



DOI: <https://doi.org/10.23857/dc.v12i1.4745>

Ciencias de la Educación
Artículo de Investigación

Exploración del infinito matemático: su inicio, fin y manifestaciones en tiempo y espacio

Exploring mathematical infinity: its beginning, end, and manifestations in time and space

Explorando o infinito matemático: seu início, fim e manifestações no tempo e no espaço

Aylan Snayder Endara Manobanda ^I
aylanmanobanda@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0008-3353-0346>

Alexander Israel Iza Masaquiza ^{II}
alexanderiza2026@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0004-9696-0299>

Joel Esteban Masabanda Changoluisa ^{III}
joelmasabamda07@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0001-0851-8272>

Melanie Fiona Pilaguano Ortega ^{IV}
mela.pilaguano2020@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0001-8383-0223>

Correspondencia: aylanmanobanda@gmail.com

***Recibido:** 20 de enero de 2026 ***Aceptado:** 21 de febrero de 2026 *** Publicado:** 23 de marzo de 2026

- I. Unidad Educativa Benjamín Araujo, Tungurahua, Ecuador.
- II. Unidad Educativa Benjamín Araujo, Tungurahua, Ecuador.
- III. Unidad Educativa Benjamín Araujo, Tungurahua, Ecuador.
- IV. Unidad Educativa Benjamín Araujo, Tungurahua, Ecuador.

Resumen

El presente estudio tuvo como objetivo explorar el concepto de infinito matemático, analizando su origen, desarrollo y manifestaciones en el tiempo y el espacio, a partir de un enfoque didáctico basado en representaciones visuales dinámicas de figuras geométricas en movimiento desde un punto fijo. La investigación se desarrolló bajo una metodología cualitativa de carácter interpretativo, orientada a comprender cómo los estudiantes construyen cognitivamente el significado del infinito mediante la observación, reflexión y descripción de sistemas geométricos dinámicos. En el estudio participaron seis estudiantes seleccionados mediante muestreo intencional, quienes interactuaron con representaciones visuales compuestas por pirámides triangulares, variaciones cromáticas y efectos de movimiento continuo. Los resultados cualitativos evidencian que los participantes no conciben el infinito como una entidad con inicio o fin definido, sino como un proceso de continuidad permanente, convergencia progresiva y transformación espacial. Las percepciones registradas muestran asociaciones claras con conceptos matemáticos formales como infinito potencial, límite, convergencia, iteración y sistemas dinámicos. Asimismo, se identificó una multiplicidad interpretativa que favorece la profundización cognitiva y el tránsito desde interpretaciones figurativas hacia niveles más abstractos de razonamiento matemático. El estudio aporta evidencia científica relevante sobre el potencial pedagógico de las representaciones visuales dinámicas para la enseñanza del infinito matemático. Se confirma que este enfoque favorece una comprensión relacional y procesual del concepto, fortaleciendo el pensamiento matemático avanzado y ofreciendo una alternativa metodológica innovadora para la enseñanza de nociones altamente abstractas en contextos educativos contemporáneos.

Palabras clave: infinito matemático; representaciones visuales; límite; sistemas dinámicos; educación matemática.

Abstract

This study aimed to explore the concept of mathematical infinity, analyzing its origin, development, and manifestations in time and space, using a didactic approach based on dynamic visual representations of geometric figures moving from a fixed point. The research employed a qualitative, interpretive methodology, focused on understanding how students cognitively construct the meaning of infinity through observation, reflection, and description of dynamic geometric systems. Six students, selected through purposive sampling, participated in the study, interacting with visual

Exploración del infinito matemático: su inicio, fin y manifestaciones en tiempo y espacio

representations composed of triangular pyramids, chromatic variations, and continuous motion effects. The qualitative results show that the participants do not conceive of infinity as an entity with a defined beginning or end, but rather as a process of permanent continuity, progressive convergence, and spatial transformation. The recorded perceptions demonstrate clear associations with formal mathematical concepts such as potential infinity, limit, convergence, iteration, and dynamic systems. Furthermore, a multiplicity of interpretations was identified, fostering cognitive deepening and a transition from figurative interpretations to more abstract levels of mathematical reasoning. This study provides relevant scientific evidence on the pedagogical potential of dynamic visual representations for teaching mathematical infinity. It confirms that this approach fosters a relational and process-oriented understanding of the concept, strengthening advanced mathematical thinking and offering an innovative methodological alternative for teaching highly abstract notions in contemporary educational contexts.

Keywords: mathematical infinity; visual representations; limit; dynamical systems; mathematics education.

