización para acceder a su sala de clases de precálculo y así invitar a los estudiantes a participar de dicha investigación. Su compromiso consistiría en impartir el curso de precálculo como de costumbre, junto con los programas de álgebra computacional que ya esté utilizando en clase. Como investigadora, necesitaría su colaboración voluntaria para acceder a la clase durante tres días lectivos, dedicando solo 10 a 15 minutos cada vez. La primera será para invitar a los estudiantes y entregar los documentos de consentimiento, asentimiento; la segunda para recogerlos y la tercera para administrar el instrumento, coordinando siempre con anticipación para no interferir con el desarrollo de su curso. Es importante destacar que, durante estos minutos, no debe estar presente en la sala de clases, para que no se malentienda que es algún requisito de la clase y el estudiante se sienta en completa libertad de decidir si acepta o no participar.

Como profesor/a, tiene la opción de aceptar o no aceptar facilitando el acceso a su grupo de estudiantes; su autorización es voluntaria y libre. Su nombre permanecerá anónimo en la investigación. La investigación no es sobre su clase, sino, en abstracto, sobre como se modifica la conceptualización de la materia por los estudiantes al utilizar programas de álgebra computacional. El estudio cuenta con el permiso de las autoridades del Recinto de Arecibo.

Por lo tanto, solicito que seleccione con una (X) si acepta o no, y luego firme la segunda hoja de esta carta si autoriza el acceso voluntario y libre para mi investigación en su sala de clases. De tener alguna duda o pregunta en relación con esta investigación puede comunicarse con:

- Sheilamarie Moreno Orta, Investigadora
787-566-2241 / sheilamary91@gmail.com
- Dr. Álvaro Lecompte Montes, Director de Tesis
787-264-1912, ext. 7426 / alecompte@interg.edu

Esperando su cooperación al respeto, quedo a sus órdenes. Favor devolver estos documentos en o antes de dos semanas.

Cordialmente,

Sheilamarie Moreno Orta
Sheilamarie Moreno Orta
Estudiante-Investigadora

alvaro lcompte
Dr. Álvaro Lecompte Montes,
Presidente del Comité de Disertación



Approved: January 26, 2024
Expires: January 29, 2025



UNIVERSIDAD INTERAMERICANA DE PUERTO RICO

RECINTO DE SAN GERMÁN
Escuela de Estudios Graduados e Investigación
Programa Doctoral en Educación

Hoja de colaboración del profesor/a del precálculo

Acepto a colaborar proporcionando acceso a mi sala de clases.

☒ SI

☐ NO

De responder sí, debe completar la parte de abajo.

Yo, Daniel M Rocha Clavijo profesor/a del recinto de Arecibo acepto colaborar proporcionando acceso a mi sala de clases, donde imparto mis cursos de precálculo, a la investigadora Sheilamarie Moreno Orta. Esto implica la invitación a los estudiantes, la obtención de su consentimiento y asentimiento, así como la administración del cuestionario de su estudio a cargo de la investigadora.

Daniel Rocha

Firma del profesor/a: _____

Fecha: 11 mar 2024

Apéndice U.

Hoja de consentimiento informado para participantes del estudio piloto





UNIVERSIDAD INTERAMERICANA DE PUERTO RICO
RECINTO DE SAN GERMÁN
Programa Doctoral en Educación

Criterios de Inclusión / Exclusión del Estudio Piloto:

Instrucciones: Lea cuidadosamente los datos generales y marque con una "X" su respuesta.

I. Datos generales

1. Soy estudiante de un curso de precálculo de la Universidad de Puerto Rico.

___ sí

___ no

2. Tiene algún tipo de relación (familia, amistad o profesional) con la investigadora del estudio.

___ sí

___ no





UNIVERSIDAD INTERAMERICANA DE PUERTO RICO
RECINTO DE SAN GERMÁN
Programa Doctoral en Educación

Hoja de consentimiento informado para padres de participantes del estudio piloto:

Titulo de la Investigación: *Percepción del estudiante de precálculo en las áreas de operaciones y representaciones dentro del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional.*

Nombre del Investigador: Sheilamarie Moreno Orta

Propósito de la Investigación: El objetivo principal de este estudio es determinar la percepción del estudiante de precálculo de las operaciones y representaciones dentro del concepto de funciones lineales, e identificar si existe relación al utilizar un programado de álgebra computacional.

