



Modelo de Van Hiele y el enfoque STEAM un binomio para el aprendizaje de la Geometría en 4to grado de secundaria

Johandy Osanny **Gómez-Vásquez**

Instituto Superior de Formación Docente Salomé Ureña. RLNNM

República Dominicana

thejogv@gmail.com

Yolanni Mercedes **Peguero-Ovalles**

Instituto Superior de Formación Docente Salomé Ureña. RLNNM

República Dominicana

yolyovalles0107@gmail.com

Melissa **Vásquez-Hernández**

Instituto Superior de Formación Docente Salomé Ureña. RLNNM

República Dominicana

melissavh0611@gmail.com

Newman Yonander **Zambrano- Leal**

Instituto Superior de Formación Docente Salomé Ureña. RLNNM

República Dominicana

newman.zambrano@isfodosu.edu.do

Resumen

La necesidad de fortalecer las competencias geométricas en el sistema educativo dominicano motivó la incorporación de enfoques pedagógicos innovadores. Esta investigación cualitativa, desarrollada mediante una metodología de investigación-acción inspirada en el modelo de Kemmis, analizó el impacto de integrar el enfoque STEAM y el modelo de Van Hiele en estudiantes de cuarto grado de secundaria. La experiencia se implementó durante el año escolar 2023-2024 con una muestra de 34 estudiantes. Los resultados evidencian que esta articulación metodológica propicia aprendizajes profundos y contextualizados, mediante proyectos interdisciplinarios centrados en la resolución de problemas. Inicialmente, todos los estudiantes se encontraban en el nivel 1 del modelo de Van Hiele: 32 en fase 1 y 2 en fase 2. Tras la intervención, 17 avanzaron al nivel 2 y los restantes mostraron avances importantes

dentro del nivel 1. Se concluye que esta estrategia favorece el pensamiento geométrico y potencia habilidades cognitivas clave desde una perspectiva activa e interdisciplinaria.

Palabras clave: Desarrollo de Competencias Geométricas; Educación Matemática; Educación Secundaria; Modelo de Van Hiele; Metodología STEAM; República Dominicana

Introducción

En el contexto de una institución educativa pública, en el cuarto grado del segundo ciclo del nivel secundario donde los estudiantes tienen entre 14 y 15 años de la provincia de Santiago de los Caballeros en República Dominicana, las observaciones iniciales revelaron una preocupante deficiencia en el desempeño matemático de los estudiantes. Estas dificultades se hicieron evidentes al constatar que los alumnos mostraban un escaso dominio de los contenidos previos en Geometría, incapaces de identificar adecuadamente figuras y elementos esenciales, lo que derivaba en un bajo nivel de deducción y comprensión de los teoremas y propiedades. Esta problemática, que trasciende de grados anteriores, limita la capacidad de los estudiantes para crear conceptos por sí mismos y relacionar elementos fundamentales en el proceso de aprendizaje.

Según Araya (2014), “Hoy las expectativas sobre la educación indican que la escuela debe contribuir al desarrollo de la capacidad de utilizar conceptos, representaciones y procedimientos matemáticos para interpretar y comprender el mundo real, tanto en lo referido a la vida en el entorno social inmediato, como en los ámbitos del trabajo y estudio” (p. 66). Este planteamiento destaca la necesidad imperiosa de que los estudiantes no solo adquieran conocimientos matemáticos, sino que los integren de manera que puedan aplicarlos en contextos reales, facilitando así su desenvolvimiento en la vida cotidiana.

Conscientes de esta realidad y motivados por el reto de transformar el proceso educativo, se busca implementar una estrategia innovadora que no solo fortalezca las competencias matemáticas, sino que también estimule la motivación y la creatividad de los discentes. En este sentido, se plantearon las siguientes interrogantes: ¿Cómo influye la combinación del Modelo de Van Hiele y el enfoque STEAM en la adquisición de conocimientos geométricos en estudiantes de 4to grado de secundaria? ¿Qué habilidades prácticas y competencias esenciales se desarrollan al integrar estos enfoques en el proceso de enseñanza-aprendizaje?

A partir de este panorama, el objetivo general de esta investigación fue aplicar el Modelo de Van Hiele y el Enfoque STEAM como un binomio para potenciar la adquisición de los conocimientos geométricos en 4to grado de dicha institución.