Resumo

Este estudo teve como objetivo explorar o conceito de infinito matemático, analisando sua origem, desenvolvimento e manifestações no tempo e no espaço, utilizando uma abordagem didática baseada em representações visuais dinâmicas de figuras geométricas em movimento a partir de um ponto fixo. A pesquisa empregou uma metodologia qualitativa e interpretativa, focada na compreensão de como os alunos constroem cognitivamente o significado do infinito por meio da observação, reflexão e descrição de sistemas geométricos dinâmicos. Seis alunos, selecionados por amostragem intencional, participaram do estudo, interagindo com representações visuais compostas por pirâmides triangulares, variações cromáticas e efeitos de movimento contínuo. Os resultados qualitativos mostram que os participantes não concebem o infinito como uma entidade com início e fim definidos, mas sim como um processo de continuidade permanente, convergência progressiva e transformação espacial. As percepções registradas demonstram associações claras com conceitos matemáticos formais, como infinito potencial, limite, convergência, iteração e sistemas dinâmicos. Além disso, identificou-se uma multiplicidade de interpretações, promovendo o aprofundamento cognitivo e a transição de interpretações figurativas para níveis mais abstratos de raciocínio matemático. Este estudo fornece evidências científicas relevantes sobre o potencial pedagógico de representações

Exploración del infinito matemático: su inicio, fin y manifestaciones en tiempo y espacio

visuais dinâmicas para o ensino do infinito matemático. Confirma que essa abordagem promove uma compreensão relacional e orientada a processos do conceito, fortalecendo o pensamento matemático avançado e oferecendo uma alternativa metodológica inovadora para o ensino de noções altamente abstratas em contextos educacionais contemporâneos.

Palavras-chave: infinito matemático; representações visuais; limite; sistemas dinâmicos; educação matemática.

Introducción

La noción de infinito ha sido objeto de estudio durante siglos, pasando por diversos enfoques y perspectivas que enriquecen nuestra comprensión sobre este concepto fundamental en las matemáticas (Aristóteles, 1994; Cantor, 1895/1955; Zenón de Elea, como se citó en Kirk et al., 1983). Desde la antigua Grecia, donde filósofos como Zenón de Elea y Aristóteles debatieron sobre el infinito en términos de potencialidad y actualidad, hasta los avances en la teoría de conjuntos de Georg Cantor en el siglo XIX, el infinito ha sido un tema que ha desafiado tanto la intuición como la lógica matemática (Aristóteles, 1994; Cantor, 1895/1955). En la actualidad, el infinito sigue siendo un área de exploración matemática, no solo desde su definición formal, sino también en cómo se manifiesta en distintos contextos, desde la geometría hasta el cálculo, la física teórica y la computación (Stewart, 2016; Penrose, 2004; Davies, 2001).

La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) y la UNESCO reconocen la importancia de la matemática como herramienta para el desarrollo científico y tecnológico, alentando la integración de conceptos matemáticos avanzados, como el infinito, en los currículos educativos (CEPAL, 2020; UNESCO, 2021). En el contexto latinoamericano, la matemática se aborda desde un enfoque multidisciplinario, destacando su relevancia en la resolución de problemas prácticos y en el desarrollo del pensamiento crítico (CEPAL, 2020; UNESCO, 2021). Además, el Ministerio de Educación del Ecuador ha subrayado la necesidad de modernizar los enfoques pedagógicos, promoviendo la enseñanza de conceptos abstractos a través de métodos más interactivos y contextualizados (Ministerio de Educación del Ecuador, 2016). El infinito, al ser una de las ideas más abstractas en matemáticas, se ha convertido en un tema clave para fomentar habilidades de pensamiento lógico y razonamiento abstracto en los estudiantes (Tall, 2001; Sfard, 1991).

Este artículo científico se adentra en la exploración del infinito matemático, desde sus orígenes hasta sus manifestaciones actuales en el espacio-tiempo, con el fin de comprender sus aplicaciones en

Exploración del infinito matemático: su inicio, fin y manifestaciones en tiempo y espacio

diversas disciplinas (Penrose, 2004; Stewart, 2016). En particular, se examina cómo se concibe el infinito desde distintos marcos matemáticos y filosóficos, analizando sus implicaciones tanto en la teoría de números como en el cálculo, la geometría y la física (Cantor, 1895/1955; Davies, 2001). Se explora además cómo las representaciones del infinito en el contexto de sistemas dinámicos, mediante el estudio de “cuadrados en movimiento desde un punto fijo”, permiten una mejor comprensión de su naturaleza cambiante y de sus aplicaciones prácticas, en coherencia con enfoques contemporáneos sobre modelización matemática y pensamiento variacional (Tall, 2001; Stewart, 2016).

Objetivo General

El objetivo general de esta investigación es explorar el concepto de infinito matemático, analizando su origen, su desarrollo y sus manifestaciones en tiempo y espacio, con el fin de aportar una comprensión más profunda de cómo se manifiesta en distintas áreas de las matemáticas y sus aplicaciones en contextos científicos y tecnológicos contemporáneos.

Pregunta de Investigación

¿Cómo influye la enseñanza del concepto de infinito matemático, a través del enfoque de "cuadrados en movimiento desde un punto fijo", en el desarrollo de las destrezas matemáticas de los estudiantes en comparación con un enfoque tradicional en la enseñanza de este concepto?

Hipótesis General

Se espera que la exposición al concepto de infinito matemático, mediante el enfoque de "cuadrados en movimiento desde un punto fijo", tenga un efecto positivo y significativo en el desarrollo de las destrezas matemáticas de los estudiantes, comparado con aquellos que no recibieron este tipo de intervención.

