

# PIXEL BIT

N° 72 ENERO 2025  
CUATRIMESTRAL

e-ISSN:2171-7966

ISSN:1133-8482

Revista de Medios y Educación



# PIXEL BIT



# PIXEL-BIT

REVISTA DE MEDIOS Y EDUCACIÓN

Nº 72 - ENERO - 2025

<https://revistapixelbit.com>

Pixel-Bit: Revista de Medios y Educación. 2025 - ISSN: 1133-8482. e-ISSN: 2171-7966.

**EQUIPO EDITORIAL (EDITORIAL BOARD)**

**EDITOR JEFE (EDITOR IN CHIEF)**

Dr. Julio Cabero Almenara, Departamento de Didáctica y Organización Educativa, Facultad de CC de la Educación, Director del Grupo de Investigación Didáctica. Universidad de Sevilla (España)

**EDITOR ADJUNTO (ASSISTANT EDITOR)**

Dr. Juan Jesús Gutiérrez Castillo, Departamento de Didáctica y Organización Educativa. Facultad de CC de la Educación, Universidad de Sevilla (España)

Dr. Óscar M. Gallego Pérez, Grupo de Investigación Didáctica, Universidad de Sevilla (España)

**EDITORES ASOCIADOS**

Dra. Urtza Garay Ruiz, Universidad del País Vasco. (España)

Dra. Ivanovna Milqueya Cruz Pichardo, Pontificia Universidad Católica Madre y Maestra. (República Dominicana)

Dra. Carmen Llorente Cejudo, Universidad de Sevilla (España)

**CONSEJO METODOLÓGICO**

Dr. José González Such, Universidad de Valencia (España)

Dr. Antonio Matas Terrón, Universidad de Málaga (España)

Dra. Cynthia Martínez-Garrido, Universidad Autónoma de Madrid (España)

Dr. Luis Carro Sancristóbal, Universidad de Valladolid (España)

Dra. Nina Hidalgo Farran, Universidad Autónoma de Madrid (España)

**CONSEJO DE REDACCIÓN**

Dra. María Puig Gutiérrez, Universidad de Sevilla. (España)

Dra. Sandra Martínez Pérez, Universidad de Barcelona (España)

Dr. Selín Carrasco, Universidad de La Punta (Argentina)

Dr. Jackson Collares, Universidades Federal do Amazonas (Brasil)

Dra. Kitty Gaona, Universidad Autónoma de Asunción (Paraguay)

Dr. Vito José de Jesús Carioca. Instituto Politécnico de Beja Ciências da Educação (Portugal)

Dra. Elvira Esther Navas, Universidad Metropolitana de Venezuela (Venezuela)

Dr. Angel Puentes Puente, Pontificia Universidad Católica Madre y Maestra. Santo Domingo (República Dominicana)

Dr. Fabrizio Manuel Sirignano, Università degli Studi Suor Orsola Benincasa (Italia)

Dra. Sonia Aguilar Gavira. Universidad de Cádiz (España)

Dra. Eloisa Reche Urbano. Universidad de Córdoba (España)

**CONSEJO TÉCNICO**

Dra. Raquel Barragán Sánchez, Grupo de Investigación Didáctica, Universidad de Sevilla (España)

Dr. Antonio Palacios Rodríguez, Grupo de Investigación Didáctica, Universidad de Sevilla (España)

Dr. Manuel Serrano Hidalgo, Grupo de Investigación Didáctica, Universidad de Sevilla (España)

Diseño de portada: Dña. Lucía Terrones García, Universidad de Sevilla (España)

Revisor/corrector de textos en inglés: Dra. Rubicelia Valencia Ortiz, MacMillan Education (México)

Revisores metodológicos: evaluadores asignados a cada artículo

**CONSEJO CIENTÍFICO**

Jordi Adell Segura, Universidad Jaume I Castellón (España)

Ignacio Aguaded Gómez, Universidad de Huelva (España)

María Victoria Aguiar Perera, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (España)

Olga María Alegre de la Rosa, Universidad de la Laguna Tenerife (España)

Manuel Área Moreira, Universidad de la Laguna Tenerife (España)

Patricia Ávila Muñoz, Instituto Latinoamericano de Comunicación Educativa (México)

María Paz Prendes Espinosa, Universidad de Murcia (España)

Angel Manuel Bautista Valencia, Universidad Central de Panamá (Panamá)

Jos Beishuizen, Vrije Universiteit Amsterdam (Holanda)

Florentino Blázquez Entonado, Universidad de Extremadura (España)  
Silvana Calaprince, Università degli studi di Bari (Italia)  
Selín Carrasco, Universidad de La Punta (Argentina)  
Raimundo Carrasco Soto, Universidad de Durango (México)  
Zulma Cataldi, Universidad de Buenos Aires (Argentina)  
Luciano Ceconi, Università degli Studi di Modena (Italia)  
Jean-François Cerisier, Université de Poitiers, Francia  
Jordi Lluís Coiduras Rodríguez, Universidad de Lleida (España)  
Jackson Collares, Universidades Federal do Amazonas (Brasil)  
Enricomaria Corbi, Università degli Studi Suor Orsola Benincasa (Italia)  
Marialaura Cunzio, Università degli Studi Suor Orsola Benincasa (Italia)  
Brigitte Denis, Université de Liège (Bélgica)  
Floriana Falcinelli, Università degli Studi di Perugia (Italia)  
Maria Cecilia Fonseca Sardi, Universidad Metropolitana de Venezuela (Venezuela)  
Maribel Santos Miranda Pinto, Universidade do Minho (Portugal)  
Kitty Gaona, Universidad Autónoma de Asunción (Paraguay)  
María-Jesús Gallego-Arrufat, Universidad de Granada (España)  
Lorenzo García Aretio, UNED (España)  
Ana García-Valcarcel Muñoz-Repiso, Universidad de Salamanca (España)  
Antonio Bautista García-Vera, Universidad Complutense de Madrid (España)  
José Manuel Gómez y Méndez, Universidad de Sevilla (España)  
Mercedes González Sanmamed, Universidad de La Coruña (España)  
Manuel González-Sicilia Llamas, Universidad Católica San Antonio-Murcia (España)  
António José Meneses Osório, Universidade do Minho (Portugal)  
Carol Halal Orfali, Universidad Tecnológica de Chile INACAP (Chile)  
Mauricio Hernández Ramírez, Universidad Autónoma de Tamaulipas (México)  
Ana Landeta Etxeberria, Universidad a Distancia de Madrid (UDIMA)  
Linda Lavelle, Plymouth Institute of Education (Inglaterra)  
Fernando Leal Ríos, Universidad Autónoma de Tamaulipas (México)  
Paul Lefrere, Cca (UK)  
Carlos Marcelo García, Universidad de Sevilla (España)  
Francois Marchessou, Universidad de Poitiers, París (Francia)  
Francesca Marone, Università degli Studi di Napoli Federico II (Italia)  
Francisco Martínez Sánchez, Universidad de Murcia (España)  
Ivory de Lourdes Mogollón de Lujo, Universidad Central de Venezuela (Venezuela)  
Angela Muschitiello, Università degli studi di Bari (Italia)  
Margherita Musello, Università degli Studi Suor Orsola Benincasa (Italia)  
Elvira Esther Navas, Universidad Metropolitana de Venezuela (Venezuela)  
Trinidad Núñez Domínguez, Universidad de Sevilla (España)  
James O'Higgins, de la Universidad de Dublín (UK)  
José Antonio Ortega Carrillo, Universidad de Granada (España)  
Gabriela Padilla, Universidad Autónoma de Tamaulipas (México)  
Ramón Pérez Pérez, Universidad de Oviedo (España)  
Angel Puentes Puente, Pontificia Universidad Católica Madre y Maestra. Santo Domingo (República Dominicana)  
Juan Jesús Gutiérrez Castillo, Universidad de Sevilla (España)  
Julio Manuel Barroso Osuna, Universidad de Sevilla (España)  
Rosalía Romero Tena, Universidad de Sevilla (España)  
Hommy Rosario, Universidad de Carabobo (Venezuela)  
Pier Giuseppe Rossi, Università di Macerata (Italia)  
Jesús Salinas Ibáñez, Universidad Islas Baleares (España)  
Yamile Sandoval Romero, Universidad de Santiago de Cali (Colombia)  
Albert Sangrà Morer, Universidad Oberta de Catalunya (España)  
Ángel Sanmartín Alonso, Universidad de Valencia (España)  
Horacio Santángelo, Universidad Tecnológica Nacional (Argentina)  
Francisco Solá Cabrera, Universidad de Sevilla (España)  
Jan Frick, Stavanger University (Noruega)  
Karl Steffens, Universidad de Colonia (Alemania)  
Seppo Tella, Helsinki University (Finlandia)  
Hanne Wachter Kjaergaard, Aarhus University (Dinamarca)



## FACTOR DE IMPACTO (IMPACT FACTOR)

SCOPUS Q1 Education: Posición 236 de 1406 (83% Percentil). CiteScore Tracker 2023: 5,3 - Journal Citation Indicator (JCI). Emerging Sources Citation Index (ESCI). Categoría: Education & Educational Research. Posición 556 de 1506. Cuartil Q2 (Percentil: 65.29) – FECYT (2023): Ciencias de la Educación. Cuartil 1. Posición 12. Puntuación: 39,22- DIALNET MÉTRICAS (Factor impacto 2022: 1.78. Q1 Educación. Posición 13 de 235) - REDIB Calificación Glogal: 29,102 (71/1.119) Percentil del Factor de Impacto Normalizado: 95,455- ERIH PLUS - Clasificación CIRC: B- Categoría ANEP: B - CARHUS (+2018): B - MIAR (ICDS 2020): 9,9 - Google Scholar (global): h5: 34; Mediana: 52 - Journal Scholar Metric Q2 Educación. Actualización 2016 Posición: 405a de 1,115- Criterios ANECA: 20 de 21 - INDEX COPERNICUS Puntuación ICV 2019: 95.10

*Pixel-Bit, Revista de Medios y Educación* está indexada entre otras bases en: SCOPUS, Fecyt, DOAJ, Iresie, ISOC (CSIC/CINDOC), DICE, MIAR, IN-RECS, RESH, Ulrich's Periodicals, Catálogo Latindex, Biné-EDUSOL, Dialnet, Redinet, OEI, DOCE, Scribd, Redalyc, Red Iberoamericana de Revistas de Comunicación y Cultura, Gage Cengage Learning, Centro de Documentación del Observatorio de la Infancia en Andalucía. Además de estar presente en portales especializados, Buscadores Científicos y Catálogos de Bibliotecas de reconocido prestigio, y pendiente de evaluación en otras bases de datos.

## EDITA (PUBLISHED BY)

Grupo de Investigación Didáctica (HUM-390). Universidad de Sevilla (España). Facultad de Ciencias de la Educación. Departamento de Didáctica y Organización Educativa. C/ Pirotecnia s/n, 41013 Sevilla. Dirección de correo electrónico: [revistapixelbit@us.es](mailto:revistapixelbit@us.es). URL: <https://revistapixelbit.com/>  
ISSN: 1133-8482; e-ISSN: 2171-7966; Depósito Legal: SE-1725-02  
Formato de la revista: 16,5 x 23,0 cm

Los recursos incluidos en Pixel Bit están sujetos a una licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 Unported (Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual)(CC BY-NC-SA 4.0), en consecuencia, las acciones, productos y utilidades derivadas de su utilización no podrán generar ningún tipo de lucro y la obra generada sólo podrá distribuirse bajo esta misma licencia. En las obras derivadas deberá, asimismo, hacerse referencia expresa a la fuente y al autor del recurso utilizado.

©2025 Pixel-Bit. No está permitida la reproducción total o parcial por ningún medio de la versión impresa de Pixel-Bit.

