

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.  
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), enero-febrero 2025,  
Volumen 9, Número 1.

[https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v9i1](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i1)

# **INTEGRACIÓN DE LA GEOMETRÍA FRACTAL EN LA ARQUITECTURA RELIGIOSA DEL CASCO ANTIGUO DE PANAMÁ: PERSPECTIVAS DESDE LA EDUCACIÓN MATEMÁTICA**

**INTEGRATION OF FRACTAL GEOMETRY IN THE RELIGIOUS  
ARCHITECTURE OF PANAMA'S CASCO ANTIGUO:  
PERSPECTIVES FROM MATHEMATICS EDUCATION**

**Carmen Rodríguez Poveda**

Universidad de Panamá

**Julio Trujillo González**

Universidad del Magdalena

**Iselgis De Diego Vásquez**

Universidad de Panamá

**Ana Varela Achurra**

Universidad de Panamá

**Daniel Sánchez Díaz**

Universidad de Panamá

**Daniel Vásquez Saldaña**

Universidad de Panamá

## Integración de la geometría fractal en la arquitectura religiosa del Casco Antiguo de Panamá: Perspectivas desde la educación matemática

**Carmen Rodríguez Poveda<sup>1</sup>**

[carmen.rodriguezp@up.ac.pa](mailto:carmen.rodriguezp@up.ac.pa)

<https://orcid.org/0000-0002-0540-0607>

Universidad de Panamá

Panamá, Panamá

**Julio Trujillo González**

[julio.trujillo@up.ac.pa](mailto:julio.trujillo@up.ac.pa)

<https://orcid.org/0000-0002-3664-8058>

Universidad del Magdalena

Colombia, Santa Marta

**Iselgis De Diego Vásquez**

[iselgis.dediego@up.ac.pa](mailto:iselgis.dediego@up.ac.pa)

<https://orcid.org/0009-0001-9651-7324>

Universidad de Panamá

Panamá, Panamá

**Ana Varela Achurra**

[ana.varela@up.ac.pa](mailto:ana.varela@up.ac.pa)

<https://orcid.org/0000-0003-1865-3053>

Universidad de Panamá

Panamá, Panamá

**Daniel Sánchez Díaz**

[daniel-a.sanchez@up.ac.pa](mailto:daniel-a.sanchez@up.ac.pa)

<https://orcid.org/0009-0008-4326-5734>

Universidad de Panamá

Panamá, Panamá

**Daniel Vásquez Saldaña**

[daniel.vasquez@up.ac.pa](mailto:daniel.vasquez@up.ac.pa)

<https://orcid.org/0000-0001-8048-4583>

Universidad de Panamá

Panamá, Panamá

### RESUMEN

El Casco Antiguo de la Ciudad de Panamá, declarado Patrimonio Mundial por la UNESCO en 1997, destaca por su arquitectura colonial y la presencia de patrones fractales en edificaciones religiosas. Aunque la geometría fractal ha sido utilizada para analizar patrones complejos en diversas disciplinas, su aplicación en la arquitectura del Casco Antiguo ha sido poco estudiada. Las iglesias históricas presentan fractales en vitrales, arcos y decoraciones ornamentales, enriqueciendo tanto la estética como la funcionalidad estructural. Este estudio descriptivo, basado en observación directa y análisis documental, tuvo como objetivo analizar la integración de la geometría fractal en elementos arquitectónicos de iglesias del Casco Antiguo y el área metropolitana de Panamá. Entre octubre de 2022 y enero de 2023, se recopiló información mediante visitas guiadas a iglesias, con registros fotográficos para la identificación de patrones fractales. Los resultados evidencian una alta presencia de fractales en vitrales y decoraciones ornamentales, mientras que los arcos y pórticos muestran patrones geométricos estructurales moderados. Se concluye que los fractales no solo aportan estabilidad estructural, sino también armonía visual, destacando su relevancia en la conservación del patrimonio arquitectónico y su potencial aplicación en el diseño arquitectónico contemporáneo.

**Palabras clave:** educación, enseñanza superior, geometría, fractales

---

<sup>1</sup> Autor principal.