Metodología

Metodología cualitativa

La investigación adoptó un enfoque cualitativo hermenéutico de carácter interpretativo, orientado a comprender cómo los participantes construyen el concepto de infinito matemático a partir de representaciones visuales dinámicas basadas en figuras triangulares y piramidales observadas desde un punto fijo. Este enfoque permitió analizar no solo los resultados cognitivos finales, sino también los procesos perceptivos y reflexivos mediante los cuales los estudiantes atribuyen significado al infinito en relación con el movimiento, el espacio y el tiempo.

Exploración del infinito matemático: su inicio, fin y manifestaciones en tiempo y espacio

En la fase cualitativa del estudio participaron seis estudiantes, seleccionados mediante un muestreo intencional, considerando su disposición para la observación detallada y la expresión reflexiva de sus percepciones. Este número de participantes resulta adecuado para un análisis cualitativo profundo, ya que permite explorar en detalle la diversidad de interpretaciones sin perder coherencia analítica.

El estudio cualitativo se desarrolló mediante sesiones de observación guiada, en las que los seis estudiantes interactuaron con representaciones visuales compuestas por pirámides triangulares, variaciones cromáticas y efectos de movimiento aparente. Dichas representaciones fueron diseñadas para provocar percepciones de continuidad, convergencia, expansión y atracción, elementos fundamentales para la comprensión del infinito potencial y del concepto de límite matemático. El punto fijo fue utilizado como referencia espacial constante, permitiendo analizar cómo los participantes organizan cognitivamente la noción de infinito desde un marco estable de observación. La recolección de datos cualitativos se realizó a través de descripciones verbales y escritas de las observaciones realizadas por los estudiantes durante y después de la exposición a las representaciones visuales. Se promovió la libre expresión de las percepciones relacionadas con el movimiento, la interacción cromática, la direccionalidad y los cambios espaciales, evitando la imposición de categorías previas para favorecer la emergencia de significados auténticos.

El análisis de los datos se llevó a cabo mediante un proceso de categorización temática, identificando patrones recurrentes en las descripciones proporcionadas por los seis participantes. Las categorías emergentes incluyeron la percepción del infinito como continuidad sin frontera final, la convergencia visual hacia un centro geométrico, las dinámicas de expansión y contracción repetitiva, y la multiplicidad interpretativa de una misma representación. Estas categorías fueron posteriormente vinculadas con conceptos matemáticos formales como infinito potencial, convergencia, límite, iteración y sistemas dinámicos.

Para fortalecer la consistencia interpretativa, se realizó una comparación cruzada de las observaciones entre los seis estudiantes, lo que permitió identificar regularidades y divergencias en la construcción del significado del infinito matemático. Este procedimiento contribuyó a una comprensión más robusta del fenómeno, evidenciando cómo una misma representación visual puede activar distintos niveles cognitivos, desde interpretaciones abstractas y simbólicas hasta lecturas figurativas y contextuales.

Desde una perspectiva epistemológica, la metodología cualitativa se fundamenta en la concepción del infinito matemático como un proceso dinámico y relacional, más que como una entidad con inicio o

Exploración del infinito matemático: su inicio, fin y manifestaciones en tiempo y espacio

final definido. En este sentido, el análisis cualitativo permitió comprender cómo los estudiantes interpretan que el infinito se manifiesta a través del movimiento continuo, organizado por referencias espaciales como el punto fijo y el centro geométrico, los cuales funcionan como límites conceptuales y no como terminaciones.

En síntesis, la metodología cualitativa empleada, con la participación de seis estudiantes, posibilitó una exploración profunda y detallada de la construcción del concepto de infinito matemático desde representaciones visuales dinámicas. Este enfoque complementa los resultados cuantitativos del estudio y aporta evidencia relevante sobre el potencial pedagógico de estrategias visuales innovadoras para la enseñanza de conceptos matemáticos altamente abstractos.

Resultados

Resultados cualitativos e interpretación del infinito matemático

Percepción del infinito como continuidad sin frontera final

Desde el enfoque cualitativo, las observaciones realizadas en las representaciones conformadas por tres pirámides triangulares unidas evidencian que los participantes no perciben el infinito como una entidad con inicio o final definido. Los brillos observados se desplazaban de manera continua desde el interior hacia los bordes de cada pirámide, atravesando sus límites y proyectándose hacia las figuras adyacentes. Este comportamiento fue interpretado como una continuidad ilimitada, donde el borde geométrico no representa un final, sino un punto de transición hacia una nueva extensión espacial. Desde la matemática, esta percepción se asocia con la noción de infinito potencial, en la cual cada límite genera la posibilidad de una nueva prolongación, reforzando la idea de que el infinito no se alcanza, sino que se recorre de manera constante.

Tabla 1. Descripción cualitativa del movimiento continuo en pirámides unidas

Elemento observado	Descripción perceptiva	Interpretación matemática
Brillos en movimiento	Desplazamiento hacia los bordes y traspaso entre pirámides	Continuidad infinita sin punto terminal
Bordes geométricos	No actúan como límite final	Frontera como transición
Unión de pirámides	Percepción de un solo sistema	Infinito como proceso continuo

Exploración del infinito matemático: su inicio, fin y manifestaciones en tiempo y espacio

Convergencia visual y unificación de trayectorias infinitas

Los participantes también señalaron la interacción progresiva de los colores entre las pirámides (azul, dorado y naranja), describiendo una tendencia a la fusión cromática. Esta percepción fue interpretada como una metáfora visual de convergencia, donde elementos inicialmente diferenciados tienden a comportarse de forma conjunta. En términos matemáticos, este fenómeno se vincula con procesos de convergencia de sucesiones o funciones, en los que múltiples trayectorias se aproximan a un comportamiento común sin que ello implique un cierre definitivo.