- 1.- Análisis de la Disposición Espacial de Contenido en entornos de Realidad Aumentada y su Efecto en la Carga Cognitiva de los Usuarios** [*Analysis of the Spatial Layout of Content in Augmented Reality Environments and its Effect on Users' Cognitive Load*] **7**  
Luis Eduardo Bautista, Fernanda Maradei, Gabriel Pedraza
- 2.- Evaluación de actitudes hacia la ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM) para fomentar la creatividad en la educación secundaria** [*Assessing Attitudes Toward Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) for Enhancing Creativity in Secondary Education*] **39**  
Mujib Mujib, Mardiyah Mardiyah
- 3.- Distinción entre textos de guion escritos por humanos y generados por IA: un estudio preliminar con estudiantes de Cine** [*Distinction between Screenplay Texts Written by Humans and Generated by AI: a Preliminary Study with Film Students*] **70**  
Javier Luri-Rodríguez, Elio Quiroga-Rodríguez
- 4.- Efecto mediador del autocontrol sobre la autoestima y el uso de Instagram en adolescentes. Relaciones con el rendimiento académico y el estrés tecnológico** [*Mediating effect of self-monitoring on self-esteem and Instagram use in adolescents. Relationships with academic performance and technological stress*] **87**  
Francisco José Rubio-Hernández, Adoración Díaz-López, Vanessa Caba-Machado, Elena González-Calahorra
- 5.- Phubbing: edad y presencia en línea como condiciones necesarias** [*Phubbing: Age and Online Presence as Necessary Conditions*] **103**  
Antonio Matas-Terrón
- 6.- IA generativa versus profesores: reflexiones desde una revisión de la literatura** [*Generative AI vs. Teachers: insights from a literature review*] **119**  
Andres Chiappe, Carolina San Miguel, Fabiola Mabel Sáez Delgado
- 7.- ¿Coinciden la comunidad científica y la sociedad sobre el uso de la Inteligencia Artificial en educación?** [*Do the scientific community and society agree on the use of Artificial Intelligence in education?*] **139**  
Sonia Martín-Gómez, Ángel Bartolomé Muñoz de Luna
- 8.- La utilidad percibida del ChatGPT por parte del alumnado universitario** [*Perceived usefulness of ChatGPT by university students*] **159**  
Pablo Javier Ortega-Rodríguez, Francisco Javier Pericacho Gómez
- 9.- La hora del Booktok: caracterización de nuevos vídeos para la promoción lectora en el móvil** [*Booktok Time: Characterization of New Videos for Mobile Reading Promotion*] **180**  
José Rovira-Collado, Francisco Antonio Martínez-Carratalá, Sebastián Miras
- 10.- A Cómo potenciar el pensamiento crítico en la universidad a través de competencias en línea: evaluación de la información y la netiqueta: Un análisis en futuros docentes según el sexo** // Critical thinking and skills in evaluating online information, a 21st century challenge: A gender analysis of prospective teachers **199**  
Magalí Denoni Buján, Ana Cebollero Salinas

# Evaluación de actitudes hacia la ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM) para fomentar la creatividad en la educación secundaria

Assessing Attitudes Toward Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) for Enhancing Creativity in Secondary Education

 **Dr. Mujib Mujib**

Associate Professor. Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung. Indonesia

 **Dr. Mardiyah Mardiyah**

Associate Professor. Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung. Indonesia

**Recibido:** 2024/08/24; **Revisado:** 2024/09/25; **Aceptado:** 2024/11/02; **Online First:** 2024/11/20; **Publicado:** 2025/07/01

## RESUMEN

Las actitudes de los estudiantes hacia asignaturas como ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM) desempeñan un papel crucial en el proceso de aprendizaje del siglo XXI. Aumentar el número de estudiantes que eligen carreras en STEM se ha reconocido como importante. En consecuencia, mejorar el aprendizaje y la participación de los estudiantes en las asignaturas STEM, así como fomentar actitudes positivas hacia STEM, se ha convertido en un objetivo principal para la educación STEM en K-12. Sin embargo, medir tales actitudes en un contexto de aprendizaje sigue siendo un desafío significativo. Esta investigación ha tenido como objetivo desarrollar una herramienta de evaluación completa y válida para evaluar las actitudes de los estudiantes hacia STEM en un contexto de aprendizaje, con el fin de mejorar su creatividad. La muestra para esta investigación ha consistido en 311 estudiantes de secundaria con una media de edad de  $12,83 \pm 1,04$  años. La validez de la estructura de cuatro factores del modelo ha sido evaluada utilizando un análisis factorial confirmatorio. Los valores de fiabilidad para los cuatro factores han oscilado entre .73 y .94 con Alfa de Cronbach, mientras que los de fiabilidad compuesta han oscilado entre .97 y .97. La relación entre las variables en las actitudes hacia el instrumento STEM ha identificado varios coeficientes de ruta y tamaños de efecto, indicando fuertes correlaciones entre las variables de actitud STEM. El análisis ha revelado diferencias significativas según el nivel de grado, mostrando que los estudiantes de noveno grado han presentado un rendimiento mejor o al menos competitivo en la mayoría de las disciplinas. Se ha encontrado que este cuestionario es un instrumento viable para evaluar las actitudes STEM de los estudiantes de secundaria. Estos hallazgos tienen importantes implicaciones para las estrategias de educación STEM, enfatizando la necesidad de enfoques sostenidos y enfocados en experiencias de aprendizaje profundo para todos los estudiantes, independientemente del género.

## ABSTRACT

Students' attitudes towards subjects such as science, technology, engineering, and mathematics (STEM) play a crucial role in the 21st-century learning process. Increasing the number of students pursuing careers in STEM has been widely recognized as important. Consequently, enhancing students' learning and engagement in STEM subjects, as well as fostering positive attitudes toward STEM, has become a primary objective for K-12 STEM education. However, measuring such attitudes in a learning context remains a significant challenge. This research aimed to develop a comprehensive and valid assessment tool to evaluate students' attitudes toward STEM in a learning context for enhancing students' creativity. The sample for this research consisted of 311 secondary school students aged  $12.83 \pm 1.04$  years. The validity of the four-factor structure of the model was evaluated using confirmatory factor analysis. Reliability values for the four factors ranged between .73 and .94 with Cronbach Alpha, while those for composite reliability ranged between .97 and .97. The relationship between variables in attitudes toward the STEM instrument identified various path coefficients and effect sizes, indicating strong correlations between the STEM attitude variables. The analysis revealed significant differences according to grade level, with grade 9 students showing better or at least competitive performance in most disciplines. This questionnaire was found to be a feasible instrument to assess secondary school students' STEM attitudes. These findings have important implications for STEM education strategies, emphasizing the need for sustained and focused approaches to deep learning experiences for all students, regardless of gender.

## KEYWORDS · PALABRAS CLAVES

Actitudes estudiantiles; Creatividad; Educación secundaria; Evaluación de actitudes; Educación STEM; Autoeficacia; Análisis factorial confirmatorio; Student attitudes; Creativity; Secondary education; Attitude assessment; STEM education; Self-efficacy; Confirmatory factor analysis

## 1. Introducción

Las actitudes de los estudiantes hacia asignaturas como ciencia, ingeniería y matemáticas (STEM) desempeñan un papel importante en el proceso de aprendizaje del siglo XXI. La importancia de aumentar el número de estudiantes indonesios que eligen carreras en STEM ha sido ampliamente reconocida y documentada (Rusmana *et al.*, 2021). Las proyecciones de empleo para grupos de ocupaciones de 2020 a 2030 indican un crecimiento significativo en varios campos STEM. Se espera que las ocupaciones de científicos de datos y ciencias matemáticas aumenten en un 31,4%, los estadísticos en un 35,4% y los asistentes de terapeutas físicos en un 35,4%. En ingeniería, se proyecta que los instaladores de paneles fotovoltaicos solares crezcan en un 52,1%, y los técnicos de servicio de turbinas eólicas en un 68,2% (Dubina *et al.*, 2021). Por lo tanto, mejorar el aprendizaje y la participación de los estudiantes en las asignaturas STEM, así como fomentar actitudes positivas hacia STEM, se ha convertido en un objetivo principal para la educación STEM en K-12 en Indonesia.

La creatividad también es un componente crucial de la educación STEM, ya que fomenta el pensamiento innovador y las habilidades de resolución de problemas esenciales para abordar desafíos del mundo real (Siew y Ambo, 2018). Investigaciones anteriores han demostrado que las actitudes positivas hacia estas asignaturas pueden aumentar la motivación de aprendizaje, la participación de los estudiantes en el proceso de aprendizaje y el rendimiento académico en general (Sölpük, 2017). Además, la incorporación del pensamiento de diseño en la educación STEM ha mejorado la creatividad y las habilidades de resolución de problemas de los niños (Yalçın y Erden, 2021). Sin embargo, medir tales actitudes en un contexto de aprendizaje sigue siendo un desafío significativo. Por lo tanto, es importante desarrollar herramientas de evaluación efectivas para evaluar las actitudes de los estudiantes hacia STEM y hacer el proceso de aprendizaje en el aula más eficiente y efectivo.

El desarrollo de un instrumento de actitudes hacia STEM es importante ya que permite una evaluación más integral de las actitudes de los estudiantes hacia ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas. Con una buena herramienta de evaluación, los educadores pueden comprender las preferencias, inclinaciones y percepciones de los estudiantes hacia estas asignaturas. Además, el desarrollo de un instrumento para actitudes hacia STEM es importante para hacer un seguimiento de los cambios en las actitudes de los estudiantes a lo largo del tiempo. Esto permite medir la efectividad de los programas de aprendizaje que se centran en conceptos STEM.

Investigaciones anteriores han destacado varios aspectos de las actitudes de los estudiantes hacia STEM. Algunos de estos aspectos incluyen el interés en el aprendizaje, la autoconfianza, el valor percibido de la asignatura, así como el deseo de ser activo en el aprendizaje (Edwards *et al.*, 2023; Kong y Mohd Matore, 2022; Macun y Cemalettin, 2022; Temel, 2023). Es importante poder medir exactamente estos aspectos al diseñar una herramienta de evaluación integral. Además, una herramienta de evaluación efectiva también debería poder proporcionar información valiosa a los educadores para comprender el nivel de actitudes de los estudiantes hacia la asignatura. Investigaciones previas enfatizan que este tipo de herramientas de evaluación deberían proporcionar información medible, válida y confiable para los profesores al ajustar sus métodos de enseñanza (Guàrdia *et al.*, 2023).

Sin embargo, diseñar una herramienta de evaluación para medir las actitudes de los estudiantes hacia STEM no es una tarea fácil. Recientemente, se han creado varios instrumentos para medir las actitudes de los estudiantes hacia los cuatro campos STEM en conjunto. Sin embargo, estos instrumentos carecen de ítems que aborden la educación STEM integrada, que enfatiza la fusión de las cuatro áreas temáticas (e.g., Antonietti *et al.*, 2023; Benek y Akcay, 2019; Wahono y Chang, 2019; Wicaksono y Korom, 2023). Por ejemplo, Antonietti *et al.* (2023) han desarrollado la escala de Tecnología ICAP para medir cómo se integra la tecnología en las actividades de aprendizaje en el contexto alemán. Los resultados han mostrado que las cuatro escalas desarrolladas han sido confiables, válidas y han tenido una relación positiva en cada escala. Además, Wicaksono y Korom (2023) han desarrollado un instrumento para medir las actitudes hacia la ciencia con una muestra de estudiantes en educación superior. Los resultados han mostrado que el instrumento ha tenido buenas propiedades psicométricas y puede ser confiable; el valor de buen ajuste basado en el modelo de Rasch también puede ser confiable. Aunque el estudio ha sido en el contexto de Indonesia, la muestra ha sido en el contexto de educación superior. La investigación proporciona información sobre el desarrollo de herramientas de medición de evaluación, pero se ha limitado al alcance de la muestra, como escuelas primarias, educación superior y contextos occidentales. Esto proporciona una buena oportunidad para desarrollar herramientas de evaluación STEM en el contexto de estudiantes de secundaria.

Por lo tanto, esta investigación tiene como objetivo desarrollar una herramienta de evaluación completa y válida para evaluar las actitudes de los estudiantes hacia STEM en un contexto de aprendizaje para mejorar la creatividad de los estudiantes. La investigación aborda las siguientes preguntas:

- ¿Son confiables y válidos los instrumentos para medir actitudes hacia STEM?
- ¿Cuál es la relación entre las variables en las actitudes hacia el instrumento STEM?
- ¿Existen diferencias en las actitudes de los estudiantes hacia STEM basadas en antecedentes de la muestra, como género y grado?