Correspondencia: [carmen.rodriguezp@up.ac.pa](mailto:carmen.rodriguezp@up.ac.pa)

# Integration of fractal geometry in the religious architecture of Panama's Casco Antiguo: Perspectives from mathematics education

## ABSTRACT

The Old Town of Panama City, declared a World Heritage Site by UNESCO in 1997, stands out for its colonial architecture and the presence of fractal patterns in religious buildings. Although fractal geometry has been widely used to analyze complex patterns in various disciplines, its application in the architectural analysis of Old Town has not been previously explored. Historic churches exhibit fractal patterns in stained glass windows, arches, and ornamental decorations, enhancing both aesthetics and structural functionality. This descriptive study, based on direct observation and documentary analysis, aimed to examine the integration of fractal geometry into architectural elements of the churches of the Old Town and the metropolitan area of Panama. Between October 2022 and January 2023, data was collected through guided visits to churches, with photographic records used to identify fractal patterns. The results indicate a high presence of fractal patterns in stained glass windows and ornamental decorations, while arches and porticos exhibit moderate geometric structural patterns. The study concludes that fractals contribute not only to structural stability but also to visual harmony, underscoring their significance in heritage conservation and their potential application in contemporary architectural design.

**Keywords:** education, higher education, geometry, fractals

*Artículo recibido 15 enero 2025  
Aceptado para publicación: 19 febrero 2025*



## INTRODUCCIÓN

El Casco Antiguo de la Ciudad de Panamá, inscrito en la Lista del Patrimonio Mundial de la UNESCO en 1997, es un testimonio vivo de la planificación urbana colonial del siglo XVII en América. Este conjunto histórico no solo representa un legado cultural invaluable, sino que también ilustra la evolución arquitectónica que conecta el pasado con el presente (Cubero & Arroyo, 2020). En particular, la arquitectura religiosa del Casco Antiguo constituye un campo de estudio que permite explorar cómo los principios estéticos y funcionales de la época se integraron en el diseño de edificaciones que perduran hasta hoy. Estas estructuras no solo fueron concebidas como lugares de culto, sino también como símbolos de estabilidad social y espiritual, combinando elementos de diseño clásico con innovaciones estructurales que aún sorprenden a los especialistas.

En este contexto, la geometría fractal emerge como una herramienta matemática que permite analizar y comprender patrones complejos presentes en la arquitectura religiosa. Introducida por Mandelbrot en 1982, la geometría fractal se caracteriza por su capacidad para describir formas geométricas que se repiten a diferentes escalas, manteniendo una relación autosimilar entre sus partes. Este concepto ha encontrado aplicaciones significativas en disciplinas tan variadas como las ciencias naturales, el arte y, más recientemente, la arquitectura (Mandelbrot, 1982). En las iglesias del Casco Antiguo de Panamá, estos patrones se manifiestan en elementos como vitrales, arcos, pórticos y decoraciones ornamentales, lo que sugiere un diseño intencionado que combina arte y funcionalidad.

Estudios previos han destacado la presencia de fractales en edificaciones emblemáticas de diferentes partes del mundo. Por ejemplo, investigaciones sobre la Catedral de San José de Cúcuta y la Sagrada Familia de Gaudí han demostrado cómo estos patrones geométricos no solo embellecen las estructuras, sino que también optimizan su diseño estructural y su durabilidad (Díaz et al., 2021; Samper & Herrera, 2015). En Panamá, aunque el tema de los fractales en la arquitectura no ha sido ampliamente explorado, las iglesias del Casco Antiguo ofrecen un escenario ideal para investigar cómo estas matemáticas se integran en el diseño arquitectónico histórico, conectando el patrimonio local con tendencias globales en el estudio de la geometría aplicada.

Desde una perspectiva educativa, la integración de conceptos matemáticos como los fractales en actividades prácticas es crucial para sensibilizar a los estudiantes sobre la relevancia de las matemáticas en su entorno



profesional. En este estudio, la participación activa de estudiantes de arquitectura permitió vincular los conceptos teóricos de la geometría fractal con aplicaciones prácticas en el análisis de edificios históricos. Este enfoque no solo enriquece la experiencia de aprendizaje, sino que también destaca la importancia de las matemáticas en la preservación y apreciación del patrimonio cultural (Díaz et al., 2021; Hilario Pérez & Verdejo Gimeno, 2022).