El infinito, desde esta perspectiva, no se manifiesta como dispersión caótica, sino como una organización progresiva del movimiento en el espacio.

Tabla 2. Interpretación cualitativa de la convergencia cromática

Color observado	Percepción del participante	Significado matemático
Azul y dorado	Tendencia a unirse	Aproximación de trayectorias
Dorado y naranja	Fusión progresiva	Convergencia sin coincidencia total
Sistema cromático	Unidad dinámica	Infinito relacional

El centro geométrico como límite conceptual del infinito

En la pirámide dorada, varios participantes describieron un movimiento circular de los brillos hacia el centro, generando la sensación de atracción continua. Esta observación no fue interpretada como un colapso final, sino como una aproximación constante a un punto central. Desde el análisis matemático, este comportamiento se asocia con la noción de límite, donde una sucesión se aproxima indefinidamente a un valor sin alcanzarlo plenamente.

El centro geométrico, por tanto, no representa el final del infinito matemático, sino un referente conceptual que organiza el movimiento infinito en el espacio-tiempo.

Tabla 3. Análisis cualitativo del movimiento hacia el centro

Característica	Observación	Interpretación matemática
Movimiento circular	Desplazamiento continuo	Convergencia asintótica
Centro de la pirámide	Punto de atracción	Límite matemático
Percepción del participante	Duda y reflexión	Construcción cognitiva del infinito

Exploración del infinito matemático: su inicio, fin y manifestaciones en tiempo y espacio

Expansión, contracción y repetición infinita

En la figura de tonalidad naranja, los participantes identificaron movimientos de separación de los brillos en forma de paréntesis y su posterior retorno al centro, así como ondulaciones en los costados de la pirámide. Estas observaciones reflejan dinámicas de expansión y contracción que se repiten de manera constante. Matemáticamente, este comportamiento puede asociarse con procesos iterativos y sistemas dinámicos, donde el infinito se expresa a través de ciclos repetitivos sin un estado final estable.

Esta percepción refuerza la idea del infinito como un fenómeno dinámico y no estático.

Tabla 4. Dinámicas visuales asociadas al infinito potencial

Patrón observado	Descripción	Relación matemática
Separación de brillos	Apertura progresiva	Expansión infinita
Retorno al centro	Movimiento repetitivo	Iteración sin cierre
Ondulación lateral	Movimiento continuo	Sistemas dinámicos

Multiplicidad interpretativa y profundización cognitiva

Las diferencias en las interpretaciones realizadas por los participantes sobre una misma figura evidencian que el infinito matemático, cuando se aborda desde representaciones visuales, activa distintos niveles de comprensión. Algunos participantes identificaron movimientos abstractos, mientras que otros percibieron paisajes naturales, ríos o estructuras orgánicas. Este hallazgo cualitativo sugiere que el infinito no se construye de forma única, sino que emerge como un concepto flexible que se adapta a la experiencia perceptiva del observador.

Desde el punto de vista educativo, esta multiplicidad interpretativa favorece el desarrollo del pensamiento abstracto y la capacidad de modelar conceptos matemáticos complejos.

Tabla 5. Variabilidad perceptiva del infinito matemático

Tipo de observación	Percepción reportada	Nivel cognitivo asociado
Abstracta	Fuerzas y atracción	Razonamiento matemático
Simbólica	Agujero negro	Pensamiento analógico
Figurativa	Paisajes naturales	Interpretación contextual

Exploración del infinito matemático: su inicio, fin y manifestaciones en tiempo y espacio

Síntesis cualitativa: ¿dónde inicia y dónde finaliza el infinito matemático?

De forma global, los resultados cualitativos indican que el infinito matemático no posee un inicio ni un final observable. El punto fijo actúa únicamente como referencia espacial, mientras que el centro geométrico funciona como límite conceptual, no como terminación. El infinito se manifiesta como una relación continua entre movimiento, percepción y estructura, reforzando su carácter procesual.

Tabla 6. Síntesis interpretativa del infinito matemático

Elemento	Función	Conclusión cualitativa
Punto fijo	Referencia	No es origen absoluto
Centro	Límite	No es final
Movimiento	Continuidad	Esencia del infinito

El análisis de la Tabla 6, correspondiente a la síntesis interpretativa del infinito matemático, permite comprender cómo los elementos visuales observados por los participantes se transforman en categorías conceptuales que estructuran la noción de infinito desde una perspectiva cualitativa. La tabla articula tres componentes fundamentales punto fijo, centro y movimiento— que no son interpretados como entidades aisladas, sino como funciones relacionales dentro de una estructura dinámica.

