

GeoAI y complejidad urbana: revisión sistemática según las directrices PRISMA

Guillermo Geovanny Guzmán Chávez y
Alexandra Patricia Ortiz Almeida ⁽¹⁾

Resumen: El presente estudio analiza el papel de la GeoAIA en la comprensión de la complejidad urbana, con el objetivo de identificar sus principales aportes en la planificación territorial contemporánea. La investigación se desarrolló mediante una revisión sistemática de literatura basada en las directrices PRISMA, utilizando una estrategia de búsqueda estructurada con operadores booleanos en bases de datos académicas. A partir de un conjunto inicial de registros, se aplicaron criterios de inclusión y exclusión que permitieron seleccionar dieciocho artículos científicos relevantes para el análisis.

Los resultados evidencian que la GeoAI permite transformar procesos tradicionales de planificación urbana mediante la integración de datos multifuente, el análisis automatizado del territorio y la modelación de dinámicas espaciales complejas. A partir del análisis del corpus, se identificaron cuatro dimensiones clave: GeoAI como evolución de la ciencia geográfica hacia sistemas inteligentes, el diagnóstico territorial automatizado, la modelación y predicción urbana, y la incorporación de variables humanas y perceptuales. Estas dimensiones configuran un enfoque integral que permite comprender la ciudad como un sistema dinámico y adaptativo.

Se concluye que la inteligencia artificial geoespacial no solo mejora la precisión y eficiencia del análisis territorial, sino que redefine la lógica de la planificación urbana al incorporar capacidades predictivas y enfoques basados en datos. No obstante, su implementación enfrenta desafíos asociados a la calidad de la información, la interpretación de los modelos y la capacidad institucional. En consecuencia, se plantea la necesidad de desarrollar enfoques integrados que articulen tecnología, conocimiento territorial y principios humanocéntricos en la toma de decisiones urbanas.

Palabras clave: Computación urbana - inteligencia geoespacial - planificación basada en datos - análisis espaciotemporal - ciudades inteligentes

[Resúmenes en inglés y portugués en las páginas 212-213]

⁽¹⁾ Ver CVs en pp. 213-214

Introducción

El acelerado proceso de urbanización global ha incrementado significativamente la complejidad de los sistemas urbanos, configurando entornos caracterizados por dinámicas no lineales, interacciones multiescales y una creciente dependencia de flujos de información y datos. Jiang *et al.* (2025) plantean que la integración de la GeoAI con enfoques de computational urban science y human dynamics permite comprender el territorio como un sistema dinámico e interconectado. En este contexto, la planificación territorial enfrenta el desafío de comprender, modelar y gestionar sistemas urbanos altamente heterogéneos, donde las metodologías tradicionales resultan insuficientes para abordar la multiplicidad de variables espaciales, sociales y ambientales que intervienen en la configuración de la ciudad contemporánea. Frente a este escenario, la incorporación de tecnologías emergentes, particularmente aquellas vinculadas a la inteligencia artificial, ha comenzado a redefinir los enfoques analíticos y operativos en el campo del urbanismo.

Desde una perspectiva epistemológica, la GeoAI permite capturar relaciones espaciales complejas como la autocorrelación, la heterogeneidad y las dependencias espaciales, aspectos fundamentales para la comprensión de sistemas urbanos (Lu, Cheng y Wang 2025). Por otro lado, la GeoAI también ha sido utilizada para analizar dimensiones subjetivas del entorno urbano, como la percepción de seguridad (Guzmán-Chávez, 2025). La teoría de estructuras vivas (living structure theory) propone una visión del espacio como una entidad dinámica e interconectada, donde la organización jerárquica de los elementos urbanos influye en la percepción y el bienestar humano (Jiang *et al.*, 2025).

La Geospatial Artificial Intelligence (GeoAI) se posiciona como un campo interdisciplinario que integra la ciencia de la información geográfica (GIScience) con técnicas avanzadas de inteligencia artificial, tales como el aprendizaje automático (machine learning), el aprendizaje profundo (deep learning) y los modelos espaciotemporales. Esta convergencia tecnológica permite no solo el procesamiento de grandes volúmenes de datos geoespaciales, sino también la identificación de patrones complejos, la modelación predictiva y la generación de conocimiento espacial aplicado a la toma de decisiones territoriales. Según Lu *et al.* (2025), GeoAI constituye un nuevo paradigma en el análisis geográfico al permitir capturar relaciones espaciales complejas como la heterogeneidad, la autocorrelación y las interacciones de vecindad, aspectos fundamentales para la comprensión de sistemas urbanos complejos.

La noción de complejidad urbana se fundamenta en la comprensión de la ciudad como un sistema adaptativo complejo, como lo menciona (García, 2006) la alteración de un elemento tiene implicación en todo el sistema. Por otro lado, se manifiesta en la heterogeneidad espaciotemporal de los fenómenos urbanos. Chen, Li, Li y Huang (2026) señalan que variables como la movilidad urbana no pueden ser explicadas mediante modelos globales, ya que presentan variaciones significativas en función del contexto territorial, el uso del suelo y la morfología urbana. Este enfoque resalta la necesidad de utilizar modelos adaptativos que consideren la variabilidad espacial en la planificación urbana.