El presente trabajo tiene como objetivo principal identificar y analizar patrones fractales presentes en elementos arquitectónicos de iglesias del Casco Antiguo de Panamá, con el fin de explorar su impacto estético y funcional en el diseño arquitectónico. Además, busca fomentar la sensibilización hacia la importancia de los fractales en la conservación del patrimonio y en la formación de arquitectos, integrando la matemática como una herramienta clave en su aprendizaje. Este estudio contribuye a ampliar el conocimiento sobre la interacción entre arte y matemática, resaltando cómo los conceptos fractales pueden servir como puente entre el diseño histórico y las innovaciones contemporáneas en la arquitectura. Al conectar el análisis matemático con la riqueza patrimonial, se establece un marco interdisciplinario que permite tanto la conservación como la reinterpretación del diseño arquitectónico en el contexto moderno.

## **METODOLOGÍA**

Este estudio de carácter cualitativo siguió un enfoque descriptivo, centrado en la identificación y funcionalidad de patrones fractales presentes en elementos arquitectónicos de las iglesias del Casco Antiguo y el área metropolitana de la ciudad de Panamá. Este enfoque permitió abordar el tema desde la observación directa y el análisis visual, sin el uso de herramientas computacionales, destacando el valor de la percepción humana y el trabajo colaborativo. Se seleccionaron como objeto de estudio seis iglesias emblemáticas del Casco Antiguo, considerando su relevancia histórica y arquitectónica.

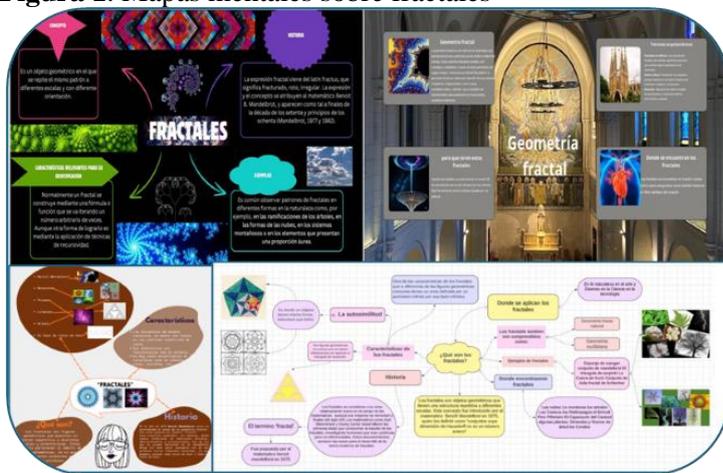
La recolección de datos se realizó mediante visitas de campo organizadas en grupos de estudiantes de la Licenciatura en Representación Arquitectónica Digital de la Universidad de Panamá. Durante estas visitas, los estudiantes utilizaron cámaras digitales para capturar imágenes de elementos arquitectónicos seleccionados, como vitrales, arcos, pórticos y ornamentos decorativos. Se prestó especial atención a aquellos detalles que presentaban características visuales de repetición geométrica o similitud escalar, características definitorias de los fractales según Mandelbrot (1982). Cada grupo se encargó de documentar sus hallazgos mediante un registro fotográfico acompañado de descripciones detalladas, lo que permitió



contextualizar los elementos analizados dentro del diseño general de las edificaciones.

Una parte fundamental de la metodología fue la elaboración de mapas mentales por parte de los estudiantes, con el objetivo de organizar y sintetizar los conceptos relacionados con la geometría fractal y su aplicabilidad en la arquitectura. Estos mapas se construyeron a partir de información recopilada de fuentes bibliográficas clave, como los estudios de Díaz et al. (2021) sobre patrones fractales en la arquitectura religiosa y las investigaciones de Hilario Pérez y Verdejo Gimeno (2022) sobre aplicaciones contemporáneas de la geometría fractal. Esta actividad no solo ayudó a estructurar el conocimiento, sino que también fomentó la reflexión crítica sobre la relación entre las matemáticas y el diseño arquitectónico.