Marco Teórico

Justificación

La Geometría es un pilar fundamental en el estudio de las matemáticas, reflejado en múltiples aspectos del currículo escolar, especialmente en el cuarto grado de secundaria. La importancia de la Geometría en este nivel educativo radica en la adquisición de conocimientos específicos y el desarrollo de habilidades cognitivas cruciales.

Siguiendo a Therán-Palacio (2021), se destaca la importancia del pensamiento geométrico y el modelo de Van Hiele en el desarrollo de habilidades computacionales. De allí surgió la idea de identificar un método que ayudara a los estudiantes a desarrollar un aprendizaje significativo de la geometría. Fernández-Nieto (2018) resalta la importancia de la geometría para la vida y su enseñanza, enfatizando la necesidad de conectar los conceptos geométricos con la realidad cotidiana.

Por tal motivo, se planteó la idea de adoptar un modelo que contribuyera al aprendizaje significativo de la geometría. La concepción didáctica del trabajo se basó en el modelo educativo de Van Hiele. Una de las razones principales para abordar esta problemática mediante el modelo de Van Hiele y el enfoque STEAM fue su potencial para beneficiar tanto a los estudiantes como a los docentes y al equipo investigador. Se optó por el enfoque STEAM porque permitió una integración interdisciplinaria que favoreció el desarrollo de competencias cognitivas, creativas y colaborativas en los estudiantes. Este enfoque promovió un aprendizaje activo y contextualizado, facilitando la conexión entre los contenidos académicos y situaciones reales, en respuesta a las necesidades planteadas en el estudio. Además, ofreció a los docentes una estructura pedagógica propicia para la implementación de metodologías innovadoras, y al equipo investigador, un marco de análisis que posibilitó examinar las estrategias didácticas desde múltiples dimensiones del conocimiento. Con esta implementación, se buscó mejorar la comprensión de la geometría, de modo que, a medida que los estudiantes avanzaran en los niveles del modelo, fortalecieran su dominio de los conceptos geométricos y su aplicación en diversos contextos.

Conceptualización del Tema

Enseñanza de la Geometría

Fernández-Nieto (2018) destaca la necesidad de romper con los paradigmas tradicionalistas en la enseñanza de la geometría, enfatizando la formación de profesionales competentes y útiles a la sociedad. Pérez y Grau (2010) señalan la relevancia de la enseñanza de la geometría asistida por computadoras como una nueva realidad en la secundaria básica.

Origen del Modelo de Van Hiele

La teoría del razonamiento geométrico de Van Hiele, según Vargas y Araya (2013), se originó en las tesis doctorales de Pierre van Hiele y Dina van Hiele-Geldof, presentadas en 1957 en la Universidad de Utrecht, Países Bajos. Estos trabajos sentaron las bases de un modelo que describe cómo los estudiantes desarrollan su pensamiento geométrico a través de niveles jerárquicos de comprensión. Falconí-Procel (2021) también destaca la utilidad del modelo de

Van Hiele en la enseñanza de la geometría. Por su parte, Sánchez González, Sánchez Sánchez y Roa González (2024) realizaron un análisis de la producción científica española sobre este modelo, ofreciendo una perspectiva actualizada de su aplicación.

Niveles de razonamiento geométrico de Van Hiele

Los niveles de Van Hiele son descritos por los siguientes autores Fouz y De Donosti (2005), Jaime (1993), Jaime y Gutiérrez (1994) y Beltrametti, Esquivel y Ferrari (2005). Estos niveles de razonamiento geométrico se estructuran jerárquicamente en cinco etapas: Nivel 1 (Reconocimiento o visualización), Nivel 2 (Análisis), Nivel 3 (Deducción informal), Nivel 4 (Deducción formal) y Nivel 5 (Rigor). En el nivel 1, el individuo identifica figuras por su apariencia global, sin distinguir componentes ni comprender sus propiedades; las descripciones son visuales y se apoyan en comparaciones con elementos cotidianos. En el nivel 2, se reconocen partes y propiedades de las figuras geométricas, pero sin establecer relaciones entre ellas; las definiciones surgen de la manipulación empírica, sin una estructura formal. En el nivel 3, el estudiante comprende definiciones, reconoce relaciones entre propiedades y deduce unas a partir de otras, aunque aún no organiza formalmente las demostraciones. En el nivel 4, realiza demostraciones lógicas, maneja la estructura axiomática y reconoce múltiples formas de argumentación. En el nivel 5, analiza sistemas deductivos completos y valora el rigor y la consistencia de los axiomas; este nivel, altamente abstracto, suele alcanzarse solo en contextos universitarios (Alsina, Fortuny y Pérez, 1997; Therán-Palacio, 2021). Según Fouz (2006), al ascender de nivel, el estudiante explicita conocimientos antes implícitos, ampliando su comprensión y dominio conceptual.