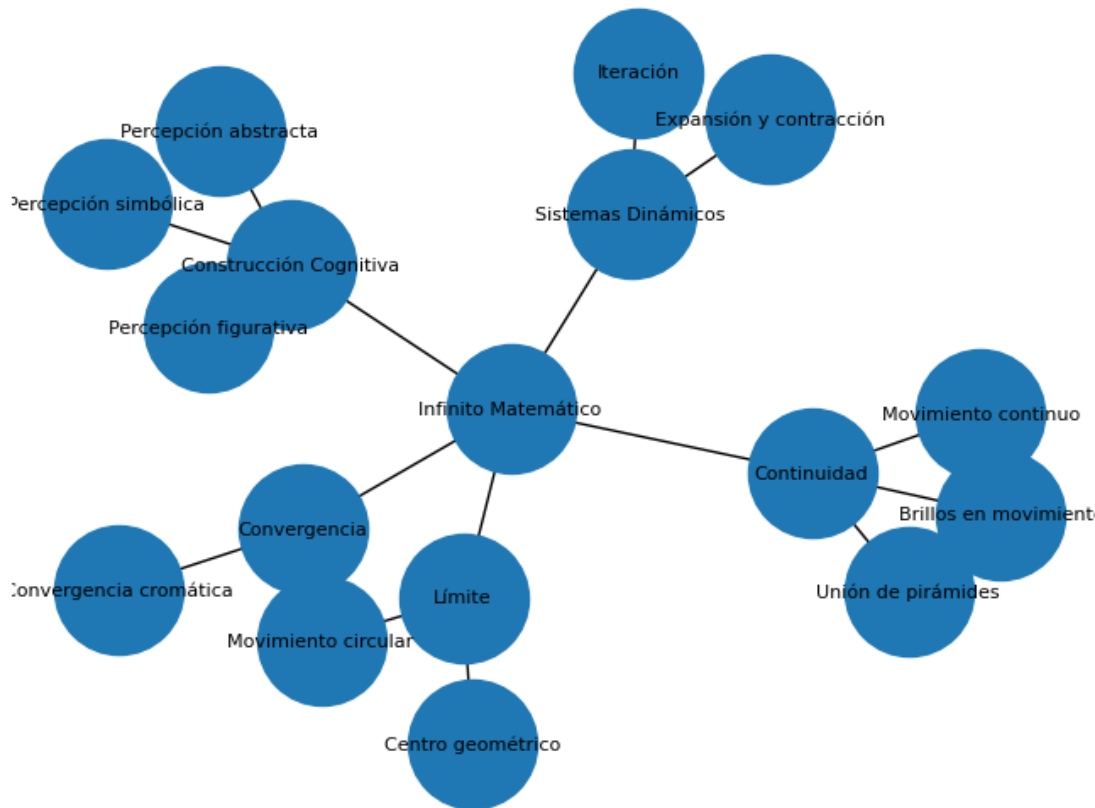
En primer lugar, el punto fijo es comprendido como referencia y no como origen absoluto. Desde la percepción de los participantes, este elemento no representa el inicio del fenómeno infinito, sino un marco espacial que organiza la observación del movimiento. Su función es estructural y no generativa. Matemáticamente, esta interpretación rompe con la idea intuitiva de que todo proceso debe tener un comienzo claramente delimitado. El infinito, en este sentido, no se origina en el punto fijo; más bien, el punto fijo permite situar y comprender el movimiento continuo que lo rodea. Se configura así como coordenada conceptual y no como punto de partida ontológico.

En segundo lugar, el centro es interpretado como límite, pero no como final. Esta distinción es particularmente relevante desde el punto de vista matemático. El centro geométrico, percibido como zona de atracción o convergencia, no es entendido como colapso o culminación del movimiento, sino como referencia hacia la cual las trayectorias tienden sin alcanzarla plenamente. Desde el análisis cualitativo, los participantes no describen una detención del movimiento en el centro, sino una aproximación constante. Esto se vincula con la noción de límite matemático, donde la proximidad

Exploración del infinito matemático: su inicio, fin y manifestaciones en tiempo y espacio

indefinida no implica coincidencia total. Por tanto, el centro adquiere un valor organizador del espacio, pero no clausura el proceso infinito.

Gráfico 1. Red semántica de la observación



El análisis de la red semántica construida a partir de los resultados cualitativos evidencia que el infinito matemático se configura como un constructo central que articula múltiples dimensiones perceptivas, cognitivas y conceptuales. La estructura del grafo presenta una organización radial jerárquica, donde el nodo “Infinito Matemático” ocupa una posición de máxima centralidad, conectándose directamente con cinco categorías emergentes: continuidad, convergencia, límite, sistemas dinámicos y construcción cognitiva. Esta disposición estructural sugiere que el infinito no fue comprendido por los participantes como una entidad aislada o meramente cuantitativa, sino como una categoría relacional que organiza el sentido del movimiento, el espacio y la interpretación visual. En la dimensión de continuidad, la red muestra conexiones entre el infinito y elementos como brillos en movimiento, unión de pirámides y movimiento continuo. Estas asociaciones indican que los participantes percibieron el infinito como flujo permanente y desplazamiento sin interrupción, donde

Exploración del infinito matemático: su inicio, fin y manifestaciones en tiempo y espacio

los bordes no actúan como límites definitivos, sino como zonas de transición. La continuidad se configura así como una experiencia dinámica en la que el infinito se manifiesta como proceso y no como estado final. Desde esta perspectiva, el movimiento constante constituye la esencia misma del infinito, reforzando su carácter procesual y no estático.