### 1.1. Educación STEM

El desarrollo del cuestionario de actitudes hacia STEM se basa en la teoría del aprendizaje y la psicología cognitiva, involucrando el concepto de autoeficacia, como lo explica Bandura (1969). La teoría de la autoeficacia postula que la creencia de un individuo en sus propias habilidades influye en su comportamiento, motivación y logros. En el contexto de las actitudes hacia STEM, la autoeficacia juega un papel crucial en la formación de las percepciones de los estudiantes sobre su capacidad para dominar las asignaturas STEM (Luo *et al.*, 2021). Al desarrollar el instrumento de actitudes hacia STEM, el concepto de autoeficacia se vuelve relevante porque afecta cómo de seguros se sienten los estudiantes al abordar las lecciones de STEM (DeCoito y Myszkal, 2018). Los estudiantes con alta autoeficacia en STEM tienden a tener actitudes más positivas hacia estas asignaturas (Blotnick *et al.*, 2018), se sienten más capaces de dominar el material (Cervone *et al.*, 2020) y están más motivados para aprender (Kryshko *et al.*, 2022). Al

basarse en el concepto fundamental de autoeficacia en la evaluación de actitudes hacia STEM, es crucial reconocer su naturaleza multifacética y sus amplias implicaciones. La autoeficacia en STEM suele ser específica de cada dominio, variando entre disciplinas (Thompson *et al.*, 2024) e influenciando significativamente las aspiraciones profesionales de los estudiantes (Rosenzweig y Chen, 2023). Se cruza con factores importantes como el género, la diversidad y el contexto cultural (Ogodo, 2023; Sparks *et al.*, 2023), lo que requiere un enfoque matizado en el diseño del cuestionario. El concepto está estrechamente vinculado con la mentalidad de crecimiento, la persistencia y la resiliencia en el aprendizaje de STEM (Höhne *et al.*, 2024), así como moldeado por experiencias pasadas y sistemas de apoyo social (Akiri y Dori, 2022).

La teoría de la autoeficacia de Bandura (1997) también proporciona una visión de cómo las percepciones de los estudiantes sobre el éxito y el fracaso en el contexto de STEM pueden moldear sus actitudes hacia estas asignaturas (Van Aalderen-Smeets y Walma Van Der Molen, 2018). Si los estudiantes se sienten capaces de superar dificultades y desafíos en el aprendizaje de STEM (Wilson, 2021), es probable que tengan una actitud más positiva hacia estas asignaturas (X. Wang, 2013). Estas teorías ven las actitudes como construcciones mentales que influyen en la percepción y el comportamiento de un individuo. La base teórica incluye conceptos de aprendizaje que enfatizan la interacción entre factores ambientales y la personalidad en la formación de la actitud hacia STEM.

Las actitudes de los estudiantes hacia STEM son un foco principal en el desarrollo de esta herramienta de evaluación. Según una investigación de Osborne *et al.* (2003), las actitudes abarcan aspectos como sentimientos positivos o negativos hacia STEM, el valor percibido de STEM y el interés en actividades relacionadas con este campo. Su investigación muestra que una actitud positiva hacia STEM está estrechamente relacionada con la motivación intrínseca en el aprendizaje y la participación de los estudiantes en el proceso de aprendizaje.

Numerosos estudios vinculan las actitudes positivas hacia STEM con el éxito académico y el interés por carreras en los campos de la ciencia y la tecnología (Durakovic, 2022; Göktepe Körpeoğlu y Göktepe Yıldız, 2023; Óturai *et al.*, 2023). El cuestionario de actitudes hacia STEM permite identificar las variables clave que influyen en el interés de los estudiantes por estas ciencias. También ayuda a los investigadores a desarrollar estrategias de aprendizaje más efectivas y atractivas para los estudiantes. Además, el cuestionario de actitudes hacia STEM es un instrumento importante para evaluar la efectividad de los planes de estudio de STEM. Al obtener información sobre las actitudes de los estudiantes hacia estas asignaturas, los educadores pueden ajustar los métodos de enseñanza y el contenido curricular para que sean más relevantes y atractivos para los estudiantes.

Investigaciones anteriores muestran que los estudiantes con actitudes positivas hacia STEM tienden a tener un mayor interés en seguir carreras en estos campos (Chiu y Li, 2023; Ozulku y Kloser, 2023; Xu y Lastrapes, 2022), motivación (Dökme *et al.*, 2022), emocional (Koul *et al.*, 2023). Por lo tanto, el cuestionario de actitudes hacia STEM ayuda a identificar factores que fomentan el interés de los estudiantes por continuar su educación en campos STEM a niveles superiores.

## 1.2. Innovación STEM en la educación secundaria

El aprendizaje STEM en el nivel de educación secundaria requiere un enfoque holístico e integrado para enseñar conceptos STEM a los estudiantes (English, 2016). Según Asigigan y Samur (2021), un enfoque efectivo de aprendizaje STEM debe promover la resolución de problemas, el pensamiento crítico y la aplicación de conceptos teóricos en contextos del mundo real. Esto ayuda a desarrollar en los estudiantes habilidades de pensamiento creativo (Suherman y Vidákovich, 2024), colaboración (Chen *et al.*, 2019) y resolución de problemas complejos (Tan *et al.*, 2023), todas las cuales contribuyen a actitudes positivas hacia STEM (Steinberg y Diekman, 2017). Además, la evaluación del aprendizaje STEM en el nivel de educación secundaria requiere herramientas efectivas que puedan evaluar la comprensión y la aplicación de los conceptos STEM por parte de los estudiantes (Saxton *et al.*, 2014). Estas herramientas no solo deben medir el logro académico, sino también evaluar la capacidad de los estudiantes para innovar, analizar datos y aplicar principios científicos en contextos prácticos. Tales evaluaciones son cruciales para asegurar que los estudiantes estén preparados para enfrentar los desafíos de los avances tecnológicos y científicos actuales.

La motivación para aprender es un factor crucial en la medición de las respuestas de los estudiantes a la educación STEM. Según Eccles y Wigfield (2002), la motivación para el aprendizaje abarca los deseos intrínsecos y extrínsecos de los estudiantes para lograr metas académicas y desarrollo personal en el contexto del aprendizaje STEM. La motivación intrínseca está estrechamente relacionada con el interés de los estudiantes en los campos STEM, mientras que la motivación extrínseca puede estar influenciada por factores externos como recompensas o elogios de otros. La incorporación de estrategias motivacionales en la educación STEM puede fomentar una actitud más positiva entre los estudiantes hacia estas asignaturas. Además, la integración de disciplinas STEM, apoyada por la tecnología y las matemáticas, puede mejorar el logro de los estudiantes en todos los campos científicos (Farida *et al.*, 2024; Komarudin y Suherman, 2024; Nguyen *et al.*, 2020).

Investigaciones recientes han destacado la importancia de la integración tecnológica y los enfoques pedagógicos innovadores en la mejora de la educación STEM en el nivel secundario. El uso de tecnologías de realidad aumentada (AR) y realidad virtual (VR) en las aulas de STEM ha mostrado resultados prometedores al aumentar la participación y la comprensión conceptual de los estudiantes (T. Lee *et al.*, 2022). Además, se ha encontrado que los enfoques de aprendizaje basado en proyectos (PBL) en la educación STEM mejoran significativamente las habilidades de resolución de problemas de los estudiantes y sus actitudes hacia las asignaturas STEM (AlAli, 2024). La incorporación del pensamiento computacional en los planes de estudio de STEM también ha ganado terreno, con estudios que muestran su impacto positivo en las habilidades analíticas de los estudiantes y sus competencias para el futuro (H.-Y. Lee *et al.*, 2023). Además, el desarrollo de una identidad STEM entre los estudiantes de secundaria se ha identificado como un factor crucial en su compromiso a largo plazo con los campos STEM, enfatizando la necesidad de una educación STEM culturalmente receptiva que resuene con poblaciones estudiantiles diversas (Xie y Ferguson, 2024).

### 1.3. Herramientas de evaluación para medir STEM

Durante las últimas cinco décadas, el desarrollo de herramientas de medición para evaluar la educación STEM ha evolucionado significativamente (Okulu y Oguz-Unver, 2021). La necesidad de evaluar varios aspectos de la educación STEM ha llevado a la creación de numerosas herramientas de evaluación, cada una con el objetivo de medir diferentes dimensiones, como conocimientos, habilidades, actitudes y autoeficacia entre los estudiantes.

Los primeros esfuerzos para desarrollar herramientas de evaluación STEM se centraron principalmente en evaluar los resultados del aprendizaje cognitivo. Los exámenes y pruebas tradicionales fueron los métodos primarios utilizados para medir la comprensión de los estudiantes sobre conceptos y principios científicos. Durante las décadas de 1970 y 1980, las pruebas estandarizadas como el SAT y el ACT incluyeron secciones para evaluar el razonamiento matemático y científico, proporcionando una medida amplia pero limitada de los resultados de la educación STEM (Clarke *et al.*, 2000). A finales del siglo XX y principios del XXI, el enfoque se desplazó hacia la creación de herramientas de evaluación más integradas y completas que pudieran evaluar múltiples dimensiones de la educación STEM simultáneamente. Instrumentos como la Encuesta de Actitudes de los Estudiantes hacia STEM (S-STEM) (Unfried *et al.*, 2015) y la Encuesta de Semántica STEM (Knezek y Christensen, 2008) fueron desarrollados para proporcionar una visión más holística de las experiencias y actitudes de los estudiantes hacia las materias STEM. La encuesta S-STEM, desarrollada por Unfried *et al.* (2015), incluyó escalas para ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas, así como habilidades del siglo XXI. Esta herramienta fue diseñada para medir la autoeficacia, el interés y el valor percibido de los estudiantes hacia las materias STEM. La Encuesta de Semántica STEM (Knezek y Christensen, 2008) también buscaba evaluar las actitudes de los estudiantes hacia STEM al analizar sus sentimientos y creencias sobre las materias. Además, la investigación realizada por Suprpto (2016) se ha centrado en el desarrollo de actitudes hacia STEM. Sin embargo, estos instrumentos fueron diseñados específicamente para medir actitudes hacia campos individuales de STEM.

La investigación de Wan *et al.* (2022) ha desarrollado y validado una escala multidimensional para medir las experiencias de los estudiantes en el aprendizaje basado en proyectos STEM (PBL). La escala incluye cuatro dimensiones clave: participación en el aprendizaje, colaboración, creatividad y relevancia en el mundo real, con alta fiabilidad y validez (alfa de Cronbach de 0,75 a 0,89). Aunque la escala es una herramienta valiosa para evaluar el PBL en STEM, sus limitaciones incluyen un tamaño de muestra y un alcance geográfico reducidos, lo cual podría afectar su generalización. Tampoco toma en cuenta factores externos como el apoyo del profesor o las variaciones del currículo, lo que sugiere la necesidad de estudios más amplios para abordar estas brechas. Al mismo tiempo, Wicaksono y Korom (2023) han desarrollado y validado un cuestionario para evaluar las actitudes hacia la ciencia entre candidatos a maestros de ciencias y estudiantes de ingeniería en Indonesia. El cuestionario se ha centrado en dimensiones como el interés por la ciencia, la relevancia percibida y la autoeficacia, mostrando alta consistencia interna (alfa de Cronbach de 0,80 a 0,92). Sin embargo, las limitaciones del estudio incluyen un enfoque en poblaciones específicas de estudiantes de ciencias en Indonesia, lo que podría limitar su aplicabilidad a otros contextos o campos. Además, no se han explorado completamente otras materias (es decir, matemáticas, ingeniería, tecnología) que podrían influir en las

actitudes de los estudiantes, lo que indica la necesidad de investigaciones adicionales. En otras palabras, S.-P. Tsai *et al.* (2023) han creado y validado inicialmente una escala dirigida a evaluar las actitudes de los estudiantes de secundaria hacia el aprendizaje STEM. Los resultados han demostrado una fuerte consistencia interna y han confirmado la estructura de cuatro factores a través del análisis factorial. Sin embargo, las limitaciones incluyen el enfoque reducido en un grupo específico de estudiantes de secundaria, lo que podría limitar la generalización de los resultados. Se necesita investigación adicional y validación en diversos entornos culturales y grupos de edad para expandir su uso.

Además, la integración de técnicas psicométricas avanzadas y métodos estadísticos ha mejorado la fiabilidad y validez de las herramientas de evaluación STEM. La teoría de respuesta al ítem (IRT) y el análisis factorial se utilizan comúnmente para refinar y validar estos instrumentos, asegurando que midan con precisión los constructos previstos. Dadas las limitaciones de las herramientas de medición de actitudes hacia STEM existentes, particularmente en términos de generalización y aplicabilidad en diferentes contextos culturales y educativos, existe una clara necesidad de instrumentos específicamente diseñados para el contexto indonesio. Además, considerando la importancia de abordar las necesidades educativas locales y el panorama STEM en evolución, el desarrollo de una herramienta de evaluación contextualmente relevante proporcionaría a los educadores y responsables de políticas información valiosa para mejorar el compromiso y los resultados en STEM en Indonesia.