Procedimientos: Le solicitamos que lea cuidadosamente esta hoja de consentimiento informado que se le provee acerca del procedimiento a seguir en la investigación. En esta investigación participarán estudiantes de un curso de precálculo de un recinto de la Universidad de Puerto Rico. La participación de los estudiantes del curso de precálculo consistirá en contestar un cuestionario presencial en su salón de clase diseñado por el investigador para realizar este estudio. En este estudio se administrará un cuestionario relacionado a la percepción de las operaciones y representaciones en el curso de precálculo al utilizar un programado de álgebra computacional. Para la participación de los estudiantes mejores de 21 años el padre o tutor debe consentir primero, luego el estudiante debe llenar una hoja de asentimiento para participar del estudio. No se le entregará el cuestionario a ningún estudiante que su padre o tutor lega no consienta. El mismo consta de tres partes. Responder a estas preguntas le tomará a su hijo/a de 10 a 15 minutos aproximadamente. El responder el cuestionario es anónimo y voluntario.

Riesgos: La participación en este estudio es considerada de mínimo riesgo, ya que las preguntas que comprende el cuestionario son dirigidas a exclusivamente a obtener información educativa. No obstante, un riesgo asociado a este estudio pudiera ser que el estudiante sienta cansancio o incomodidad que produce el tiempo para contestar el cuestionario. Por tanto, si durante el proceso de contestar el cuestionario su hijo/a siente la necesidad de abandonar el estudio, puede hacerlo.

Beneficios: Esta es una investigación con fines educativos, su participación es voluntaria en el mismo y permitirá a los educadores tener una visión más amplia sobre su percepción de las operaciones y representaciones entorno a los conceptos de pendiente y funciones lineales, al utilizar un programado de álgebra computacional en un curso de precálculo. El participante en este estudio se puede beneficiar mediante una reflexión sobre el uso de un programado de álgebra computacional, en el proceso de enseñanza aprendizaje; lo cual le puede dar mayor motivación para continuar su curso y para cursos futuros.



Approved: January 26, 2024
Expires: January 29, 2025

Cláusula de Confidencialidad: Debe saber que la información brindada en el cuestionario será manejada de forma segura, anónima y confidencial. Se mantendrá la confidencialidad de las respuestas que provea y de su identidad, esto significa que su nombre no aparecerá en ninguna parte del cuestionario y no se utiliza en ningún momento información del participante al momento de contestar. La información obtenida no podrá ser asociada en ningún momento con usted y será de carácter confidencial.

Los resultados de esta investigación, que sean publicados, no incluirán ninguna información personal sobre el participante. Por otro lado, usted si está interesado podrá solicitar acceso a los resultados generales del estudio, los cuales serán divulgados y utilizados estrictamente para propósitos educativos exclusivos del investigador.

Compensación: Los participantes no recibirán ningún tipo de compensación monetaria o recompensas por su participación en el estudio.

Voluntariedad: El participante puede abandonar la investigación libremente, sin ser sancionado de ninguna forma en cualquier momento.

Responsabilidades del participante: Yo declaro que he sido informado de la naturaleza y propósito de esta investigación. He leído y entendido la información presentada arriba. Entiendo que las responsabilidades de mi hijo/a como participante son:

- El tutor legal haber leído y llenado la hoja de consentimiento informado para menor de 21 años y entregarla a la investigadora.
- Posteriormente, mi hijo/a llenar la hoja de asentimiento informado y entregarla a la investigadora.
- Contestar las preguntas a mi mejor entender.

Consentimiento informado: Usted entiende en su totalidad la información contenida en este documento y ha sido informado de los riesgos y beneficios de esta investigación. La investigadora de este estudio, Sheilamarie Moreno Orta, el presidente del comité de disertación, el Dr. Álvaro Lecompte Montes, y la Universidad Interamericana de Puerto Rico, Recinto de San German, están disponibles para contestar cualquier pregunta que pueda tener sobre el mismo. Entiende que puede libremente seleccionar que su hijo/a no participe.

De estar de acuerdo, en que su hijo/a participe en esta investigación después de leer esta hoja de consentimiento informado, por favor marque con una "X" deseo o no deseo que mi hijo/a participe voluntariamente en esta investigación; seguido de su firma como tutor legal.

Aceptación del Participante: Certifico que he leído este documento en el que se me explica los procedimientos y condiciones para participar en esta investigación.