Las fases del Modelo de Van Hiele

Las fases del modelo de Van Hiele estructuran el desarrollo del pensamiento geométrico a través de cinco momentos secuenciales, aplicables a cada nivel de razonamiento (Jaime, 1993; Fouz y De Donosti, 2005). Estas fases actúan como un andamiaje pedagógico que guía el aprendizaje progresivo. En la fase 1 (Información) se activan los conocimientos previos e introduce el nuevo contenido. La fase 2 (Orientación dirigida) ofrece problemas estructurados para construir conceptos clave. En la fase 3 (Explicitación) los estudiantes verbalizan sus hallazgos con lenguaje técnico, fortaleciendo sus redes conceptuales. La fase 4 (Orientación libre) permite aplicar lo aprendido a nuevas situaciones con mínima guía docente, favoreciendo la autonomía. Finalmente, en la fase 5 (Integración) se reorganizan y conectan los conocimientos adquiridos, facilitando una comprensión global del contenido. Estas fases no son lineales ni exclusivas de un solo nivel, sino que deben recorrerse en cada etapa para consolidar el aprendizaje geométrico y avanzar en niveles superiores de razonamiento.

Enfoque STEAM

El enfoque STEAM se presenta como una propuesta pedagógica integral que supera la enseñanza tradicional fragmentada, al integrar Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Arte y Matemáticas en un aprendizaje interdisciplinario adaptado a los retos del siglo XXI. No se limita al desarrollo de competencias técnicas, sino que también promueve habilidades creativas, críticas, colaborativas y comunicativas, esenciales en contextos profesionales actuales (Celis y

González, 2021). Desde una perspectiva metodológica, se vincula con el constructivismo y el aprendizaje activo, colocando al estudiante como agente principal en la construcción de su conocimiento. Como señalan Celis y González (2021), STEAM favorece la indagación, la experimentación y el trabajo por proyectos, generando aprendizajes significativos y contextualizados.

Este enfoque también redefine el rol docente, quien pasa de ser transmisor a facilitador del aprendizaje. Cilleruelo y Zubiaga (2014) destacan el valor del “juego experimental” en la motivación y el compromiso estudiantil. Las experiencias lúdicas de STEAM estimulan la creatividad, el pensamiento divergente y la autonomía, promoviendo ambientes de aula más inclusivos, dinámicos y participativos. Finalmente, STEAM impulsa una educación socialmente comprometida, al formar ciudadanos críticos y activos frente a los desafíos de su entorno.

Método y Desarrollo Conceptual

Este estudio se enmarcó en un enfoque cualitativo, sustentado en la metodología de investigación-acción, mediante el modelo cíclico propuesto por Kemmis: planificación, acción, observación y reflexión. La intervención tuvo una duración de cuatro meses y estuvo dirigida a una población de 34 estudiantes de cuarto grado del segundo ciclo del nivel secundario.

Durante el proceso, el equipo investigador diseñó e implementó siete actividades didácticas que integraron los niveles de razonamiento geométrico del modelo de Van Hiele con los principios del enfoque STEAM. Estas actividades promovieron un aprendizaje activo, interdisciplinario y contextualizado. A continuación, se presenta una síntesis de las actividades desarrolladas:

Tabla 1
Actividades STEAM y Modelo Van Hiele

Nombre de la Actividad	Descripción Breve	Recursos Utilizados	Competencias STEAM – Van Hiele
Conociendo nuestro mundo a través de las diagonales	Identificación y trazado de diagonales en figuras conocidas y su relación con el entorno.	Hojas de trabajo, figuras geométricas, ejemplos del entorno.	Observación, contextualización, pensamiento espacial.
Geometría en acción	Construcción y análisis de polígonos usando materiales manipulativos.	Palillos, cartulina, figuras móviles.	Manipulación, análisis, creatividad.
Perímetro poligonal	Medición y comparación de perímetros con herramientas físicas y digitales.	Cintas métricas, software interactivo.	Medición, uso de TIC, razonamiento lógico.
Triángulos en sintonía	Análisis de propiedades de triángulos mediante plantillas y aplicaciones.	Plantillas, recortes, apps digitales.	Clasificación, uso de tecnología, argumentación.
Travesía triangular	Exploración de ángulos internos y externos a través de construcciones y mediciones.	Papel, transportadores físicos y digitales.	Modelado, precisión, análisis de datos.
Tríadas geométricas	Resolución de retos colaborativos sobre propiedades del triángulo.	Material didáctico, guías de trabajo grupal.	Colaboración, pensamiento crítico, resolución de problemas.

La historia de mi carrusel geométrico	Diseño y construcción de un carrusel geométrico móvil con energía solar integrando arte, tecnología y matemáticas.	Cartulina, aplicaciones de diseño, materiales artísticos.	Integración de saberes, diseño, comunicación efectiva.
---------------------------------------	--	---	--

Técnicas para la recolección de datos

Con el propósito de evaluar integralmente el nivel de conocimientos y competencias en Geometría de los estudiantes de cuarto grado, se aplicó una prueba diagnóstica al inicio del proceso educativo. Esta evaluación incluyó contenidos de aritmética, álgebra y, de manera central, geometría. Para esta última, se utilizó un instrumento basado en el modelo de Van Hiele, que permitió ubicar a cada estudiante en una de sus fases de razonamiento geométrico. El diagnóstico fue diseñado para identificar fortalezas y debilidades individuales, sirviendo no solo como punto de partida para la planificación de las actividades, sino también como referencia clave para valorar los avances logrados tras la intervención educativa.

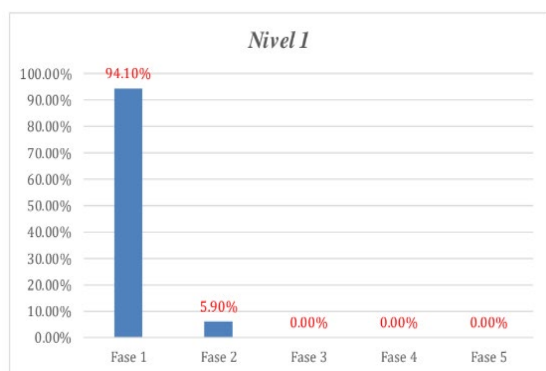


Figura 1. Gráfico del nivel de resultados de la prueba diagnóstica

Como se muestra en la Figura 1, la prueba diagnóstica evidenció que la totalidad de los estudiantes se encontraba en el nivel 1 del modelo de Van Hiele. De ellos, 32 se ubicaron en la fase 1, caracterizada por una comprensión visual básica de las figuras geométricas, limitada al reconocimiento sin análisis de propiedades. Los 2 estudiantes restantes se situaron en la fase 2, mostrando indicios iniciales de análisis y relación entre conceptos, aunque aún dentro de un razonamiento geométrico incipiente.

La recolección de datos se realizó mediante una estrategia mixta que combinó herramientas digitales y registros observacionales. Se utilizaron videos y fotografías para documentar el desarrollo de las actividades y analizar cualitativamente la participación estudiantil. A través de Google Classroom se monitoreó el progreso y desempeño en tiempo real, mientras que instrumentos como Quizizz permitieron evaluar de forma interactiva los conocimientos adquiridos. Además, Google Forms facilitó la aplicación de cuestionarios digitales y la generación automática de datos cuantitativos para su análisis comparativo.

Análisis de Resultados

Los resultados obtenidos tras la implementación de los talleres STEAM bajo el modelo de Van Hiele evidenciaron avances significativos en el desarrollo del razonamiento geométrico de los 34 estudiantes inicialmente ubicados en el nivel 1 del modelo de Van Hiele. De estos, 17 permanecieron en dicho nivel, mostrando progresos dentro de sus fases: 5 alcanzaron la fase 3 (Explicitación), 6 la fase 4 (Orientación libre) y 6 lograron llegar a la fase 5 (Integración) (ver Figura 2). Los otros 17 estudiantes avanzaron al nivel 2, distribuyéndose en diferentes fases: 10 en la fase 1 (Información), 4 en la fase 2 (Orientación dirigida), 1 en la fase 3 (Explicitación) y 1 en la fase 4 (Orientación libre) (ver Figura 3). Este avance representó no solo un cambio cuantitativo, sino una transformación cualitativa en el pensamiento geométrico, al pasar de una percepción visual básica a un análisis estructurado de propiedades y relaciones entre figuras.