## 2. Metodología

### 2.1. Participantes

La muestra de esta investigación ha consistido en 311 estudiantes de secundaria de entre 11 y 14 años (Media de edad = 12.83; SD = 1.04). La mayoría de los participantes han sido mujeres (80.1%). Los estudiantes han sido seleccionados al azar de 19 escuelas secundarias diferentes en Bandar Lampung, Indonesia, y han completado un cuestionario en línea que ha tomado un promedio de 15 minutos en completarse. El estudio ha sido aprobado por la Junta de Revisión Institucional de Universitas Negeri Raden Intan Lampung, Indonesia, cumpliendo con las pautas éticas establecidas por la institución. La información demográfica detallada sobre los participantes se presenta en la Tabla 1.

**Tabla 1**

Características de los participantes

Características	Frecuencia	Porcentaje (%)
Género		
Femenino	151	48.6
Masculino	160	51.4

Nivel educativo		
7	142	45.7
8	103	33.1
9	66	21.2
Institución educativa		
Pública	142	45.7
Privada	169	54.3
Zona de residencia		
Distrito	68	21.9
Ciudad	165	53.1
Zona urbana	78	25.1

---

## 2.2. Instrumentos

En esta investigación, se han examinado los instrumentos desarrollados por Unfried *et al.* (2015) a través de cuatro escalas: ciencia (8 ítems), tecnología/ingeniería (9 ítems), matemáticas (4 ítems) y habilidades del siglo XXI (11 ítems). Se ha solicitado a los estudiantes indicar su nivel de acuerdo con cada afirmación utilizando una escala Likert de 5 puntos que va de 1 (totalmente en desacuerdo) a 5 (totalmente de acuerdo). Además, los estudiantes han proporcionado información demográfica, incluida la edad, el género, el grado, la ubicación de la escuela y el lugar de residencia.

## 2.3. Procedimiento

El cuestionario original ha sido creado en inglés. Dado que los estudiantes de nuestra muestra hablaban principalmente indonesio como su lengua materna y el inglés como segunda lengua, ha sido necesario traducir el cuestionario al indonesio. Esto ha garantizado que todos los participantes pudieran comprender el contenido, mejorando así la validez del instrumento mediante una traducción precisa. La traducción ha sido realizada por un equipo formado por un doctorado del Reino Unido, un candidato a doctorado de Irlanda y un candidato a doctorado de Japón, todos con amplia experiencia en ciencias, matemáticas, ingeniería y lingüística. Las versiones traducidas han sido revisadas, comparadas y analizadas minuciosamente. Se han realizado ajustes menores en la elección de palabras

para clarificar cualquier punto ambiguo. Posteriormente, una versión de prueba del cuestionario en indonesio ha sido enviada por correo electrónico a expertos en el campo para su revisión. Estos expertos han evaluado la validez de las preguntas y del contenido general, sugiriendo palabras y frases específicas para garantizar claridad y comprensión.

## 2.4. Análisis de datos

En el análisis de datos, los investigadores emplearán SPSS versión 29, Winstep versión 4.0 y software R. Se utilizará SPSS para examinar estadísticas descriptivas como media, mediana y desviación estándar, proporcionando una visión general de la distribución de los datos. Se realizará un análisis factorial confirmatorio (AFC) para evaluar el ajuste del modelo dentro del modelo de medición (Jomnonkwao y Ratanavaraha, 2016). El AFC sigue índices de ajuste para evaluar la adecuación del modelo, incluyendo el Índice de Ajuste Comparativo (CFI), el Índice de Tucker–Lewis (TLI), el Índice de Bondad de Ajuste (GFI), el Error Cuadrático Medio de Aproximación (RMSEA), el Residuo Medio Cuadrático Estandarizado (SRMR) y el índice Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) (Kline, 2015). Los valores de corte para cada parámetro son CFI > .90; TLI > .90; RMSEA < .08; y SRMR < .06 (Boone *et al.*, 2014; Hu y Bentler, 1999). Además, se ha realizado un análisis de componentes principales y se han excluido los ítems con valores inferiores a 0.3 para su consideración adicional. Varios ítems que han caído por debajo de este umbral han sido eliminados de la base de datos. Esto se alinea con el valor de umbral recomendado de .40 sugerido por expertos en investigación en ciencias sociales (Straub *et al.*, 2004).

Asimismo, se representarán matemáticamente las estadísticas de chi-cuadrado, incluyendo los grados de libertad y valores p. Según Kline (2015), las estadísticas de la prueba de chi-cuadrado son muy sensibles al tamaño de la muestra, encontrándose valores de chi-cuadrado estadísticamente significativos con mayor frecuencia en muestras grandes. El estudio también realizará análisis de confiabilidad y validez del instrumento. La confiabilidad de constructo se evaluará mediante el alfa de Cronbach, la confiabilidad compuesta ( $\rho_c$ ) y la varianza media extraída (VME). La validez discriminante se evaluará utilizando la relación HTMT0.90 de correlaciones entre los cuatro factores. Además, el software R se utilizará para analizar el desempeño de los participantes en relación con el instrumento de actitudes hacia STEM, empleando gráficos de violín (Phillips, 2017).

## 3. Resultados

### 3.1. AFC

Se ha utilizado el AFC para confirmar los factores latentes en el modelo de medición, lo que ha indicado que todos los factores latentes han funcionado bien y han alcanzado el índice GoF (Goodness of Fit). Siguiendo las recomendaciones de Chuah *et al.* (2016), hemos realizado un análisis de la confiabilidad del constructo y de la validez discriminante. Para evaluar el ajuste del modelo, hemos creado un diagrama de AFC en el modelo de medición utilizando el plugin pattern matrix builder de Gaskin y Lim (2016). En este modelo estructural, las flechas de una sola cabeza indican la dirección hipotetizada unidireccional en el modelo estructurado, mientras que las flechas de dos cabezas indican correlaciones

entre dos variables en el modelo estructurado. Las variables latentes (por ejemplo, factores del cuestionario) están representadas por óvalos, mientras que las variables observadas (por ejemplo, los ítems del cuestionario) están representadas por rectángulos. Los círculos pequeños en el gráfico representan los errores de medición asociados con cada indicador observado.

En este estudio, hemos encontrado que los factores de carga no cumplían con los criterios de umbral (Straub *et al.*, 2004). Por lo tanto, hemos eliminado cuatro ítems con valores de factores de carga inferiores a 0.30. Estos incluyeron las afirmaciones MA1 ((-) Las matemáticas son mi peor asignatura), MA3 ((-) Las matemáticas son difíciles para mí), MA4 (Soy el tipo de estudiante que rinde bien en matemáticas) y MA5 ((-) Puedo manejar la mayoría de las asignaturas bien, pero no puedo hacer matemáticas bien). Hemos analizado el informe utilizando índices de modificación y covarianzas con ítems en el mismo factor que tenían valores superiores a 0.3 para obtener resultados sobresalientes y mejorar el ajuste del modelo en el AFC. Se ha obtenido un ajuste más preciso del modelo ( $\chi^2 = 1094.076$ ;  $\chi^2/df = 457$ ;  $p < 0.001$ ; CFI = 0.906; TLI = 0.898; RMSEA = 0.067; y SRMR = 0.055). El diagrama AFC y los índices de modificación se muestran en la Figura 1, y los valores de carga factorial se muestran en la Tabla 2.

**Tabla 2**

Carga factorial de los ítems

No. Ítem	Ítems	Siglo XXI	Tecnología / Ingeniería	Matemáticas	Ciencia
SK1	Confío en que puedo ayudar a otros a lograr una meta.	.78			
SK2	Confío en que puedo animar a otros a dar lo mejor de sí mismos.	.84			
SK3	Confío en que puedo producir un trabajo de alta calidad.	.85			
SK4	Confío en que puedo respetar las diferencias de mis compañeros.	.85			
SK5	Confío en que puedo ayudar a mis compañeros.	.86			
SK6	Confío en que puedo incluir las perspectivas de los demás al tomar decisiones.	.79			

No. Ítem	Ítems	Siglo XXI	Tecnología / Ingeniería	Matemáticas	Ciencia
SK7	Confío en que puedo hacer cambios cuando las cosas no salen según lo planeado.	.77			
SK8	Confío en que puedo establecer mis propios objetivos de aprendizaje.	.83			
SK9	Confío en que puedo gestionar mi tiempo sabiamente cuando trabajo por mi cuenta.	.86			
SK10	Cuando tengo muchas tareas, puedo elegir cuáles deben hacerse primero.	.82			
SK11	Confío en que puedo trabajar bien con estudiantes de diferentes contextos.	.82			
EN1	Me gusta imaginar la creación de nuevos productos.		.74		
EN2	Si aprendo ingeniería, entonces puedo mejorar cosas que la gente usa todos los días.		.74		
EN3	Soy bueno/a construyendo y arreglando cosas.		.70		
EN4	Me interesa lo que hace que las máquinas funcionen.		.60		
EN5	Diseñar productos o estructuras será importante para mi trabajo futuro.		.77		
EN6	Tengo curiosidad por cómo funcionan los aparatos electrónicos.		.72		

No. Ítem	Ítems	Siglo XXI	Tecnología / Ingeniería	Matemáticas	Ciencia
EN7	Me gustaría usar la creatividad y la innovación en mi trabajo futuro.		.80		
EN8	Saber cómo usar las matemáticas y la ciencia juntas me permitirá inventar cosas útiles.		.73		
EN9	Creo que puedo tener éxito en una carrera en ingeniería.		.69		
MA2	Consideraría elegir una carrera que utilice matemáticas.			.39	
MA6	Estoy seguro/a de que podría hacer trabajos avanzados en matemáticas.			.70	
MA7	Puedo sacar buenas notas en matemáticas.			.78	
MA8	Soy bueno/a en matemáticas.			.56	
SC1	Estoy seguro/a de mí mismo/a cuando me involucro en la ciencia.				.68
SC2	Consideraría estudiar una carrera en ciencia.				.69
SC3	Espero usar la ciencia cuando termine la escuela.				.67
SC4	Saber ciencia me ayudará a ganarme la vida.				.69
SC5	Necesitaré la ciencia para mi trabajo futuro.				.66
SC6	Sé que puedo hacerlo bien en ciencia. La ciencia será importante para mí en el trabajo de mi vida.				.79

No. ítem	Ítems	Siglo XXI	Tecnología / Ingeniería	Matemáticas	Ciencia
SC7	(-)Puedo manejar la mayoría de las asignaturas bien, pero no puedo hacer un buen trabajo con la ciencia.				.31
SC8	Estoy seguro/a de que podría realizar trabajos avanzados en ciencia.				.77

### 3.2. Fiabilidad del constructo

Hemos utilizado la fiabilidad del constructo para evaluar la consistencia interna y la validez convergente de los ítems. Los resultados de la fiabilidad del constructo se detallan en la Tabla 3.

**Tabla 3**

Fiabilidad del constructo de las escalas

	Alfa de Cronbach	Fiabilidad compuesta (rho_c)	(VME)
Siglo XXI	.94	.97	.78
Tecnología/Ingeniería	.91	.94	.64
Matemáticas	.73	.87	.64
Ciencia	.89	.94	.68

La Tabla 3 presenta la fiabilidad de construcción de los ítems medidos utilizando el alfa de Cronbach, la fiabilidad compuesta y la VME en cuatro dominios principales: habilidades del siglo XXI, ingeniería, matemáticas y ciencia. Los resultados del análisis indican que el dominio de habilidades del siglo XXI tiene un alfa de Cronbach de .94, una fiabilidad compuesta de .97 y una VME de .78. El dominio de ingeniería muestra un alfa de Cronbach de .91, una fiabilidad compuesta de .94 y una VME de .64. El dominio de matemáticas tiene un alfa de Cronbach de .73, una fiabilidad compuesta de .87 y una VME de .64. Finalmente, el dominio de ciencia demuestra un alfa de Cronbach de .89, una fiabilidad compuesta de .94 y una VME de .68. Con base en estos resultados, se puede concluir que todos los dominios poseen una fiabilidad de construcción adecuada, con valores del alfa de Cronbach por encima de .70, lo que indica una buena consistencia interna, y valores de fiabilidad compuesta y VME que demuestran una validez convergente suficiente para cada constructo.

### 3.3. Validez discriminante

Este estudio ha utilizado la validez discriminante. La prueba de validez discriminante se realizó para evaluar si los factores latentes son distintos entre sí a nivel empírico, como se muestra en la Tabla 4.