***Consentimiento de Participación para estudiante menor de 21 años por padres o tutores legales:**

- ☐ Deseo que mi hijo/a participe voluntariamente en esta investigación
- ☐ No deseo que mi hijo/a participe voluntariamente en esta investigación

Firma del tutor legal

Fecha



Approved: January 26, 2024
Expires: January 29, 2025

Firma del Investigador

Fecha

De tener alguna duda o pregunta en relación con esta investigación o sus derechos como participante puede comunicarse con:

IAUPR Institutional Review Board
PO BOX 363255 SAN JUAN PR 00936-3255
787-766-1912 ext. 2432

De surgir alguna otra duda o pregunta puede comunicase con el investigador en:

Sheilamarie Moreno Orta, Investigadora
787-566-2241 / sheilamary91@gmail.com
Dr. Álvaro Lecompte Montes, Director de Tesis
787-264-1912, ext. 7426 / alecompte@intersg.edu



Approved: January 26, 2024
Expires: January 29, 2025



UNIVERSIDAD INTERAMERICANA DE PUERTO RICO
RECINTO DE SAN GERMÁN
Programa Doctoral en Educación

Hoja de consentimiento informado para participantes del estudio piloto:

Título de la Investigación: *Percepción del estudiante de precálculo en las áreas de operaciones y representaciones dentro del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional.*

Nombre del Investigador: Sheilamarie Moreno Orta

Propósito de la Investigación: El objetivo principal de este estudio es determinar la percepción del estudiante de precálculo de las operaciones y representaciones dentro del concepto de funciones lineales, e identificar si existe relación al utilizar un programado de álgebra computacional.

Procedimientos: Le solicitamos que lea cuidadosamente esta hoja de consentimiento informado que se le provee acerca del procedimiento a seguir en la investigación. En esta investigación participarán estudiantes de un curso de precálculo de un recinto de la Universidad de Puerto Rico. La participación de los estudiantes del curso de precálculo consistirá en contestar un cuestionario presencial en su salón de clase diseñado por el investigador para realizar este estudio. En este estudio se administrará un cuestionario relacionado a la percepción de las operaciones y representaciones en el curso de precálculo al utilizar un programado de álgebra computacional. Seguido a que usted como participante entregue la Hoja de consentimiento si es mayor de 21 años, se le entregará el cuestionario para que lo conteste de acuerdo con su experiencia como estudiante. El mismo consta de tres partes. Responder a estas preguntas le tomará de 10 a 15 minutos aproximadamente. El responder el cuestionario es anónimo y voluntario.

Riesgos: La participación en este estudio es considerada de mínimo riesgo, ya que las preguntas que comprende el cuestionario son dirigidas a exclusivamente a obtener información educativa. No obstante, un riesgo asociado a este estudio pudiera ser que el estudiante sienta cansancio o incomodidad que produce el tiempo para contestar el cuestionario. Por tanto, si durante el proceso de contestar el cuestionario siente la necesidad de abandonar el estudio, puede hacerlo.

Beneficios: Esta es una investigación con fines educativos, su participación es voluntaria en el mismo y permitirá a los educadores tener una visión más amplia sobre su percepción de las operaciones y representaciones entorno a los conceptos de pendiente y funciones lineales, al utilizar un programado de álgebra computacional en un curso de precálculo. El participante en este estudio se puede beneficiar mediante una reflexión sobre el uso de un programado de álgebra computacional, en el proceso de enseñanza aprendizaje; lo cual le puede dar mayor motivación para continuar su curso y para cursos futuros.

Cláusula de Confidencialidad: Debe saber que la información brindada en el cuestionario será manejada de forma segura, anónima y confidencial. Se mantendrá la confi-



dad de
Approved: January 26, 2024
Expires: January 29, 2025

las respuestas que provea y de su identidad, esto significa que su nombre no aparecerá en ninguna parte del cuestionario y no se utiliza en ningún momento información del participante al momento de contestar. La información obtenida no podrá ser asociada en ningún momento con usted y será de carácter confidencial.

Los resultados de esta investigación, que sean publicados, no incluirán ninguna información personal sobre el participante. Por otro lado, usted si está interesado podrá solicitar acceso a los resultados generales del estudio, los cuales serán divulgados y utilizados estrictamente para propósitos educativos exclusivos del investigador.