**Figura 1:** Mapas mentales sobre fractales



*Nota:* Se presentan algunos mapas mentales elaborado por los participantes.

El análisis visual se llevó a cabo a través de la observación de las fotografías capturadas, destacando las características fractales presentes en los elementos arquitectónicos. Para ello, los estudiantes compararon las imágenes originales con versiones editadas manualmente, en las que resaltaron los patrones de repetición y autosimilitud. Esta metodología se inspiró en enfoques previos que enfatizan la interpretación visual como herramienta para identificar fractales en el diseño arquitectónico (Samper & Herrera, 2015). La interacción directa con las estructuras permitió a los participantes conectar los conceptos teóricos con su aplicación práctica, enriqueciendo así su comprensión del tema.

El diseño metodológico también consideró las limitaciones inherentes al estudio. Entre ellas, se destaca la dificultad para acceder a ciertas áreas de las iglesias debido a restricciones estructurales o legales. Además, el análisis se limitó a un enfoque cualitativo, lo que impidió la utilización de métricas cuantitativas, como las dimensiones fractales, para evaluar con mayor precisión la complejidad de los patrones. A pesar de estas

limitaciones, la metodología implementada permitió recopilar una cantidad significativa de datos que proporcionaron una base sólida para el análisis.

La participación activa de los estudiantes fue un elemento clave del estudio. Al involucrarlos en todo el proceso, desde la recopilación de datos hasta la elaboración de mapas mentales y el análisis visual, se logró no solo una mejor comprensión de los conceptos fractales, sino también un mayor interés en la conservación del patrimonio arquitectónico. Este enfoque educativo, centrado en el aprendizaje experiencial, refuerza la importancia de integrar actividades prácticas en la enseñanza de temas complejos, como lo son la geometría fractal y su aplicabilidad en el diseño arquitectónico (Díaz et al., 2021; Alzate et al., 2020).

Es importante destacar que la metodología utilizada en este estudio combina herramientas pedagógicas, como la elaboración de mapas mentales, con técnicas de observación directa y análisis visual, destacando la interacción entre los estudiantes y el objeto de estudio. Este enfoque permitió no solo identificar patrones fractales en las iglesias del Casco Antiguo, sino también sensibilizar a los participantes sobre la relevancia de las matemáticas en la arquitectura, estableciendo una base sólida para futuras investigaciones y aplicaciones en el campo del diseño arquitectónico.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Resultados**

Los resultados del estudio muestran que los patrones fractales están presentes en múltiples elementos arquitectónicos de las iglesias del Casco Antiguo y el área metropolitana de la ciudad de Panamá, específicamente en las ventanas, arcos, pórticos y decoraciones ornamentales de las fachadas. Durante el análisis de las fotografías capturadas en las visitas de campo, se identificaron características fractales que se evidencian en la repetición de formas y en la similitud escalar, permitiendo observar cómo estos patrones geométricos no solo aportan un valor estético, sino que también contribuyen a la estabilidad estructural de los edificios religiosos.

En los análisis de los patrones fractales en elementos como vitrales y arcos, se identificaron dimensiones fractales promedio, de esta manera se confirma un diseño geométrico coherente y autosimilar (Al-Dabbagh & Ismail, 2024).

En las ventanas y vitrales, se encontraron patrones repetitivos que mantienen la misma estructura a diferentes escalas, un aspecto característico de la similitud fractal. Por su parte, los arcos y pórticos de



entrada presentan diseños geométricos que se repiten y estructuran en distintas dimensiones, sugiriendo un diseño que responde tanto a la decoración como a la estabilidad arquitectónica. Los motivos ornamentales exhiben características fractales evidentes, como la iteración de diseños en los marcos de las ventanas y decoraciones de las fachadas, se destaca el vínculo entre geometría y funcionalidad estética (González et al., 2011), también muestran una configuración fractal con patrones de recurrencia geométrica, y resaltan la complejidad visual de las iglesias.