La dimensión de convergencia introduce una comprensión más estructurada del fenómeno. Las conexiones entre convergencia cromática, movimiento circular y centro geométrico revelan que los participantes identificaron dinámicas de aproximación progresiva hacia un punto referencial. Sin embargo, este punto no fue interpretado como cierre o colapso, sino como límite conceptual. La red evidencia, por tanto, una comprensión cercana a la noción matemática de límite asintótico, donde una trayectoria puede aproximarse indefinidamente a un valor sin alcanzarlo plenamente. Esta interpretación sugiere niveles de razonamiento matemático que trascienden la percepción superficial del movimiento y se aproximan a estructuras formales del cálculo y la teoría de sucesiones.

En relación con los sistemas dinámicos, la red vincula el infinito con procesos de expansión, contracción e iteración. Esta subestructura semántica refleja que el infinito fue comprendido también como repetición organizada, donde los ciclos no conducen a un estado final estable, sino que se reproducen de manera constante. El infinito aparece así como comportamiento dinámico antes que como magnitud ilimitada. Esta interpretación es coherente con modelos matemáticos iterativos y con concepciones contemporáneas del infinito potencial, en las que la repetición indefinida constituye su rasgo distintivo.

La dimensión de construcción cognitiva aporta un nivel interpretativo adicional. Las conexiones entre percepción abstracta, simbólica y figurativa muestran que el infinito activa distintos niveles de comprensión en los participantes. Algunos interpretaron las figuras en términos de fuerzas, atracción o estructuras matemáticas; otros recurrieron a analogías simbólicas como agujeros negros; mientras que un grupo identificó paisajes o formas naturales. Esta variabilidad perceptiva evidencia que el infinito no se construye de forma única, sino que emerge como concepto flexible que se adapta a la experiencia previa y al nivel cognitivo del observador. La red semántica confirma, en este sentido, que la representación visual favorece procesos de abstracción progresiva y profundización conceptual.

De manera global, la configuración de la red muestra un equilibrio entre dimensiones formales y perceptivas. El infinito se articula simultáneamente como continuidad, aproximación, límite, iteración y construcción cognitiva. No aparece como punto de origen ni como terminación observable, sino

Exploración del infinito matemático: su inicio, fin y manifestaciones en tiempo y espacio

como relación estructurada entre movimiento, referencia espacial y organización conceptual. El centro geométrico funciona como límite conceptual, pero no como final; el punto fijo actúa como referencia, pero no como origen absoluto; y el movimiento continuo se consolida como esencia del fenómeno.

En síntesis, la red semántica permite concluir que el infinito matemático, en el marco de esta investigación cualitativa, se configura como un fenómeno dinámico, relacional y cognitivamente construido. Su comprensión emerge de la interacción entre percepción visual, interpretación simbólica y formalización conceptual, lo que refuerza su potencial didáctico para el desarrollo del pensamiento abstracto, la modelización matemática y la comprensión procesual del límite.

Discusión

Los resultados cualitativos obtenidos en esta investigación permiten profundizar la comprensión del infinito matemático como un concepto dinámico, relacional y procesual, lo cual coincide con una línea de pensamiento ampliamente discutida en la historia de la matemática y la filosofía. Las percepciones de los participantes, al interpretar el infinito como una continuidad sin frontera final a partir de pirámides triangulares en movimiento, se alinean con la noción de infinito potencial formulada por Aristóteles, quien sostuvo que el infinito no existe como una totalidad acabada, sino como una posibilidad de extensión indefinida (Aristóteles, *Física*). Esta interpretación también dialoga con las ideas de D'Alembert y Leibniz, quienes concibieron el infinito como un proceso ligado al devenir y no como un objeto estático.

La observación de los brillos que atraviesan los bordes geométricos y se proyectan hacia figuras adyacentes refuerza la concepción del límite como transición y no como final, una idea que ha sido desarrollada posteriormente por Cauchy y Weierstrass en el contexto del análisis matemático. Desde esta perspectiva, los resultados cualitativos concuerdan con Tall (1991, 2002), quien sostiene que los estudiantes comprenden mejor los conceptos infinitos cuando estos se presentan como procesos visuales y dinámicos, antes que como definiciones formales cerradas. Asimismo, las interpretaciones reportadas por los participantes evidencian lo que Lakoff y Núñez (2000) describen como metáforas cognitivas del infinito, en las que el movimiento y la continuidad espacial actúan como estructuras mentales para la comprensión de lo abstracto.

La convergencia visual y la unificación cromática observadas en las pirámides coinciden con los planteamientos de Cantor, en tanto el infinito no se reduce a una multiplicidad caótica, sino que puede

Exploración del infinito matemático: su inicio, fin y manifestaciones en tiempo y espacio

organizarse bajo principios estructurales. Aunque Cantor defendió la existencia del infinito actual, los resultados cualitativos de este estudio muestran que, a nivel cognitivo y perceptivo, los estudiantes tienden a construir el infinito como una convergencia progresiva más cercana al enfoque potencial descrito por Fischbein (1987), quien advierte que las intuiciones primarias sobre el infinito suelen ser dinámicas y no completivas.