Compensación: Los participantes no recibirán ningún tipo de compensación monetaria o recompensas por su participación en el estudio.

Voluntariedad: El participante puede abandonar la investigación libremente, sin ser sancionado de ninguna forma en cualquier momento.

Responsabilidades del participante: Acepto participar voluntariamente en esta investigación. Yo declaro que he sido informado de la naturaleza y propósito de esta investigación. Además, soy estudiante de un curso de precálculo de un recinto de la Universidad de Puerto Rico. He leído y entendido la información presentada arriba. Entiendo que mis responsabilidades como participante son:

- Haber llenado el consentimiento informado si soy mayor de 21 años.
- Contestar las preguntas a mi mejor entender.

Consentimiento informado: Usted entiende en su totalidad la información contenida en este documento y ha sido informado de los riesgos y beneficios de esta investigación. La investigadora de este estudio, Sheilamarie Moreno Orta, el presidente del comité de disertación, el Dr. Álvaro Lecompte Montes, y la Universidad Interamericana de Puerto Rico, Recinto de San German, están disponibles para contestar cualquier pregunta que pueda tener sobre el mismo. Entiende que puede libremente seleccionar no participar.

De estar de acuerdo, en participar en esta investigación después de leer esta hoja de consentimiento informado, por favor marque con una "X" deseo o no deseo participar voluntariamente en esta investigación; seguido de su firma en el espacio provisto.

Aceptación del Participante: Certifico que he leído este documento en el que se me explica los procedimientos y condiciones para participar en esta investigación.

***Consentimiento de Participación para estudiante mayor de 21 años:**

- ☐ Deseo participar voluntariamente en esta investigación
- ☐ No deseo participar voluntariamente en esta investigación

Firma del participante mayor de 21 años

Fecha

Firma del Investigador

Fecha



Approved: January 26, 2024
Expires: January 29, 2025

De tener alguna duda o pregunta en relación con esta investigación o sus derechos como participante puede comunicarse con:

IAUPR Institutional Review Board
PO BOX 363255 SAN JUAN PR 00936-3255
787-766-1912 ext. 2432

De surgir alguna otra duda o pregunta puede comunicarse con el investigador en:

Sheilamarie Moreno Orta, Investigadora
787-566-2241 / sheilamary91@gmail.com
Dr. Álvaro Lecompte Montes, Director de Tesis
787-264-1912, ext. 7426 / alecompte@intersg.edu



Approved: January 26, 2024
Expires: January 29, 2025

Apéndice V.

Hoja de asentimiento informado para participantes del estudio piloto





UNIVERSIDAD INTERAMERICANA DE PUERTO RICO
RECINTO DE SAN GERMÁN
Programa Doctoral en Educación

Criterios de Inclusión / Exclusión del Estudio Piloto:

Instrucciones: Lea cuidadosamente los datos generales y marque con una "X" su respuesta.

I. Datos generales

1. Soy estudiante de un curso de precálculo de la Universidad de Puerto Rico.

___ sí

___ no

2. Tiene algún tipo de relación (familia, amistad o profesional) con la investigadora del estudio.

___ sí

___ no





UNIVERSIDAD INTERAMERICANA DE PUERTO RICO
RECINTO DE SAN GERMÁN
Programa Doctoral en Educación

Hoja de asentimiento informado para participantes del estudio piloto:

Título de la Investigación: *Percepción del estudiante de precálculo en las áreas de operaciones y representaciones dentro del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional.*

Nombre del Investigador: Sheilamarie Moreno Orta

Propósito de la Investigación: El objetivo principal de este estudio es determinar la percepción del estudiante de precálculo de las operaciones y representaciones dentro del concepto de funciones lineales, e identificar si existe relación al utilizar un programado de álgebra computacional.

Procedimientos: Le solicitamos que lea cuidadosamente esta hoja de asentimiento informado que se le provee acerca del procedimiento a seguir en la investigación. En esta investigación participarán estudiantes de un curso de precálculo de un recinto de la Universidad de Puerto Rico. La participación de los estudiantes del curso de precálculo consistirá en contestar un cuestionario presencial en su salón de clase diseñado por el investigador para realizar este estudio. En este estudio se administrará un cuestionario relacionado a la percepción de las operaciones y representaciones en el curso de precálculo al utilizar un programado de álgebra computacional. Seguido a la Hoja de asentimiento informado, encontrará el cuestionario para lo conteste de acuerdo con su experiencia como estudiante. El mismo consta de tres partes. Responder a estas preguntas le tomará de 10 a 15 minutos aproximadamente. El responder el cuestionario es anónimo y voluntario.