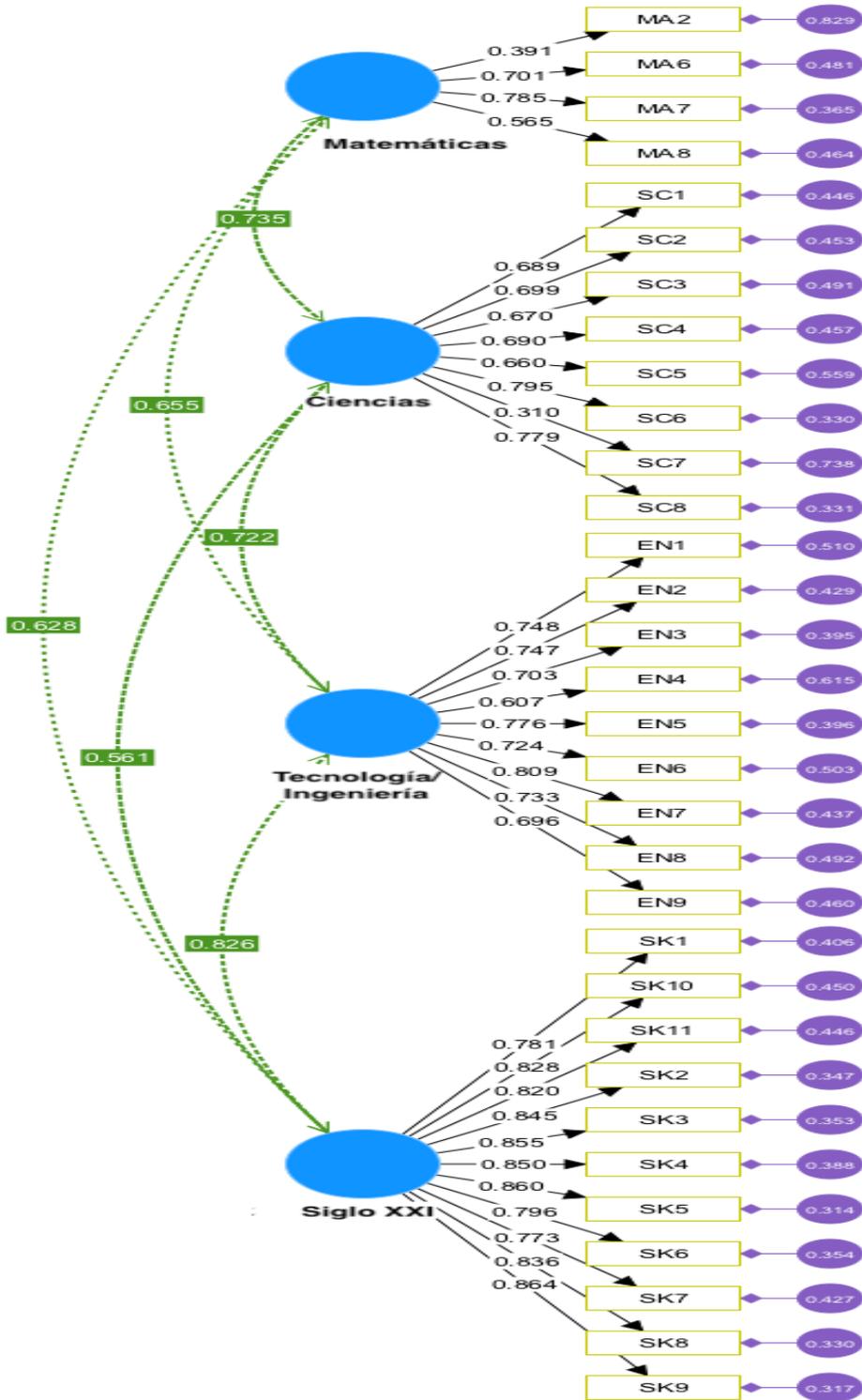
**Tabla 4**

Índice HTMT<sub>0.90</sub> de las cuatro correlaciones de los factores

	<b>Siglo XXI</b>	<b>Tecnología / Ingeniería</b>	<b>Matemáticas</b>	<b>Ciencia</b>
Siglo XXI				
Tecnología/Ingeniería	.81			
Matemáticas	.64	.67		
Ciencia	.57	.73	.79	

En este estudio, los resultados de la Tabla 4 indicaron una validez discriminante aceptable entre los factores. Las relaciones HTMT entre las habilidades del siglo XXI y tecnología / ingeniería, matemáticas y ciencia fueron de .81, .64 y .57, respectivamente. De manera similar, el dominio de Tecnología/Ingeniería mostró relaciones HTMT de .67 con Matemáticas y .73 con Ciencia. Por último, la relación HTMT entre matemáticas y ciencia fue de .79. Estos valores están por debajo del umbral de .90, lo que demuestra que cada factor es distinto y no está altamente correlacionado con los demás, confirmando así la validez discriminante de los constructos. Este análisis asegura que el modelo de medición capture de manera precisa los aspectos únicos de cada factor, mejorando la credibilidad y fiabilidad de los resultados del estudio.

Figura 1  
Modelo AFC



### 3.4. La relación entre variables en la actitud hacia el instrumento STEM

Las relaciones entre las variables en el instrumento de actitudes hacia STEM se pueden ver en la Figura 1. Los valores del coeficiente de ruta ( $\beta$ ) entre las variables varían. El coeficiente entre las actitudes hacia las matemáticas y la ciencia es  $\beta = 0.735$ . Los coeficientes entre las actitudes hacia las matemáticas y la ingeniería / tecnología y las matemáticas y las habilidades del siglo XXI son  $\beta = 0.655$  y  $\beta = 0.828$ , respectivamente. Además, el coeficiente entre las actitudes hacia la ciencia y la ingeniería/tecnología es  $\beta = 0.722$ , y entre la ciencia y las habilidades del siglo XXI es  $\beta = 0.561$ . Por último, el coeficiente entre las actitudes hacia la ingeniería / tecnología y las habilidades del siglo XXI es  $\beta = 0.826$ .

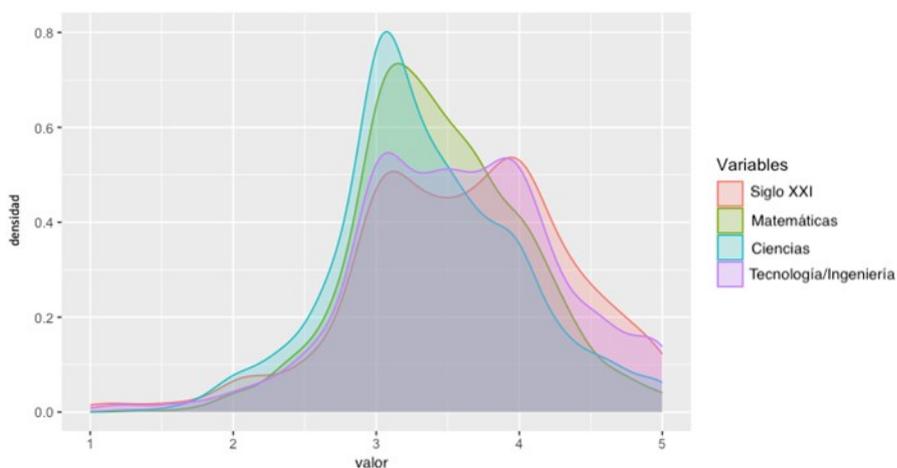
Para analizar las puntuaciones de la escala de todos los componentes del cuestionario de actitudes hacia STEM, comparamos las puntuaciones medias de los cuatro factores latentes utilizando una prueba t de muestras independientes. También se determinaron los tamaños del efecto según el d de Cohen. Los criterios para el tamaño del efecto incluyen las siguientes categorías: negligible (0-0.19), pequeño (0.2-0.49), medio (0.5-0.79) y grande ( $> 0.8$ ) (Cohen, 1992). Este estudio ha encontrado que las variables matemáticas ( $t(309) = 0.408$ ,  $p > 0.05$ , d de Cohen = 0.49), ciencia ( $t(309) = -0.869$ ,  $p > 0.05$ , d de Cohen = 0.66), ingeniería ( $t(309) = 0.970$ ,  $p > 0.05$ , d de Cohen = 0.77) y habilidades del siglo XXI ( $t(309) = 1.026$ ,  $p > 0.05$ , d de Cohen = 0.93) han mostrado diferentes grados de tamaño del efecto.

### 3.5. Diferencias de los estudiantes en actitudes hacia STEM debido al género y nivel educativo

Este estudio examinó cómo las habilidades de los estudiantes para completar el cuestionario de actitudes hacia STEM variaron en función de factores de fondo, específicamente el género y el nivel educativo, como se muestra en la Figura 2.

**Figura 2**

Gráfico pirata basado en género y nivel educativo para todas las variables



En cuanto al género, encontramos que el Lambda de Wilks fue mayor a 0.05, lo que indica que no hubo diferencias significativas entre las cuatro variables. Para la variable matemáticas, los hombres tuvieron una puntuación media de 3.196 con una desviación estándar de 0.06, mientras que las mujeres tuvieron una puntuación media de 3.16 con una desviación estándar de 0.03. En la variable ciencia, los hombres tuvieron una puntuación media de 3.14 con una desviación estándar de 0.08, mientras que las mujeres tuvieron una puntuación media de 3.18 con una desviación estándar de 0.04. Para la variable ingeniería, los hombres tuvieron una puntuación media de 3.35 con una desviación estándar de 0.09, mientras que las mujeres tuvieron una puntuación media de 3.30 con una desviación estándar de 0.04. Por último, para la variable habilidades del siglo XXI, los hombres tuvieron una puntuación media de 3.57 con una desviación estándar de 0.11, mientras que las mujeres tuvieron una puntuación media de 3.44 con una desviación estándar de 0.05.

En términos de materias, encontramos que el Lambda de Wilks fue de 0.492. Para la variable matemáticas, el valor F fue 11.350,7;  $p < 0.001$ . Para la variable ciencia, el valor F fue 6462,9;  $p < 0.001$ . La variable ingeniería/tecnología tuvo un valor F de 5228,6;  $p < 0.001$ , y la variable habilidades del siglo XXI tuvo un valor F de 3968,2;  $p < 0.001$ .

El estudio también comparó las estadísticas descriptivas para los grados 7, 8 y 9 para todas las variables observadas: Matemáticas, Ciencia, Tecnología/Ingeniería y habilidades del siglo XXI. Para la variable Matemáticas, la puntuación media para el grado 7 fue 3.16 con una desviación estándar de 0.46, el grado 8 tuvo una puntuación media de 3.20 con una desviación estándar de 0.50, y el grado 9 tuvo una puntuación media de 3.14 con una desviación estándar de 0.54. En la variable ciencia, el grado 7 tuvo una puntuación media de 3.14 con una desviación estándar de 0.64, el grado 8 tuvo una puntuación media de 3.16 con una desviación estándar de 0.68, y el grado 9 tuvo una puntuación media de 3.287 con una desviación estándar de 0.70. Para la variable Tecnología/Ingeniería, el grado 7 tuvo una puntuación media de 3.28 con una desviación estándar de 0.78, el grado 8 tuvo una puntuación media de 3.31 con una desviación estándar de 0.74, y el grado 9 tuvo una puntuación media de 3.38 con una desviación estándar de 0.79. Por último, para la variable habilidades del siglo XXI, el grado 7 tuvo una puntuación media de 3.39 con una desviación estándar de 0.81, el grado 8 tuvo una puntuación media de 3.51 con una desviación estándar de 0.95, y el grado 9 tuvo una puntuación media de 3.57 con una desviación estándar de 0.84.

Este análisis indica variaciones en las puntuaciones medias y las desviaciones estándar entre los grados 7, 8 y 9 en cada disciplina, con diferencias que reflejan patrones consistentes o mayor variabilidad dependiendo de la disciplina. En general, el análisis sugiere que los estudiantes de grado 9 generalmente obtuvieron mejores resultados o al menos se compararon con la mayoría de las disciplinas.