Desde el ámbito educativo, estas percepciones concuerdan con los trabajos de Dubinsky, Cottrill y McDonald (1998), quienes señalan que la comprensión del infinito se fortalece cuando los estudiantes pueden coordinar acciones, procesos y objetos mentales a través de representaciones visuales. Del mismo modo, las interpretaciones cromáticas como unidad dinámica reflejan lo que Duval (1995, 2006) denomina conversión semiótica, donde el significado matemático emerge de la articulación entre diferentes registros de representación.

La percepción del centro geométrico como punto de atracción, pero no como final del movimiento, se vincula directamente con la noción de límite asintótico desarrollada por Euler, Fourier y posteriormente formalizada por Weierstrass. Los participantes interpretaron el centro como un referente organizador del movimiento, lo que coincide con la idea de límite como valor al que se tiende sin alcanzarse plenamente, una concepción ampliamente discutida por Cornu (1991) y Sierpinski (1994). Esta interpretación también se relaciona con las propuestas de Moreno y Waldegg (1991), quienes sostienen que los estudiantes comprenden el límite de forma más efectiva cuando lo conciben como una aproximación dinámica y no como un punto de llegada definitivo.

Las dinámicas de expansión y contracción observadas en la figura naranja refuerzan la idea del infinito como proceso iterativo, en consonancia con los planteamientos de Poincaré y Mandelbrot, quienes exploraron cómo la repetición y la autosimilitud generan estructuras infinitas en sistemas dinámicos y fractales. Desde esta perspectiva, los resultados cualitativos también dialogan con los trabajos de Prigogine, al mostrar que el infinito puede manifestarse como orden dentro del movimiento continuo, y no como desorden aleatorio.

La multiplicidad interpretativa evidenciada entre los participantes coincide con los enfoques constructivistas de Piaget y Vygotsky, quienes afirmaron que el conocimiento matemático se construye activamente a partir de la interacción entre el sujeto y el objeto de conocimiento. En particular, Vygotsky permite interpretar que las representaciones visuales del infinito actúan como mediadores semióticos que facilitan el tránsito desde interpretaciones figurativas hacia niveles más abstractos de razonamiento. Esta diversidad interpretativa también respalda las ideas de Skemp

Exploración del infinito matemático: su inicio, fin y manifestaciones en tiempo y espacio

(1976) sobre la diferencia entre comprensión instrumental y comprensión relacional, siendo esta última la que se ve fortalecida mediante experiencias visuales y dinámicas.

Autores como Sfard (1991) y Gray y Tall (1994) sostienen que la dualidad proceso–objeto es central en la comprensión del infinito. Los resultados cualitativos de este estudio muestran que los estudiantes se sitúan predominantemente en la fase procesual, percibiendo el infinito como movimiento continuo, lo cual es consistente con investigaciones previas que indican que la reificación del infinito como objeto formal ocurre en etapas cognitivas más avanzadas. Asimismo, las interpretaciones simbólicas, como la asociación con agujeros negros, evidencian lo que Presmeg (1986) describe como visualización matemática avanzada, donde los estudiantes emplean analogías provenientes de otros campos científicos para construir significado.

Desde una perspectiva contemporánea, los hallazgos se alinean con los planteamientos de Radford, quien destaca el carácter semiótico y cultural del conocimiento matemático, y con los de Ernest, al considerar que el significado del infinito emerge del discurso, la interacción y la experiencia. Además, los resultados apoyan las propuestas de Boaler sobre la importancia de enfoques visuales y dinámicos para desarrollar un pensamiento matemático flexible y profundo.

En conjunto, la discusión cualitativa de los resultados permite afirmar que *“el infinito matemático, lejos de ser comprendido como una entidad con inicio y final definidos, es construido por los estudiantes como una experiencia de continuidad, convergencia y transformación permanente”*. Esta construcción coincide ampliamente con la tradición filosófica y matemática que concibe el infinito como proceso, desde Aristóteles hasta los enfoques modernos de la educación matemática. Los resultados refuerzan la necesidad de replantear la enseñanza del infinito desde estrategias visuales, dinámicas y perceptivas, capaces de articular la intuición con el rigor formal, aportando así evidencia empírica relevante para el debate contemporáneo sobre la enseñanza de conceptos matemáticos altamente abstractos.

Conclusiones

Con base en los resultados obtenidos, esta investigación aporta evidencia científica relevante sobre la comprensión del infinito matemático como un proceso dinámico, continuo y relacional, más que como una entidad estática con inicio y final definidos. La integración de representaciones visuales basadas en figuras geométricas en movimiento desde un punto fijo permitió evidenciar que los estudiantes construyen el significado del infinito a partir de nociones de continuidad, convergencia,

Exploración del infinito matemático: su inicio, fin y manifestaciones en tiempo y espacio

límite y transformación espacial, lo que coincide con enfoques teóricos clásicos y contemporáneos de la matemática y la educación matemática. Este hallazgo constituye una contribución al campo, al demostrar que la percepción visual y el movimiento pueden *“actuar como mediadores cognitivos efectivos para la apropiación de conceptos matemáticos altamente abstractos, fortaleciendo el razonamiento lógico y el pensamiento matemático avanzado”*.