Riesgos: La participación en este estudio es considerada de mínimo riesgo, ya que las preguntas que comprende el cuestionario son dirigidas a exclusivamente a obtener información educativa. No obstante, un riesgo asociado a este estudio pudiera ser que el estudiante sienta cansancio o incomodidad que produce el tiempo para contestar el cuestionario. Por tanto, si durante el proceso de contestar el cuestionario usted siente la necesidad de abandonar el estudio, puede hacerlo.

Beneficios: Esta es una investigación con fines educativos, su participación es voluntaria en el mismo y permitirá a los educadores tener una visión más amplia sobre su percepción de las operaciones y representaciones entorno a los conceptos de pendiente y funciones lineales, al utilizar un programado de álgebra computacional en un curso de precálculo.

Cláusula de Confidencialidad: Debe saber que la información brindada en el cuestionario será manejada de forma segura, anónima y confidencial. Se mantendrá la confidencialidad de las respuestas que provea y de su identidad, esto significa que su nombre no aparecerá en ninguna parte del cuestionario y no se utiliza en ningún momento información del participante al momento de contestar. La información obtenida no podrá ser asociada en ningún momento con usted y será de carácter confidencial.



Los resultados de esta investigación, que sean publicados, no incluirán ninguna información personal sobre el participante. Por otro lado, usted si está interesado podrá solicitar acceso a los resultados generales del estudio, los cuales serán divulgados y utilizados estrictamente para propósitos educativos exclusivos del investigador.

Compensación: Los participantes no recibirán ningún tipo de compensación monetaria o recompensas por su participación en el estudio.

Voluntariedad: El participante puede abandonar la investigación libremente, sin ser sancionado de ninguna forma en cualquier momento.

Responsabilidades del participante: Acepto participar voluntariamente en esta investigación. Yo declaro que he sido informado de la naturaleza y propósito de esta investigación. Además, soy estudiante de un curso de precálculo de un recinto de la Universidad de Puerto Rico. He leído y entendido la información presentada arriba. Entiendo que mis responsabilidades como participante son:

- Mi tutor legal haber llenado la hoja de consentimiento y entregada al investigador.
- Haber llenado la hoja de asentimiento informado.
- Contestar las preguntas a mi mejor entender.

Consentimiento informado: Usted entiende en su totalidad la información contenida en este documento y ha sido informado de los riesgos y beneficios de esta investigación. La investigadora de este estudio, Sheilamarie Moreno Orta, el presidente del comité de disertación, el Dr. Álvaro Lecompte Montes, y la Universidad Interamericana de Puerto Rico, Recinto de San German, están disponibles para contestar cualquier pregunta que pueda tener sobre el mismo. Entiende que puede libremente seleccionar no participar.

De estar de acuerdo, en participar en esta investigación después de leer esta hoja de consentimiento informado, por favor marque con una "X" si acepta o no participar, y firme en el espacio designado.

Aceptación del Participante: Certifico que he leído este documento en el que se me explica los procedimientos y condiciones para participar en esta investigación.

***Asentimiento de Participación para estudiante menor de 21 años:**

- ☐ Deseo participar voluntariamente en esta investigación
- ☐ No deseo participar voluntariamente en esta investigación

Firma del participante menor de 21 años

Firma del Investigador



De tener alguna duda o pregunta en relación con esta investigación o sus derechos como participante puede comunicarse con:

IAUPR Institutional Review Board
PO BOX 363255 SAN JUAN PR 00936-3255
787-766-1912 ext. 2432

De surgir alguna otra duda o pregunta puede comunicase con el investigador en:

Sheilamarie Moreno Orta, Investigadora
787-566-2241 / sheilamary91@gmail.com
Dr. Álvaro Lecompte Montes, Director de Tesis
787-264-1912, ext. 7426 / alecompte@intersg.edu



Apéndice W.