A continuación, se presenta un resumen de los elementos donde se encontraron patrones fractales, se indica el nivel de presencia y observaciones relevantes:

**Tabla 1:** Principales Elementos Arquitectónicos con Presencia de Patrones Fractales en las Iglesias del Casco Antiguo de Panamá.

| <b>Elemento Arquitectónico</b> | <b>Presencia de Patrones Fractales</b> | <b>Observaciones</b>                          |
|--------------------------------|--|---|
| Ventanas y Vitrales            | Alta                                   | Similitud evidente en formas y simetría       |
| Arcos y Pórticos               | Moderada                               | Repetición estructural que aporta estabilidad |
| Decoraciones Ornamentales      | Alta                                   | Motivos vegetales y geométricos en fachadas   |

*Nota: La tabla muestra los elementos arquitectónicos de las iglesias donde se identificaron patrones fractales, además, se indica el nivel de presencia de fractales y observaciones relevantes sobre la estructura y funcionalidad de estos patrones en el diseño arquitectónico.*

**Ventanas y Vitrales:** Se encontraron patrones repetitivos en los diseños de los vitrales y en las formas de las ventanas. Estos elementos muestran una estructura que, al ser observada en distintas escalas, mantiene un patrón similar, lo cual es un indicativo de similitud escalar fractal.

**Figura 2:** Vitrales con representaciones artísticas y geométricas.



*Nota: Uso de patrones fractales en un vitral artístico con representación religiosa y elementos geométricos autosimilares.*

**Arcos y Pórticos:** Los arcos y pórticos de entrada presentan patrones geométricos que repiten sus formas a diferentes escalas. Este hallazgo sugiere que el diseño de estos elementos no solo sigue una estructura decorativa, sino que también podría responder a la estabilidad estructural que brindan las configuraciones fractales.

**Figura 3:** Pórtico con diseño geométrico en iglesia del Casco Antiguo



*Nota: Diseño de pórticos con formas geométricas que reflejan patrones de simetría y repetición.*

**Decoraciones Ornamentales:** En las fachadas y detalles decorativos, se observaron figuras repetitivas que incluyen motivos vegetales y geométricos. La observación detallada de estos elementos permite ver cómo la misma estructura se replica, característica que representa la similitud escalar y la complejidad típica de los fractales.

**Figura 4:** Detalle de ornamentos y diseño fractal en un altar de iglesia



*Nota: Representación de patrones geométricos repetitivos en la base del altar, destacando la combinación de mármol y elementos dorados.*

La percepción de los estudiantes sobre la actividad realizada constituye un elemento fundamental para evaluar su impacto académico y formativo. Al analizar las respuestas proporcionadas por los participantes a la pregunta "¿Cuál es su opinión de la actividad realizada?", se identificaron palabras clave que reflejan sus impresiones sobre el trabajo desarrollado. Estas palabras fueron agrupadas en cuatro categorías principales: "Enriquecedora," "Interesante," "Innovadora" y "Desafiante," lo que permitió consolidar una visión general de su percepción. A continuación, se presenta una tabla que organiza las menciones en estas categorías:

**Tabla 2:** Palabras claves que reflejan la impresión de los participantes en relación con el trabajo realizado

| <b>Categoría</b> | <b>Cantidad de Menciones</b> | <b>Porcentaje (%)</b> |
|------------------|------------------------------|-----------------------|
| Enriquecedora    | 14                           | 46.7%                 |
| Interesante      | 7                            | 23.3%                 |
| Innovadora       | 7                            | 23.3%                 |
| Desafiante       | 2                            | 6.7%                  |

*Nota: Fuente propia*

La tabla agrupada refleja la percepción de los estudiantes sobre la actividad y se destaca la categoría "Enriquecedora" como la más mencionada, lo cual indica que la mayoría consideró la actividad como una experiencia beneficiosa y valiosa para su aprendizaje y apreciación del tema. La categoría "Interesante" también obtuvo un alto porcentaje, sugiriendo que los estudiantes encontraron el tema atractivo y relevante

para su formación académica. La categoría "Innovadora," que incluye menciones sobre la complejidad del tema, sugiere que los estudiantes apreciaron la novedad y el desafío intelectual de la actividad. Finalmente, "Desafiante" aparece con un menor porcentaje, lo cual sugiere que algunos estudiantes percibieron el trabajo como un reto académico.