#### 4. Discusión

Este estudio desarrolló y validó un cuestionario de actitudes hacia STEM. La investigación se centró en evaluar la fiabilidad de los ítems de las afirmaciones mediante un análisis factorial confirmatorio (AFC). Nuestro objetivo fue determinar si los ítems de las afirmaciones podían clasificarse como adecuados según su significado conceptual. Los

resultados indicaron que el AFC proporcionó datos consistentes con las directrices de ajuste del modelo. Sin embargo, varias afirmaciones no cumplieron con los criterios estadísticos o de ajuste del modelo AFC, principalmente debido a cargas factoriales inferiores a 0.3. Por ejemplo, en la escala de actitudes hacia las matemáticas, cuatro afirmaciones fueron consideradas inadecuadas según los resultados del AFC. Afirmaciones como "Las matemáticas son mi peor asignatura" y "Las matemáticas son difíciles para mí", que son ítems redactados negativamente, mostraron bajas cargas factoriales. Esto fue influenciado por el hecho de que para muchos estudiantes, las matemáticas se perciben como una asignatura desafiante, lo que lleva a que a menudo estén de acuerdo con tales afirmaciones (marcando un 5). Este estudio subraya la importancia de evaluar el constructo de cada ítem de afirmación entre el significado y los datos estadísticos para obtener resultados más completos. Según Cheung *et al.* (2023), el AFC es un método eficaz para validar los constructos teóricos mediante la prueba de relaciones entre variables latentes e indicadores medibles. Sin embargo, el estudio también enfatiza el papel crítico de comprender el contexto del estudiante y la interpretación de los ítems de las afirmaciones al evaluar la fiabilidad y validez de los instrumentos de evaluación. Por lo tanto, al desarrollar instrumentos de evaluación, se debe realizar un análisis exhaustivo no solo basado en datos estadísticos, sino también considerando el significado y el contexto de cada afirmación. Esto garantiza que el instrumento desarrollado mida con precisión el constructo previsto de manera fiable (Farida *et al.*, 2022; Suherman y Vidákovich, 2022).

Este estudio refuerza los hallazgos previos sobre la importancia de la validación para garantizar la fiabilidad y validez de los instrumentos de evaluación. Según Kline (2015), coeficientes de ruta altos indican relaciones significativas entre variables latentes y sus indicadores, lo que apoya que los constructos teóricos sean empíricamente sólidos. Además, los tamaños del efecto grandes indican que las variables de actitud hacia STEM tienen impactos significativos dentro del contexto de esta investigación. Cohen (1992) afirma que el tamaño del efecto proporciona información sobre la magnitud de la relación o impacto de una variable sobre otra, lo cual es crucial para interpretar los hallazgos de la investigación. En este contexto, los tamaños del efecto que van de .49 a .93 sugieren que las actitudes hacia STEM contribuyen sustancialmente al modelo de investigación. Con resultados positivos y fuertes de coeficientes de ruta y tamaños del efecto, este estudio confirma que el instrumento de evaluación de actitudes hacia STEM desarrollado tiene buena validez y fiabilidad al medir con precisión las actitudes de los estudiantes. Por lo tanto, este instrumento puede utilizarse en investigaciones futuras para evaluar y mejorar el aprendizaje de STEM en las escuelas.

Además, el estudio exploró cómo la capacidad del estudiante para completar el cuestionario de actitudes hacia STEM está influenciada por factores de fondo, particularmente el género y el nivel de grado. Este análisis tuvo como objetivo identificar diferencias en las actitudes hacia STEM según estas variables, proporcionando información crucial para los educadores y responsables políticos en el diseño de estrategias de aprendizaje más inclusivas y efectivas.

El estudio no ha encontrado diferencias significativas basadas en el género en todas las variables observadas: Matemáticas, Ciencias, Ingeniería/Tecnología y Habilidades del Siglo XXI. Los valores medios y las desviaciones estándar entre hombres y mujeres también indicaron una similitud relativamente cercana en cada variable. Este hallazgo está en línea

con la investigación de N. Wang *et al.* (2023), que muestra que las diferencias de género en las actitudes y el rendimiento hacia STEM a menudo resultan insignificantes al considerar otros factores, como la motivación intrínseca y el apoyo ambiental. Por lo tanto, este estudio confirma que las actitudes hacia STEM entre los estudiantes no difieren significativamente entre hombres y mujeres, lo que indica un potencial igual en este campo. La falta de diferencias de género significativas observadas en las variables del estudio actual (Matemáticas, Ciencias, Ingeniería/Tecnología y Habilidades del Siglo XXI) sugiere que los esfuerzos para promover la igualdad de género en la educación STEM pueden estar dando frutos. Sin embargo, es importante señalar que, aunque las actitudes y habilidades pueden ser similares, otros factores aún pueden influir en las elecciones profesionales y la persistencia en los campos STEM. Por ejemplo, Zajac *et al.* (2024) han encontrado que, a pesar de tener habilidades similares, las mujeres eran más propensas a abandonar ciertos campos STEM debido a la percepción de falta de equilibrio entre trabajo y vida personal y preocupaciones sobre la cultura en el lugar de trabajo. Esto indica que abordar los problemas sistémicos en las industrias STEM sigue siendo crucial para lograr una verdadera paridad de género. Además, la interseccionalidad juega un papel vital en la comprensión de la participación en STEM. Sendze (2023) demostró que las mujeres de color enfrentan desafíos únicos en los campos STEM, destacando la necesidad de enfoques más matizados para promover la diversidad y la inclusión.

El análisis ha revelado diferencias significativas según el nivel de grado. Los puntajes medios y las desviaciones estándar entre los grados 7, 8 y 9 exhibieron variaciones interesantes en cada disciplina. En general, el grado 9 mostró un rendimiento mejor o al menos competitivo en la mayoría de las disciplinas. Este resultado es consistente con hallazgos previos de Balta *et al.* (2023), sugiriendo que las actitudes hacia STEM pueden cambiar con el aumento de los niveles de grado, donde experiencias de aprendizaje más ricas y un mayor compromiso con actividades STEM pueden fortalecer las actitudes positivas hacia la disciplina. El mejor rendimiento y las actitudes más positivas entre los estudiantes de grado 9 pueden reflejar una mayor exposición y comprensión del contenido STEM con el tiempo. A medida que los estudiantes avanzan en su trayectoria educativa, se encuentran con conceptos más complejos y aplicaciones del mundo real que fomentan el pensamiento crítico y las habilidades para resolver problemas (Supriadi *et al.*, 2024; Tuong *et al.*, 2023). Este proceso de maduración no solo mejora su rendimiento académico, sino que también cultiva una apreciación más profunda por la relevancia e importancia de los campos STEM. Además, esta tendencia plantea importantes preguntas sobre el diseño del currículo y las estrategias de enseñanza en los niveles de grado más bajos. Si la exposición temprana y el compromiso con las materias STEM pueden llevar a mejores actitudes y rendimiento en grados superiores, los actores educativos deberían considerar cómo mejorar la educación STEM en los grados 7 y 8. Implementar proyectos prácticos, oportunidades de aprendizaje colaborativo y escenarios de resolución de problemas reales podría ayudar a los estudiantes más jóvenes a desarrollar una base más sólida y un mayor interés en las materias STEM (Ammar *et al.*, 2024; Huang *et al.*, 2022; Nikolopoulou, 2023).

Aunque no se han encontrado diferencias significativas basadas en el sexo, se han observado diferencias notables basadas en el nivel de grado, lo que indica que experiencias de aprendizaje más largas y una participación más profunda en STEM pueden mejorar las actitudes positivas hacia esta disciplina. Estos hallazgos tienen importantes implicaciones para las estrategias de educación STEM, enfatizando la necesidad de enfoques sostenidos

y centrados en experiencias de aprendizaje profundo para todos los estudiantes, independientemente del género.

Los resultados indican una correlación con investigaciones previas sobre la influencia de la educación STEM en las habilidades y logros académicos de los estudiantes. Esto sugiere que implementar el aprendizaje y la evaluación STEM es importante para preparar una generación competente que cumpla con las demandas de la era global (Abina *et al.*, 2024). Las actitudes de los estudiantes hacia STEM juegan un papel crucial en determinar su disposición a aprender materias STEM y a seguir una carrera en STEM (Maltese y Tai, 2011).

## 5. Limitaciones y futuras investigaciones

Este estudio tiene varias limitaciones que deben ser destacadas. En primer lugar, la muestra de investigación se limitó a estudiantes de secundaria en Lampung, Indonesia; por lo tanto, los resultados pueden no ser generalizables a toda la población estudiantil de Indonesia o de otras regiones. Aunque esta investigación tiene el potencial de evaluar las actitudes de los estudiantes hacia STEM a escala global, es crucial reconocer que el género y el nivel de grado pueden influir significativamente en las percepciones y experiencias de los estudiantes con la educación STEM. Por ejemplo, los estudiantes masculinos y femeninos pueden tener intereses, niveles de confianza y barreras diferentes al interactuar con las materias STEM, lo que podría afectar sus actitudes. De manera similar, los estudiantes de diferentes grados pueden experimentar distintos niveles de exposición al contenido STEM, lo que impactaría sus percepciones generales y entusiasmo por estos campos. Por lo tanto, se necesitan más estudios para probar si estos hallazgos se aplican en diferentes contextos geográficos y culturales, utilizando muestras diversas que abarquen diferentes representaciones de género y niveles de grado. Este enfoque más amplio mejorará la comprensión de cómo fomentar eficazmente actitudes positivas hacia STEM entre los estudiantes de todo el mundo. En segundo lugar, esta investigación utilizó un diseño cuantitativo que proporciona datos objetivos, pero no integró métodos cualitativos que podrían ofrecer perspectivas más profundas sobre las razones detrás de las actitudes de los estudiantes hacia STEM. Las entrevistas o discusiones en grupos focales podrían mejorar la comprensión de los factores que influyen en las actitudes de los estudiantes.

Adicionalmente, el estudio se centró en las variables de género y nivel de grado sin considerar otros factores como el contexto socioeconómico, el apoyo familiar y las experiencias de aprendizaje previas, que también podrían influir en las actitudes de los estudiantes hacia STEM. A pesar de la validación a través del AFC, algunos ítems de la declaración no cumplieron con los criterios de adecuación, lo que indica que el instrumento utilizado requiere refinamiento. Se necesita una mayor validación con una población más grande y diversa para asegurar la fiabilidad y validez del instrumento de evaluación.

Para abordar estas limitaciones, se recomienda que futuras investigaciones amplíen la muestra geográfica y demográficamente. La investigación debe incluir muestras de diversas regiones (es decir, en Indonesia, Asia, Europa y EE. UU.) y considerar diversos antecedentes demográficos para obtener una imagen más completa de las actitudes de los estudiantes hacia STEM. Además, emplear métodos mixtos que combinen enfoques cuantitativos y cualitativos puede proporcionar perspectivas más profundas sobre las

actitudes de los estudiantes. Por ejemplo, las entrevistas en profundidad y las discusiones en grupos focales pueden descubrir factores que podrían no detectarse solo a través de encuestas.

Las futuras investigaciones también deben considerar otros factores, como el contexto socioeconómico, el apoyo familiar y la calidad de la enseñanza, que podrían influir en las actitudes de los estudiantes hacia STEM. Esto puede proporcionar una comprensión más completa y detallada. También es necesario el desarrollo y la validación continua de los instrumentos de evaluación. Involucrar a expertos en la materia y a profesionales de la educación en el proceso de desarrollo del instrumento puede mejorar la precisión y relevancia de los ítems de declaración.

Realizar investigaciones longitudinales también puede ayudar a entender cómo se desarrollan las actitudes hacia STEM a lo largo del tiempo y qué factores contribuyen a estos cambios. Esto puede proporcionar información valiosa para el desarrollo de planes de estudio sostenibles y estrategias de aprendizaje en STEM. Finalmente, considerando las recomendaciones de Tsai *et al.* (2023), futuras investigaciones deberían incorporar análisis exhaustivos de factores demográficos, psicológicos y ambientales que puedan influir en las actitudes de los estudiantes hacia STEM.

Al considerar estas limitaciones e implementar las recomendaciones para futuras investigaciones, se espera que se logre una comprensión más profunda y completa de las actitudes de los estudiantes hacia STEM y los factores que las influyen.

## 6. Conclusión

En conclusión, este estudio ha desarrollado y validado con éxito un cuestionario de actitudes hacia STEM utilizando AFC para evaluar la fiabilidad de los ítems. El objetivo principal fue categorizar los ítems de declaración según su significado conceptual. Si bien el AFC generalmente apoyó las directrices de ajuste del modelo, varios ítems, especialmente aquellos redactados negativamente en la escala de matemáticas, no cumplieron con los criterios estadísticos debido a bajos coeficientes de carga factorial.