Cuestionario Percepción del estudiante de precálculo en las áreas de operaciones y representaciones dentro del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional del estudio piloto (Moreno-Orta, 2023)





UNIVERSIDAD INTERAMERICANA DE PUERTO RICO
RECINTO DE SAN GERMÁN
Programa Doctoral en Educación

CUESTIONARIO PILOTO: Percepción del estudiante de precálculo en las áreas de operaciones y representaciones dentro del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional (Moreno-Orta, 2023)

Cuestionario de estudio: *Percepción del estudiante de precálculo en las áreas de operaciones y representaciones dentro del concepto de funciones lineales al utilizar un programado de álgebra computacional.*

Parte I. Percepción al utilizar un programado de álgebra computacional

Instrucciones: Lea cada uno de los siguientes enunciados y marque con una “X” la respuesta que mejor represente su opinión, conocimiento o experiencia. Cuando conteste hágalo de manera objetiva y con toda sinceridad. Sus respuestas son anónimas y se respetará su confidencialidad. La escala de respuestas oscila entre 5 a 1 de acuerdo con los siguientes criterios de la Escala Likert: Completamente en desacuerdo (1), En desacuerdo (2), Ni de acuerdo ni en desacuerdo (3), De acuerdo (4) y Muy de acuerdo (5).

Enunciados	1	2	3	4	5
La utilización del programado de álgebra computacional es una manera divertida de entender el concepto de función lineal.					
El uso de un programado de álgebra computacional me permite compartir lo que entiendo de función lineal con mis compañeros.					
La utilización del programado de álgebra computacional en el concepto de función lineal resulta efectiva y no consume mucho tiempo.					
Al utilizar un programado de álgebra computacional resultó fácil de usar y comprender el concepto de función lineal.					
El programado de álgebra computacional es útil para resolver los ejercicios y problemas de función lineal.					
Me gustaría utilizar el programado de álgebra computacional en otros temas de precálculo.					



Parte II. Percepción de las operaciones al utilizar un programado de álgebra computacional

Instrucciones: Lea cada uno de los siguientes enunciados y marque con una “X” la respuesta que mejor represente su opinión, conocimiento o experiencia. Cuando conteste hágalo de manera objetiva y con toda sinceridad. Sus respuestas son anónimas y se respetará su confidencialidad. La escala de respuestas oscila entre 5 a 1 de acuerdo con los siguientes criterios de la Escala Likert: Completamente en desacuerdo (1), En desacuerdo (2), Ni de acuerdo ni en desacuerdo (3), De acuerdo (4) y Muy de acuerdo (5).

Enunciados	1	2	3	4	5
Al utilizar un programado de álgebra computacional puedo entender de forma más efectiva los cálculos de valores de una función lineal.					
El manejo de un programado de álgebra computacional me facilita encontrar los ceros y raíces de funciones lineales.					
La aplicación de un programado de álgebra computacional me ayuda entender las operaciones del concepto de funciones lineales.					
El uso de un programado de álgebra computacional me ayuda a realizar la composición de funciones lineales.					
Con el programado de álgebra computacional puedo calcular con facilidad la pendiente e intercepto de una función lineal.					
La utilización de un programado de álgebra computacional ayuda a ver cómo se resuelve ecuaciones lineales.					

Parte III. Percepción de las representaciones al utilizar un programado de álgebra computacional

Instrucciones: Lea cada uno de los siguientes enunciados y marque con una “X” la respuesta que mejor represente su opinión, conocimiento o experiencia. Cuando conteste hágalo de manera objetiva y con toda sinceridad. Sus respuestas son anónimas y se respetará su confidencialidad. La escala de respuestas oscila entre 5 a 1 de acuerdo con los siguientes criterios de la Escala Likert: Completamente en desacuerdo (1), En desacuerdo (2), Ni de acuerdo ni en desacuerdo (3), De acuerdo (4) y Muy de acuerdo (5).

Enunciados	1	2	3	4	5
Al utilizar un programado de álgebra computacional puedo entender de forma más efectiva las gráficas en el concepto de funciones lineales.					
El manejo de un programado de álgebra computacional en el curso de precálculo me facilita entender la necesidad de la ecuación para definir la función lineal.					
La utilización de un programado de álgebra computacional me ayuda entender cuando una tabla de valores es una función lineal.					
El uso de un programado de álgebra computacional me ayuda a comprender las representaciones de funciones lineales tales como tablas de valores, pares ordenados, gráficas y algebraica.					
Con la aplicación de un programado de álgebra computacional puedo entender cuando una función lineal muestra crecimiento más rápido que otra.					
Con el programado de álgebra computacional puedo observar mejor cuando una función lineal es constante, creciente o decreciente.					