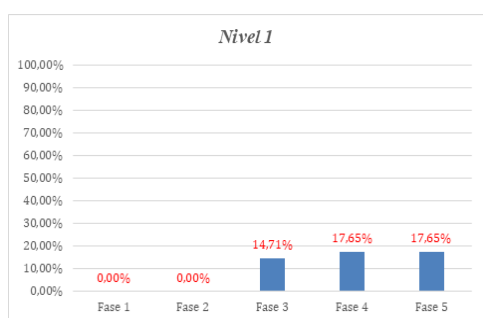


Figura 2. Gráfico del avance de los estudiantes en el nivel 1 del modelo de Van Hiele.

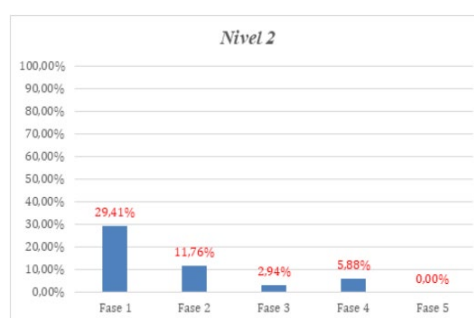


Figura 3. Gráfico del avance de los estudiantes en el nivel 2 del modelo de Van Hiele.

La evidencia del desarrollo de habilidades como la creatividad y el análisis de problemas cotidianos se sustentó en la naturaleza de las actividades propuestas: retos colaborativos, diseño de modelos físicos (como el carrusel geométrico) y uso de herramientas tecnológicas, donde los estudiantes aplicaron conocimientos geométricos en situaciones reales. Estas prácticas, documentadas en registros audiovisuales y reforzadas mediante plataformas digitales, permitieron observar soluciones originales, razonamiento aplicado y transferencias conceptuales más allá del aula.

Como destacan Soler-Garcie (2024) y Pabón-Rúa & López-Ríos (2024), enfoques como el Aprendizaje Basado en Proyectos y STEAM promueven la creatividad y la aplicación de saberes teóricos en contextos reales. De igual forma, Escobar y Costa (2022) subrayan el impacto positivo de estrategias de estudio e investigación con enfoque STEAM en la comprensión de contenidos geométricos. Por lo tanto, los hallazgos obtenidos respondieron al objetivo general de esta investigación, confirmando que los talleres diseñados bajo el modelo de Van Hiele y el enfoque STEAM resultaron efectivos para mejorar la comprensión geométrica, fortalecer la resolución de problemas y desarrollar habilidades cognitivas superiores. En esta línea, Castro González (2023) resalta la relevancia del pensamiento geométrico como base para el fortalecimiento del razonamiento matemático y el desempeño académico en general.

Conclusión

La investigación evidenció que la articulación del modelo de Van Hiele con el enfoque STEAM tuvo un impacto positivo en el desarrollo del razonamiento geométrico y en la aplicación de la geometría a situaciones reales. El objetivo principal, orientado al fortalecimiento de habilidades manipulativas y cognitivas mediante metodologías activas, se logró a través de talleres prácticos e interdisciplinarios, como el diseño de un carrusel geométrico con energía solar.

Los resultados reflejaron avances significativos en los niveles de razonamiento geométrico en comparación con la evaluación diagnóstica inicial. Estudiantes en el nivel 1 mejoraron en la identificación y análisis de figuras, mientras que quienes alcanzaron el nivel 2 aplicaron propiedades geométricas en contextos funcionales, demostrando un mayor dominio conceptual.

Las actividades también promovieron el trabajo colaborativo, la motivación y el desarrollo de habilidades prácticas, contribuyendo a una experiencia educativa integral. Las metodologías empleadas lograron los objetivos académicos y favorecieron el crecimiento personal y social de los estudiantes.