El estudio subraya la importancia de alinear el significado conceptual de los ítems de declaración con los datos estadísticos para obtener resultados completos. El AFC valida eficazmente los constructos teóricos al probar las relaciones entre variables latentes e indicadores medibles. Sin embargo, comprender cómo los estudiantes interpretan las declaraciones es crucial para evaluar la fiabilidad y validez del instrumento. Por lo tanto, la integración de datos estadísticos y perspectivas contextuales durante el desarrollo del instrumento es esencial para una medición precisa.

Además, el estudio ha identificado varios coeficientes de camino y tamaños de efecto entre variables, lo que indica fuertes correlaciones entre las variables de actitud hacia STEM. Los altos coeficientes de camino sugieren relaciones sustanciales entre variables latentes y sus indicadores, apoyados por tamaños de efecto significativos que aclaran la magnitud de estas relaciones. Basado en estos hallazgos sólidos, el estudio afirma la validez y fiabilidad del instrumento de evaluación de actitudes hacia STEM para medir con precisión las actitudes de los estudiantes. Este instrumento puede servir como una herramienta valiosa para futuras investigaciones orientadas a mejorar el aprendizaje en STEM en

entornos educativos. Además, el estudio exploró cómo los factores de contexto, como el género y el nivel de grado, influyen en las respuestas de los estudiantes al cuestionario de actitudes hacia STEM. Aunque no se encontraron diferencias significativas de género, se observaron variaciones notables según el nivel de grado, lo que sugiere que una mayor exposición y participación en actividades STEM impactan positivamente las actitudes de los estudiantes, alineándose con investigaciones previas.

Estos hallazgos tienen importantes implicaciones para las estrategias de educación STEM, enfatizando la necesidad de enfoques inclusivos que promuevan experiencias de aprendizaje profundas para todos los estudiantes, independientemente del género o nivel de grado. Diseñar intervenciones educativas específicas utilizando instrumentos que midan las actitudes hacia STEM puede identificar eficazmente las percepciones de los estudiantes y las áreas de mejora. Por ejemplo, implementar programas dirigidos basados en los resultados de las evaluaciones de actitudes puede ayudar a abordar conceptos erróneos específicos y fomentar actitudes positivas. Además, usar instrumentos para monitorear cambios en las actitudes a lo largo del tiempo puede informar ajustes en el currículo y estrategias de enseñanza, asegurando que las intervenciones sigan siendo relevantes e impactantes. Al aprovechar estas herramientas, los educadores pueden crear iniciativas personalizadas que fomenten un entorno positivo para todos los estudiantes en la educación STEM. En última instancia, tales estrategias pueden mejorar significativamente el compromiso y rendimiento de los estudiantes en las disciplinas STEM, contribuyendo a una fuerza laboral más capacitada y diversa.

### **Contribuciones de autores**

Mujib Mujib: Redacción - Borrador Original, Supervisión, Adquisición de fondos, Análisis Formal, Metodología y Borrador Original; Mardiyah Mardiyah: Redacción – revisión y edición, Conceptualización, Redacción - Edición y Visualización.

### **Financiación**

El estudio reportado fue financiado por el Departamento de Investigación y Servicio Comunitario (LP2M) de la Universidad Islámica Estatal Raden Intan Lampung, Indonesia.

### **Referencias**

Abina, A., Temeljotov Salaj, A., Cestnik, B., Karalič, A., Ogrinc, M., Kovačič Lukman, R., y Zidanšek, A. (2024). Challenging 21st-Century Competencies for STEM Students: Companies' Vision in Slovenia and Norway in the Light of Global Initiatives for Competencies Development. *Sustainability*, 16(3), 1295. <https://doi.org/10.3390/su16031295>

- Akiri, E., y Dori, Y. J. (2022). Professional Growth of Novice and Experienced STEM Teachers. *Journal of Science Education and Technology*, 31(1), 129–142. <https://doi.org/10.1007/s10956-021-09936-x>
- AlAli, R. (2024). Enhancing 21st Century Skills Through Integrated STEM Education Using Project-Oriented Problem-Based Learning. *Geojournal of Tourism and Geosites*, 53(2), 421–430. <https://doi.org/10.30892/gtg.53205-1217>
- Ammar, M., Al-Thani, N. J., y Ahmad, Z. (2024). Role of pedagogical approaches in fostering innovation among K-12 students in STEM education. *Social Sciences y Humanities Open*, 9, 100839. <https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2024.100839>
- Antonietti, C., Schmitz, M.-L., Consoli, T., Cattaneo, A., Gonon, P., y Petko, D. (2023). Development and validation of the ICAP Technology Scale to measure how teachers integrate technology into learning activities. *Computers y Education*, 192, 104648. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104648>
- Asigigan, S. Í., y Samur, Y. (2021). The effect of gamified stem practices on students' intrinsic motivation, critical thinking disposition levels, and perception of problem-solving skills. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 9(2), 332–352. <https://doi.org/10.46328/ijemst.1157>
- Balta, N., Japashov, N., Karimova, A., Agaidarova, S., Abisheva, S., y Potvin, P. (2023). Middle and high school girls' attitude to science, technology, engineering, and mathematics career interest across grade levels and school types. *Frontiers in Education*, 8, 1158041. <https://doi.org/10.3389/educ.2023.1158041>
- Bandura, A. (1969). Social-learning theory of identificatory processes. In D. A. Goslin (Ed.). *Handbook of Socialization Theory and Research*, 213–262. Chicago, IL: Rand McNally y Company
- Bandura, A. (1997). Self-efficacy: The exercise of control. *New York, NY*.
- Benek, I., y Akcay, B. (2019). Development of STEM attitude scale for secondary school students: Validity and reliability study. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 7(1), 32–52. <https://doi.org/10.18404/ijemst.509258>
- Blotnick, K. A., Franz-Odenaal, T., French, F., y Joy, P. (2018). A study of the correlation between STEM career knowledge, mathematics self-efficacy, career interests, and career activities on the likelihood of pursuing a STEM career among middle school students. *International Journal of STEM Education*, 5(1), 22. <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0118-3>

- Boone, W. J., Staver, J. R., y Yale, M. S. (2014). *Rasch analysis in the human sciences*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-6857-4>
- Cervone, D., Mercurio, L., y Lilley, C. (2020). The individual stem student in context: Idiographic methods for understanding self-knowledge and intraindividual patterns of self-efficacy appraisal. *Journal of Educational Psychology*, 112(8), 1597. <https://doi.org/10.1037/edu0000454>
- Chen, L., Yoshimatsu, N., Goda, Y., Okubo, F., Taniguchi, Y., Oi, M., Konomi, S., Shimada, A., Ogata, H., y Yamada, M. (2019). Direction of collaborative problem solving-based STEM learning by learning analytics approach. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 14(1), 24. <https://doi.org/10.1186/s41039-019-0119-y>
- Cheung, G. W., Cooper-Thomas, H. D., Lau, R. S., y Wang, L. C. (2023). Reporting reliability, convergent and discriminant validity with structural equation modeling: A review and best-practice recommendations. *Asia Pacific Journal of Management*. <https://doi.org/10.1007/s10490-023-09871-y>
- Chiu, T. K., y Li, Y. (2023). How Can Emerging Technologies Impact STEM Education? *Journal for STEM Education Research*, 1–10. <https://doi.org/10.1007/s41979-023-00113-w>
- Chuah, S. H.-W., Rauschnabel, P. A., Krey, N., Nguyen, B., Ramayah, T., y Lade, S. (2016). Wearable technologies: The role of usefulness and visibility in smartwatch adoption. *Computers in Human Behavior*, 65, 276–284. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.07.047>
- Clarke, M. M., Madaus, G. F., Horn, C. L., y Ramos, M. A. (2000). Retrospective on educational testing and assessment in the 20th century. *Journal of Curriculum Studies*, 32(2), 159–181. <https://doi.org/10.1080/002202700182691>
- Cohen, J. (1992). A power primer. *Psychological Bulletin*, 112(1), 155.
- DeCoito, I., y Myszkal, P. (2018). Connecting Science Instruction and Teachers' Self-Efficacy and Beliefs in STEM Education. *Journal of Science Teacher Education*, 29(6), 485–503. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2018.1473748>
- Dökme, İ., Açıksöz, A., y Koyunlu Ünlü, Z. (2022). Investigation of STEM fields motivation among female students in science education colleges. *International Journal of STEM Education*, 9(1), 8. <https://doi.org/10.1186/s40594-022-00326-2>
- Dubina, K. S., Ice, L., Kim, J.-L., y Rieley, M. J. (2021). Projections overview and highlights, 2020–30. *Monthly Labor Review*, 1–38. <https://www.jstor.org/stable/48631007>

- Durakovic, A. (2022). A Research of Middle School Students' Attitudes towards STEM Education in Terms of Some Variables: Which Variables Had the Greatest Impact on Attitudes?. *International Online Journal of Education and Teaching*, 9(2), 1032–1046.
- Eccles, J. S., y Wigfield, A. (2002). Motivational Beliefs, Values, and Goals. *Annual Review of Psychology*, 53(1), 109–132. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.53.100901.135153>
- Edwards, D., Buckley, S., Chiavaroli, N., Rothman, S., y McMillan, J. (2023). The STEM pipeline: Pathways and influences on participation and achievement of equity groups. *Journal of Higher Education Policy and Management*, 45(2), 206–222. <https://doi.org/10.1080/1360080X.2023.2180169>
- English, L. D. (2016). STEM education K-12: Perspectives on integration. *International Journal of STEM Education*, 3(1), 3, s40594-016-0036–1. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0036-1>
- Farida, F., Alamsyah, Y. A., Anggoro, B. S., Andari, T., y Lusiana, R. (2024). Rasch Measurement Validation of an Assessment Tool for Measuring Students' Creative Problem-Solving through the Use of ICT. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 71, 83–106. <https://doi.org/10.12795/pixelbit.107973>
- Farida, F., Supriadi, N., Andriani, S., Pratiwi, D. D., Suherman, S., y Muhammad, R. R. (2022). STEM approach and computer science impact the metaphorical thinking of Indonesian students'. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, 22(69). <https://doi.org/10.6018/red.493721>
- Gaskin, J., y Lim, J. (2016). Model fit measures. *Gaskination's StatWiki*, 1–55.
- Göktepe Körpeoğlu, S., y Göktepe Yıldız, S. (2023). Comparative analysis of algorithms with data mining methods for examining attitudes towards STEM fields. *Education and Information Technologies*, 28(3), 2791–2826. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11216-z>
- Guàrdia, L., Maina, M., Mancini, F., y Martinez Melo, M. (2023). Key Quality Factors in Digital Competence Assessment: A Validation Study from Teachers' Perspective. *Applied Sciences*, 13(4), 2450. <https://doi.org/10.3390/app13042450>
- Höhne, E., Lotz, C., Deiglmayr, A., y Zander, L. (2024). How Do Perceived Instructors' Mindset Beliefs Influence STEM Students' Belonging Uncertainty and Dropout Intentions?: An Intersectional Analysis of Students' Gender and Immigrant Background. *Zeitschrift Für Entwicklungspsychologie Und Pädagogische Psychologie*, 56(1–2), 55–72. <https://doi.org/10.1026/0049-8637/a000290>

- Hu, L., y Bentler, P. M. (1999). Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, 6(1), 1–55. <https://doi.org/10.1080/10705519909540118>
- Huang, B., Jong, M. S.-Y., King, R. B., Chai, C.-S., y Jiang, M. Y.-C. (2022). Promoting secondary Students' twenty-first century skills and STEM career interests through a crossover program of STEM and community service education. *Frontiers in Psychology*, 13, 903252. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.903252>
- Jomnonkwao, S., y Ratanavaraha, V. (2016). Measurement modelling of the perceived service quality of a sightseeing bus service: An application of hierarchical confirmatory factor analysis. *Transport Policy*, 45, 240–252. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2015.04.001>
- Kline, R. B. (2015). *Principles and practice of structural equation modeling, 4th Edn.* Guilford publications.
- Knezek, G., y Christensen, R. (2008). STEM semantics survey. *Computers in Human Behavior*. <https://doi.org/10.1037/t32658-000>
- Komarudin, K., y Suherman, S. (2024). An Assessment of Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) among Pre-service Teachers: A Rasch Model Measurement [Evaluación del conocimiento tecnológico pedagógico del contenido (TPACK) entre los profesores en formación: modelo de medición Rasch]. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 71, 59–82. <https://doi.org/10.12795/pixelbit.107599>
- Kong, S. F., y Mohd Matore, M. E. E. (2022). Can a Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) approach enhance students' mathematics performance? *Sustainability*, 14(1), 379. <https://doi.org/10.3390/su14010379>
- Koul, R. B., McLure, F. I., y Fraser, B. J. (2023). Gender differences in classroom emotional climate and attitudes among students undertaking integrated STEM projects: A Rasch analysis. *Research in Science y Technological Education*, 41(3), 1051–1071. <https://doi.org/10.1080/02635143.2021.1981852>
- Kryshko, O., Fleischer, J., Grunschel, C., y Leutner, D. (2022). Self-efficacy for motivational regulation and satisfaction with academic studies in STEM undergraduates: The mediating role of study motivation. *Learning and Individual Differences*, 93, 102096. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2021.102096>