Los resultados muestran que la mayoría de los estudiantes valoraron la actividad como enriquecedora y subrayan su contribución al aprendizaje y a la comprensión del tema. Además, la actividad fue percibida como interesante e innovadora, destacándose por su relevancia y la novedad del enfoque, aunque algunos participantes también la describieron como desafiante, reconociendo el nivel de complejidad que implicó. Esta información proporciona una base para comprender cómo los estudiantes experimentaron la integración de conceptos matemáticos, como los fractales, en el análisis arquitectónico.

El Estudiante 5 comentó que "la actividad le permitió apreciar cómo se relacionan el arte y las matemáticas en la arquitectura, generando un interés más profundo en el diseño arquitectónico". Por otro lado, el Estudiante 3 señaló que "explorar los patrones fractales en las iglesias ayudó a comprender la importancia de la matemática en la creación de estructuras armónicas y visualmente atractivas". Finalmente, el Estudiante 2 destacó que "analizar los fractales en un contexto real como el Casco Antiguo le permitió conectar conceptos abstractos con aplicaciones prácticas, lo cual fue altamente motivador". Estos comentarios refuerzan la percepción de que la actividad no solo fomentó el aprendizaje conceptual, sino que también inspiró un mayor interés por la arquitectura y las matemáticas.

## **DISCUSIÓN**

La investigación realizada permitió identificar patrones fractales en diversos elementos arquitectónicos de las iglesias del Casco Antiguo y el área metropolitana de la ciudad de Panamá, resaltando su importancia tanto estética como estructural. Estos hallazgos no solo demuestran la presencia de conceptos matemáticos en el diseño histórico, sino que también abren nuevas perspectivas sobre cómo los principios fractales pueden integrarse en la conservación y diseño arquitectónico contemporáneo.

Según el equipo 6, en los vitrales, por ejemplo, se observó una repetición de formas geométricas que reflejan similitud escalar, como se documentó en los análisis de la Iglesia de San Francisco de Asís. Esta autosimilitud contribuye a crear una sensación de continuidad y orden visual que eleva la experiencia estética de los fieles y visitantes. Por otro lado, según el equipo 3, los arcos y pórticos de entrada, como los



de la Iglesia de Nuestra Señora de la Merced, evidencian patrones de repetición estructural que no solo aportan estabilidad a la construcción, sino que también optimizan la distribución de cargas, destacando la función práctica de los fractales en la arquitectura.

La comparación con investigaciones previas revela que el uso de fractales en la arquitectura religiosa es un fenómeno global. Estudios sobre la Catedral de San José de Cúcuta y la Sagrada Familia de Gaudí refuerzan la idea de que estos patrones geométricos no son casuales, sino el resultado de un diseño consciente que combina arte y matemática para maximizar la eficiencia y la belleza estructural (Díaz et al., 2021; Samper & Herrera, 2015). En el caso del Casco Antiguo, los fractales no solo embellecen las estructuras, sino que también reflejan un enfoque funcional que perdura a través del tiempo.

Desde un enfoque educativo, la actividad fue percibida por los estudiantes como innovadora y enriquecedora. Comentarios como el de un participante que afirmó que "la actividad le permitió conectar conceptos abstractos con aplicaciones prácticas" refuerzan la importancia de incorporar experiencias de aprendizaje activas en la enseñanza de matemáticas y arquitectura. Este tipo de metodología fomenta una mayor sensibilización hacia el papel de las matemáticas en la construcción del patrimonio cultural, lo que puede inspirar soluciones creativas en el diseño contemporáneo.

Además, el análisis visual manual, a diferencia de los enfoques computacionales, permitió una conexión más directa y reflexiva con el objeto de estudio. Esto resalta el valor de la percepción humana en el reconocimiento de patrones fractales y su aplicación en contextos arquitectónicos, un enfoque que podría replicarse en estudios futuros para enriquecer la interacción entre ciencia y arte (Hilario Pérez & Verdejo Gimeno, 2022).