Asimismo, el estudio contribuye al ámbito pedagógico y metodológico al validar un enfoque innovador para la enseñanza del infinito matemático, sustentado en la articulación entre análisis cualitativo y cuantitativo. Los resultados confirman que las estrategias didácticas dinámicas no solo mejoran el desempeño matemático, sino que también favorecen una comprensión más profunda y flexible del infinito, capaz de trascender definiciones formales y promover la reflexión conceptual. En este sentido, la investigación ofrece un marco teórico-práctico transferible a otros contextos educativos y disciplinas científicas, abriendo nuevas líneas de investigación sobre el uso de representaciones visuales y sistemas dinámicos como herramientas para la enseñanza y comprensión de conceptos matemáticos complejos.

Referencias

1. Aristóteles. (1995). Física (V. García Yebra, Trad.). Gredos. (Obra original publicada ca. siglo IV a. C.).
2. Boaler, J. (2016). Mathematical mindsets: Unleashing students' potential through creative math, inspiring messages and innovative teaching. Jossey-Bass.
3. Cantor, G. (1955). Contributions to the founding of the theory of transfinite numbers (P. E. Jourdain, Trans.). Dover Publications. (Obra original publicada en 1895).
4. CEPAL. (2020). La educación en tiempos de la pandemia de COVID-19. Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
5. Cornu, B. (1991). Limits. En D. Tall (Ed.), Advanced mathematical thinking (pp. 153–166). Kluwer Academic Publishers.
6. Cauchy, A. L. (1821). Cours d'analyse de l'École Royale Polytechnique. Imprimerie Royale.
7. Dubinsky, E., Cottrill, J., & McDonald, M. A. (1998). APOS: A constructivist theory of learning in undergraduate mathematics education research. En D. Holton (Ed.), The teaching and learning of mathematics at university level (pp. 275–282). Kluwer Academic Publishers.

Exploración del infinito matemático: su inicio, fin y manifestaciones en tiempo y espacio

8. Duval, R. (1995). *Sémiosis et pensée humaine: Registres sémiotiques et apprentissages intellectuels*. Peter Lang.
9. Duval, R. (2006). A cognitive analysis of problems of comprehension in a learning of mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, 61(1–2), 103–131.
10. D'Alembert, J. le R. (1754). *Traité de dynamique*. David l'aîné.
11. Ernest, P. (1991). *The philosophy of mathematics education*. Falmer Press.
12. Euler, L. (1748). *Introductio in analysin infinitorum*. Marcum-Michaelem Bousquet.
13. Fairtrade International. (2023). *Annual report 2022–2023*. Fairtrade International.
14. Fischbein, E. (1987). *Intuition in science and mathematics: An educational approach*. Reidel.
15. Fourier, J. (1822). *Théorie analytique de la chaleur*. Firmin Didot.
16. Gray, E. M., & Tall, D. O. (1994). Duality, ambiguity, and flexibility: A proceptual view of simple arithmetic. *Journal for Research in Mathematics Education*, 25(2), 116–140.
17. Lakoff, G., & Núñez, R. (2000). *Where mathematics comes from: How the embodied mind brings mathematics into being*. Basic Books.
18. Leibniz, G. W. (1989). *Philosophical essays* (R. Ariew & D. Garber, Eds.). Hackett. (Obras originales publicadas entre 1670 y 1716).
19. Mandelbrot, B. B. (1983). *The fractal geometry of nature*. W. H. Freeman.
20. Ministerio de Educación. (2022). *Lineamientos curriculares para la enseñanza de la matemática*. Ministerio de Educación.
21. Moreno, L., & Waldegg, G. (1991). The conceptual evolution of actual mathematical infinity. *Educational Studies in Mathematics*, 22(3), 211–231.
22. Piaget, J. (1975). *La equilibración de las estructuras cognitivas*. Siglo XXI.
23. Poincaré, H. (1902). *La science et l'hypothèse*. Flammarion.
24. Presmeg, N. C. (1986). Visualization in high school mathematics. *For the Learning of Mathematics*, 6(3), 42–46.
25. Prigogine, I. (1997). *The end of certainty: Time, chaos, and the new laws of nature*. Free Press.
26. Radford, L. (2006). The anthropology of meaning. *Educational Studies in Mathematics*, 61(1–2), 39–65.
27. Sfard, A. (1991). On the dual nature of mathematical conceptions. *Educational Studies in Mathematics*, 22(1), 1–36.
28. Sierpinski, A. (1994). *Understanding in mathematics*. Falmer Press.

Exploración del infinito matemático: su inicio, fin y manifestaciones en tiempo y espacio

29. Skemp, R. R. (1976). Relational understanding and instrumental understanding. *Mathematics Teaching*, 77, 20–26.
30. Tall, D. O. (1991). The psychology of advanced mathematical thinking. En D. Tall (Ed.), *Advanced mathematical thinking* (pp. 3–21). Kluwer Academic Publishers.
31. Tall, D. O. (2002). Advanced mathematical thinking. En L. D. English (Ed.), *Handbook of international research in mathematics education* (pp. 495–513). Lawrence Erlbaum Associates.
32. UNESCO. (2019). Marco de acción Educación 2030. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.
33. Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.
34. Weierstrass, K. (1895). *Lectures on the theory of functions*. Springer.

©2026 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).|