- Lee, H.-Y., Wu, T.-T., Lin, C.-J., Wang, W.-S., y Huang, Y.-M. (2023). Integrating Computational Thinking Into Scaffolding Learning: An Innovative Approach to Enhance Science, Technology, Engineering, and Mathematics Hands-On Learning. *Journal of Educational Computing Research*, 07356331231211916. <https://doi.org/10.1177/0735633123121191>
- Lee, T., Wen, Y., Chan, M. Y., Azam, A. B., Looi, C. K., Taib, S., Ooi, C. H., Huang, L. H., Xie, Y., y Cai, Y. (2022). Investigation of virtual y augmented reality classroom learning environments in university STEM education. *Interactive Learning Environments*, 1–16. <https://doi.org/10.1080/10494820.2022.2155838>
- Luo, T., So, W. W. M., Wan, Z. H., y Li, W. C. (2021). STEM stereotypes predict students' STEM career interest via self-efficacy and outcome expectations. *International Journal of STEM Education*, 8(1), 36. <https://doi.org/10.1186/s40594-021-00295-y>
- Macun, Y., y Cemalettin, I. (2022). Effect of problem-based STEM activities on 7th grade students' mathematics achievements, attitudes, anxiety, self-efficacy and views. *International Journal of Contemporary Educational Research*, 9(1), 87–102.
- Maltese, A. V., y Tai, R. H. (2011). Pipeline persistence: Examining the association of educational experiences with earned degrees in STEM among U.S. students. *Science Education*, 95(5), 877–907. <https://doi.org/10.1002/sce.20441>
- Nguyen, T. P. L., Nguyen, T. H., y Tran, T. K. (2020). STEM education in secondary schools: Teachers' perspective towards sustainable development. *Sustainability*, 12(21), 8865. <https://doi.org/10.3390/su12218865>
- Nikolopoulou, K. (2023). STEM activities for children aged 4–7 years: Teachers' practices and views. *International Journal of Early Years Education*, 31(3), 806–821. <https://doi.org/10.1080/09669760.2022.2128994>
- Ogodo, J. A. (2023). Developing STEM Teachers' Cultural Competence through an Urban Teaching Curriculum: A Cultural Border Crossing Experience. *Journal of Science Teacher Education*, 34(3), 267–286. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2022.2046248>
- Okulu, H. Z., y Oguz-Unver, A. (2021). The Development and Evaluation of a Tool to Determine the Characteristics of STEM Activities. *European Journal of STEM Education*, 6(1), 6. <https://doi.org/10.20897/ejsteme/10894>

- Osborne, J., Simon, S., y Collins, S. (2003). Attitudes towards science: A review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education*, 25(9), 1049–1079. <https://doi.org/10.1080/0950069032000032199>
- Óturai, G., Riener, C., y Martiny, S. E. (2023). Attitudes towards mathematics, achievement, and drop-out intentions among STEM and Non-STEM students in Norway. *International Journal of Educational Research Open*, 4, 100230. <https://doi.org/10.1016/j.ijedro.2023.100230>
- Ozulku, E., y Kloser, M. (2023). Middle school students' motivational dispositions and interest in STEM careers. *International Journal of Science Education*, 1–21. <https://doi.org/10.1080/09500693.2023.2234778>
- Phillips, N. D. (2017). Yarr! The pirate's guide to R. *APS Observer*, 30.
- Rosenzweig, E. Q., y Chen, X.-Y. (2023). Which STEM careers are most appealing? Examining high school students' preferences and motivational beliefs for different STEM career choices. *International Journal of STEM Education*, 10(1), 40. <https://doi.org/10.1186/s40594-023-00427-6>
- Rusmana, A. N., Sya'bandari, Y., Aini, R. Q., Rachmatullah, A., y Ha, M. (2021). Teaching Korean science for Indonesian middle school students: Promoting Indonesian students' attitude towards science through the global science exchange programme. *International Journal of Science Education*, 43(11), 1837–1859. <https://doi.org/10.1080/09500693.2021.1938278>
- Saxton, E., Burns, R., Holveck, S., Kelley, S., Prince, D., Rigelman, N., y Skinner, E. A. (2014). A common measurement system for K-12 STEM education: Adopting an educational evaluation methodology that elevates theoretical foundations and systems thinking. *Studies in Educational Evaluation*, 40, 18–35. <https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2013.11.005>
- Sendze, M. S. (2023). I Can't Quit: Experiences of Black Women in STEM Professions. *Journal of Career Assessment*, 31(2), 377–396. <https://doi.org/10.1177/10690727221118696>
- Siew, N. M., y Ambo, N. (2018). Development and Evaluation of an Integrated Project-Based and STEM Teaching and Learning Module on Enhancing Scientific Creativity among Fifth Graders. *Journal of Baltic Science Education*, 17(6), 1017–1033. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1315662>
- Sölpük, N. (2017). The effect of attitude on student achievement. In *The factors effecting student achievement: Meta-analysis of empirical studies* (pp. 57–73). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-56083-0\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-319-56083-0_4)
- Sparks, D. M., Przymus, S. D., Silveus, A., De La Fuente, Y., y Cartmill, C. (2023). Navigating the Intersectionality of Race/Ethnicity, Culture, and Gender Identity as an Aspiring Latina STEM

- Student. *Journal of Latinos and Education*, 22(4), 1355–1371.  
<https://doi.org/10.1080/15348431.2021.1958332>
- Steinberg, M., y Diekman, A. B. (2017). Elevating Positivity toward STEM Pathways through Communal Experience: The Key Role of Beliefs that STEM Affords Other-Oriented Goals. *Analyses of Social Issues and Public Policy*, 17(1), 235–261. <https://doi.org/10.1111/asap.12135>
- Straub, D., Boudreau, M.-C., y Gefen, D. (2004). Validation guidelines for IS positivist research. *Communications of the Association for Information Systems*, 13(1), 24. <https://doi.org/10.17705/1CAIS.01324>
- Suherman, S., y Vidákovich, T. (2022). Adaptation and Validation of Students' Attitudes Toward Mathematics to Indonesia. *Pedagogika*, 147(3), 227–252. <https://doi.org/10.15823/p.2022.147.11>
- Suherman, S., y Vidákovich, T. (2024). Relationship between ethnic identity, attitude, and mathematical creative thinking among secondary school students. *Thinking Skills and Creativity*, 51, 101448. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2023.101448>
- Suprpto, N. (2016). Students' Attitudes towards STEM education: Voices from Indonesian junior high schools. *Journal of Turkish Science Education*, 13(special), 75–87. <https://doi.org/10.12973/tused.10172a>
- Supriadi, N., Jamaluddin Z, W., y Suherman, S. (2024). The role of learning anxiety and mathematical reasoning as predictor of promoting learning motivation: The mediating role of mathematical problem solving. *Thinking Skills and Creativity*, 52, 101497. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2024.101497>
- Tan, A.-L., Ong, Y. S., Ng, Y. S., y Tan, J. H. J. (2023). STEM Problem Solving: Inquiry, Concepts, and Reasoning. *Science y Education*, 32(2), 381–397. <https://doi.org/10.1007/s11191-021-00310-2>
- Temel, H. (2023). Investigation of the Relationship Between Elementary School Mathematics Teacher Candidates' Attitudes Towards STEM Education and Their Proficiency Perceptions of 21st Century Skills. *Uludağ Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 36(1), 150–173. <https://doi.org/10.19171/uefad.1147025>
- Thompson, R. J., Schmid, L., Mhuri, M., Dowd, J. E., Finkenstaedt-Quinn, S. A., Shultz, G. V., Gere, A. R., Schiff, L. A., Flash, P., y Reynolds, J. A. (2024). Diversity of undergraduates in STEM courses: Individual and demographic differences in changes in self-efficacy, epistemic beliefs, and

- intrapersonal attribute profiles. *Studies in Higher Education*, 49(4), 690–711. <https://doi.org/10.1080/03075079.2023.2250385>
- Tsai, C.-A., Song, M.-Y. W., Lo, Y.-F., y Lo, C.-C. (2023). Design thinking with constructivist learning increases the learning motivation and wicked problem-solving capability—An empirical research in Taiwan. *Thinking Skills and Creativity*, 50, 101385. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2023.101385>
- Tsai, S.-P., Ting, Y.-L., y Chu, L. (2023). Development and preliminary validation of the middle school students' attitudes toward STEM learning scale. *Research in Science y Technological Education*, 1–21. <https://doi.org/10.1080/02635143.2023.2235291>
- Tuong, H. A., Nam, P. S., Hau, N. H., Tien, V. T. B., Lavicza, Z., y Houghton, T. (2023). Utilizing STEM-based practices to enhance mathematics teaching in Vietnam: Developing students' real-world problem solving and 21st century skills. *JOTSE: Journal of Technology and Science Education*, 13(1), 73–91. <https://doi.org/10.3926/jotse.1790>
- Unfried, A., Faber, M., Stanhope, D. S., y Wiebe, E. (2015). The development and validation of a measure of student attitudes toward science, technology, engineering, and math (S-STEM). *Journal of Psychoeducational Assessment*, 33(7), 622–639. <https://doi.org/10.1177/0734282915571160>
- Van Aalderen-Smeets, S. I., y Walma Van Der Molen, J. H. (2018). Modeling the relation between students' implicit beliefs about their abilities and their educational STEM choices. *International Journal of Technology and Design Education*, 28(1), 1–27. <https://doi.org/10.1007/s10798-016-9387-7>
- Wahono, B., y Chang, C.-Y. (2019). Development and Validation of a Survey Instrument (AKA) towards Attitude, Knowledge and Application of STEM. *Journal of Baltic Science Education*, 18(1), 63–76. <https://doi.org/10.33225/jbse/19.18.63>
- Wan, Z. H., So, W. M. W., y Zhan, Y. (2022). Developing and Validating a Scale of STEM Project-Based Learning Experience. *Research in Science Education*, 52(2), 599–615. <https://doi.org/10.1007/s11165-020-09965-3>
- Wang, N., Tan, A.-L., Zhou, X., Liu, K., Zeng, F., y Xiang, J. (2023). Gender differences in high school students' interest in STEM careers: A multi-group comparison based on structural equation model. *International Journal of STEM Education*, 10(1), 59. <https://doi.org/10.1186/s40594-023-00443-6>

- Wang, X. (2013). Why Students Choose STEM Majors: Motivation, High School Learning, and Postsecondary Context of Support. *American Educational Research Journal*, 50(5), 1081–1121. <https://doi.org/10.3102/0002831213488622>
- Wicaksono, A. G. C., y Korom, E. (2023). Attitudes towards science in higher education: Validation of questionnaire among science teacher candidates and engineering students in Indonesia. *Heliyon*, 9(9). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e20023>
- Wilson, K. (2021). Exploring the challenges and enablers of implementing a STEM project-based learning programme in a diverse junior secondary context. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 19(5), 881–897. <https://doi.org/10.1007/s10763-020-10103-8>
- Xie, J., y Ferguson, Y. (2024). STEM faculty's perspectives on adopting culturally responsive pedagogy. *Teaching in Higher Education*, 29(5), 1215–1233. <https://doi.org/10.1080/13562517.2022.2129960>
- Xu, C., y Lastrapes, R. E. (2022). Impact of STEM sense of belonging on career interest: The role of STEM attitudes. *Journal of Career Development*, 49(6), 1215–1229. <https://doi.org/10.1177/08948453211033025>
- Yalçın, V., y Erden, Ş. (2021). The Effect of STEM Activities Prepared According to the Design Thinking Model on Preschool Children's Creativity and Problem-Solving Skills. *Thinking Skills and Creativity*, 100864. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2021.100864>
- Zajac, T., Magda, I., Bożykowski, M., Chłoń-Domińczak, A., y Jasiński, M. (2024). Gender pay gaps across STEM fields of study. *Studies in Higher Education*, 1–14. <https://doi.org/10.1080/03075079.2024.2330667>