### **Novedad Científica y Pertinencia del Trabajo**

La presente investigación aporta una contribución innovadora al estudio de la arquitectura religiosa desde una perspectiva matemática, destacando la aplicación de la geometría fractal en edificaciones históricas del Casco Antiguo de Panamá. Si bien la geometría fractal ha sido estudiada en el campo de la matemática y aplicada en el diseño contemporáneo, su integración en el análisis arquitectónico de iglesias coloniales panameñas ha sido poco explorada. Este estudio amplía el conocimiento existente al evidenciar cómo los patrones fractales no solo enriquecen la estética de estas edificaciones, sino que también desempeñan un papel fundamental en su estabilidad estructural, alineándose con hallazgos previos en edificaciones icónicas



como la Sagrada Familia de Gaudí (Díaz et al., 2021; Samper & Herrera, 2015).

Desde una perspectiva educativa, este trabajo representa una innovación en la enseñanza de la matemática y la arquitectura, al proponer un enfoque interdisciplinario basado en la observación directa y el análisis visual. La experiencia con estudiantes de la Licenciatura en Representación Arquitectónica Digital demostró que la integración de la geometría fractal en el análisis de edificios históricos permite no solo una mejor comprensión de los conceptos matemáticos, sino también una mayor sensibilización sobre la importancia del patrimonio cultural (Hilario Pérez & Verdejo Gimeno, 2022).

Además, la metodología implementada refuerza la pertinencia del estudio al emplear herramientas pedagógicas como la elaboración de mapas mentales y la observación in situ, promoviendo un aprendizaje experiencial significativo. Esto responde a la necesidad de fomentar estrategias innovadoras en la educación matemática que permitan vincular el conocimiento abstracto con aplicaciones prácticas y concretas en el entorno construido. Asimismo, el estudio resalta la importancia de documentar y preservar estos patrones geométricos como parte del acervo cultural de la ciudad, lo que contribuye a futuras investigaciones en conservación arquitectónica y diseño sostenible (Patuano & Tara, 2020).

En términos de impacto y aplicabilidad, los hallazgos de esta investigación pueden servir de base para nuevas estrategias de restauración y diseño arquitectónico, incorporando los principios fractales en proyectos de conservación y adaptación de edificaciones históricas. Asimismo, los resultados sugieren que la educación matemática y la arquitectura pueden beneficiarse mutuamente mediante enfoques interdisciplinarios que integren la geometría fractal como una herramienta fundamental para la comprensión de estructuras complejas. Este trabajo abre la puerta a futuras investigaciones que profundicen en la relación entre matemáticas y arquitectura, con el potencial de influir tanto en la formación académica como en la práctica profesional de arquitectos e ingenieros.

## **CONCLUSIONES**

Este estudio demuestra que los patrones fractales están profundamente integrados en la arquitectura religiosa del Casco Antiguo y el área metropolitana de la ciudad de Panamá, especialmente en elementos como ventanas, arcos, pórticos y decoraciones ornamentales. La investigación ha logrado responder a la pregunta central sobre la presencia y función de los fractales en estos edificios, logrando evidenciar que los patrones fractales no solo cumplen una función decorativa, sino que también aportan a la estabilidad



estructural y a la cohesión estética de las construcciones religiosas.

En primer lugar, los resultados indican que los fractales, caracterizados por la similitud escalar y la repetición estructural a diferentes escalas, enriquecen visualmente los elementos arquitectónicos, otorgándoles un valor estético que responde a una tradición arquitectónica de similitud geométrica en el diseño religioso. Este valor estético se observa particularmente en los vitrales, arcos y ornamentos, que presentan configuraciones geométricas repetitivas y consistentes, adaptándose a la estructura general del edificio y manteniendo una armonía visual que realza la complejidad y belleza de las iglesias.

Además, los patrones fractales identificados en los arcos y pórticos sugieren una función estructural adicional, los cuales proporcionan estabilidad y resistencia mediante la repetición de formas y simetrías que optimizan la distribución de cargas y la resiliencia de la estructura. Este hallazgo refuerza la idea de que la geometría fractal no solo aporta una dimensión estética, sino que también tiene aplicaciones prácticas en la ingeniería y arquitectura, ya que su estructura autosimilar puede contribuir a la durabilidad de las edificaciones religiosas.