Referencias y bibliografía

- Alsina, C., Fortuny, J. y Pérez, R. (1997). *¿Por qué geometría? Propuestas didácticas para ESO*. Madrid, España: Síntesis.
- Araya, R. (2014). La matemática en la escuela: ¿qué matemática? ¿cómo se enseña? *Revista Electrónica "Actualidades Investigativas en Educación"*, 14(3), 1–22.
- Beltrametti, M., Esquivel, M., & Ferrarri, E. (2005). Evolución de los niveles de pensamiento geométrico de estudiantes de Profesorado en Matemática. *Comunicaciones Científicas y Tecnológicas*, 4-7.
- Castro González, Y. (2023). Competencias de pensamiento geométrico como parte del mejoramiento en el aspecto cognitivo de visualización, análisis y abstracción que poseen los estudiantes de Básica Secundaria. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(3), 4528–4550.
- Celis Cuervo, D. A., & González Reyes, R. A. (2021). Aporte de la metodología STEAM en los procesos curriculares. *Boletín Redipe*, 10(8), 279–302. <https://doi.org/10.36260/rbr.v10i8.1405>
- Cilleruelo, L., & Zubiaga, A. (2014). Una aproximación a la Educación STEAM. Prácticas educativas en la encrucijada arte, ciencia y tecnología. *Jornadas de Psicodidáctica*, 18(1), 1–18.
- Escobar, C. C. R., & Costa, V. A. (2022). Avances de la implementación de una Actividad de Estudio e Investigación en el Enfoque STEAM para el estudio de la geometría. *Unión-Revista Iberoamericana de Educación Matemática*, 18(66).
- Falconi-Procet, X. Y. (2021). Modelo de Van Hiele y su utilización para la enseñanza de la geometría. *Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional*, 6(3), 2261–2278.
- Fernández-Nieto, E. L. (2018). La geometría para la vida y su enseñanza. *Aibi revista de investigación, administración e ingeniería*, 6(1), 33–61.
- Fouz, F., & De Donosti, B. (2005). Modelo de Van Hiele para la didáctica de la Geometría. Un paseo por la geometría, 16, 67-81.
- Fouz, F. (2006). Test geométrico aplicando el Modelo de Van Hiele. *Sigma: revista de matemáticas= matematika aldizkaria*, (28), 33-60.
- Jaime, A. (1993). Aportaciones a la interpretación y aplicación del modelo de Van Hiele: La enseñanza de las isometrías del plano. La evaluación del nivel de razonamiento, 314.
- Jaime, A. y Gutiérrez, A. (1994). Un modelo de diseño de pruebas para evaluar los niveles de Van Hiele. En Actas de la 18.^a Conferencia de PME (Vol. 3, págs. 41-48).

- Pabón-Rúa, J. D., & López-Ríos, S. Y. (2024). Perspectivas teóricas y metodológicas sobre creatividad en Educación STEAM: una revisión sistemática. *Revista Científica*, 51(3), 1–21.
- Pérez, J. J. F., & Grau, M. E. G. (2010). La enseñanza de la Geometría asistida por computadoras: una nueva realidad en la secundaria básica. *Didasc@ Lia: Didáctica y Educación*, 1(3), 47–62.
- Sánchez González, E., Sánchez Sánchez, A., & Roa González, J. (2024). Modelo Van Hiele para la enseñanza de la geometría: análisis de la producción científica española [Van Hiele model for the teaching of geometry: analysis of the Spanish scientific production]. *European Public & Social Innovation Review*, 9, 1–16. <https://doi.org/10.31637/epsir-2024-1365>
- Soler-Garcie, M. E. (2024). Aprendizaje Basado en Proyectos y enfoque STEAM para trabajar la Geometría a través del Arte en el Museo del Prado en 1º de Educación Secundaria [Tesis de maestría].
- Therán-Palacio, E. (2021). Pensamiento Geométrico, Teoría de Van Hiele y Tecnologías Computacionales. *J. Comput. Electron. Sci.: Theory Appl.*, 2(1), 39–50. <https://doi.org/10.17981/cesta.02.01.2021.04>
- Vargas, G. V., & Araya, R. G. (2013). El modelo de Van Hiele y la enseñanza de la geometría. *Uniciencia*, 27(1), 74–94.