La actividad logró sensibilizar a los estudiantes sobre la importancia de las matemáticas en la arquitectura, además destaca la utilidad práctica de los fractales. Podemos decir que los objetivos de sensibilizar a los estudiantes y de explorar el valor patrimonial de estos edificios han sido cumplidos mediante la metodología de visitas de campo y análisis visual, lo que permitió una comprensión profunda de los patrones fractales y su impacto en el diseño arquitectónico. La investigación concluye que los fractales en la arquitectura religiosa del Casco Antiguo representan un recurso valioso tanto para la conservación del patrimonio como para el desarrollo de diseños arquitectónicos sostenibles y estéticamente coherentes en el contexto contemporáneo.

La preservación del patrimonio arquitectónico puede beneficiarse enormemente del uso de herramientas de geometría fractal en proyectos de restauración y diseño. (Al-Dabbagh & Ismail, 2024, González et al., 2011).

Finalmente, se recomienda que futuras investigaciones amplíen el alcance de este estudio, incorporando análisis comparativos con otras edificaciones religiosas en Panamá y explorando el uso de herramientas digitales para un análisis más detallado de las propiedades fractales. Asimismo, la integración de la geometría fractal en proyectos de restauración y diseño arquitectónico moderno puede ofrecer soluciones



innovadoras que respeten el legado histórico al tiempo que responden a las necesidades del presente. Este enfoque interdisciplinario promete enriquecer la práctica arquitectónica y la enseñanza de las matemáticas, promoviendo una visión más integral y creativa del diseño.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Al-Dabbagh, A. A., & Ismail, K. J. A. (2024). *Using Fractal Geometry in Studying Architectural and Urban Patterns*. *International Journal of Sustainable Development & Planning*, 19(6).
- Cubero Hernández, A., & Arroyo Duarte, S. (2020). *Colonial architecture in Panama City. Analysis of the heritage value of its monastic buildings*. *Designs*, 4(4), 57.
- Díaz, Y., Delgado, J., & Vergel, M. (2021). *Identificación de patrones fractales como herramienta interpretativa de la Catedral de San José de Cúcuta*. *Revista Boletín Redipe*, 10(11), 338-345.  
<https://revista.redipe.org/index.php/1/article/view/1541>
- González, J. M. S., de la Hoz, A. M., & García, M. A. S. (2011). *Aproximación del diseño arquitectónico a la fractalidad*. *Pensamiento Matemático*, 9.
- Hernández, A. C., & Duarte, S. A. (2020). *Colonial Architecture in Panama City. Analysis of the Heritage Value of Its Monastic Buildings*. *Designs*, 4, 57.  
<https://doi.org/10.3390/designs4040057>
- Hilario Pérez, L., & Verdejo Gimeno, P. (2022). *La Arquitectura sostenible desde un punto de vista matemático a través de la geometría fractal bajo un proyecto COIL*. In *Proceedings INNODOCT/21. International Conference on Innovation, Documentation and Education* (pp. 527-535). Editorial Universitat Politècnica de València.  
<https://riunet.upv.es/handle/10251/188198>
- Mandelbrot, B. B. (1982). *The Fractal Geometry of Nature*. W. H. Freeman.
- Ortega, M. V., Rojas, J. A. D., & Umaña, Y. D. (2021). *Identificación de patrones fractales como herramienta interpretativa de la catedral de San José de Cúcuta*. *Revista Boletín Redipe*, 10(11), 338-345.  
<https://doi.org/10.36260/rbr.v10i11.1541>
- Patuano, A., & Tara, A. (2020). *Fractal geometry for landscape architecture: review of methodologies and interpretations*. *Journal of Digital Landscape Architecture*, 5(10).



Pereira, R. E. V., & Villegas, D. J. M. (2018). *¡Fractales! Factor motivador para el estudio de las matemáticas*. In XV Conferencia Interamericana de Educación Matemática.

Quinonero Puey, I. (2023). *Más allá de la escala: La geometría fractal y la aplicación de su estética a la práctica artística*.

<https://hdl.handle.net/10481/83866>