Desde una perspectiva evolutiva, la incorporación de inteligencia artificial en el análisis espacial no constituye un fenómeno aislado, sino parte de una transformación más amplia

en la GIScience, impulsada por el crecimiento del Big Data y el desarrollo de nuevas capacidades computacionales. De Sabbata *et al.* (2023) destacan que la GeoAI representa una nueva etapa en la evolución de la ciencia geográfica, caracterizada por la integración de datos heterogéneos y modelos capaces de capturar relaciones espaciales complejas. Esta transformación ha permitido el tránsito desde enfoques descriptivos hacia modelos predictivos y prescriptivos, donde la planificación urbana se configura como un proceso dinámico basado en datos.

En el ámbito del urbanismo, uno de los campos donde la GeoAI ha mostrado mayor desarrollo es en el análisis del cambio de uso y cobertura del suelo (Land Use/Land Cover Change, LULC) (Lü, *et al.*, 2025), el cual constituye un elemento clave para la comprensión de la expansión urbana y la transformación territorial. La literatura reciente evidencia el uso de modelos avanzados, como autómatas celulares, redes neuronales y modelos híbridos, para simular dinámicas de crecimiento urbano y evaluar escenarios futuros Li, Wang, Wang y Tu (2025). Estos enfoques permiten superar las limitaciones de los modelos tradicionales al incorporar variables espaciales y temporales en la modelación del territorio, lo que resulta fundamental en contextos de alta complejidad urbana (Zhou y Chen, 2025). Li *et al.* (2025) desarrollan un marco basado en segmentación semántica (DeepLabv3+) que permite identificar áreas de renovación urbana con alta precisión. Este tipo de herramientas reduce significativamente los tiempos de análisis y mejora la capacidad de los planificadores para identificar áreas prioritarias de intervención. La integración de modelos espaciales ha permitido avances en la comprensión de la movilidad urbana. Chen *et al.* (2026) propone un modelo híbrido que combina regresión geográficamente ponderada, Random Forest y redes neuronales gráficas para analizar flujos de movilidad en múltiples escalas. Este enfoque permite capturar la complejidad de los sistemas de transporte urbano y mejorar la planificación de infraestructuras. El desarrollo de modelos avanzados como UrbanCLIP y sistemas multimodales ha ampliado las capacidades de la GeoAI para integrar diferentes tipos de datos (texto, imágenes, datos espaciales), permitiendo una comprensión más profunda del entorno urbano (Yan *et al.*, 2023).

La relación entre GeoAI y sostenibilidad urbana ha sido ampliamente abordada en la literatura reciente. Aidaoui *et al.* (2024) plantean que la GeoAI permite integrar variables, facilitando la toma de decisiones orientadas a la sostenibilidad. Asimismo, estudios sobre gestión de islas de calor y cambio climático evidencian el uso de inteligencia artificial para monitorear, predecir y mitigar impactos ambientales en ciudades (Rui, Shabrina y Gong, 2026). Este enfoque refuerza el papel de la GeoAI como herramienta clave en la planificación resiliente. Se desarrollan modelos híbridos que combinan aprendizaje automático y aprendizaje profundo para predecir variables ambientales, logrando altos niveles de precisión. Este tipo de modelos permite anticipar impactos del cambio climático y diseñar estrategias de resiliencia urbana.

Asimismo, la integración de datos provenientes de la observación de la Tierra ha fortalecido la capacidad de la GeoAI para analizar el territorio a gran escala. El uso de imágenes satelitales y datos geoespaciales derivados de sensores remotos permite generar diagnósticos territoriales más precisos y actualizados, facilitando la identificación de patrones de urbanización, cambios ambientales y dinámicas de uso del suelo (See *et al.*, 2025).

Este tipo de herramientas resulta especialmente relevante en contextos donde la disponibilidad de información es limitada, ya que permite suplir vacíos de datos mediante el uso de tecnologías de teledetección.

En paralelo, la GeoAI ha avanzado en la incorporación de variables cualitativas dentro del análisis urbano, particularmente a través del uso de imágenes urbanas y modelos de aprendizaje profundo. Estudios recientes han demostrado la capacidad de estos modelos para analizar la percepción del entorno construido, integrando dimensiones como la seguridad, la calidad del espacio público y la experiencia urbana (Kang *et al.*, 2023; Wang *et al.*, 2025). Este enfoque representa un avance significativo en la planificación territorial, al permitir integrar variables subjetivas en procesos tradicionalmente dominados por indicadores cuantitativos.

Otro campo relevante en el desarrollo de la GeoAI es el análisis de la morfología urbana y la caracterización del entorno construido. La aplicación de modelos de aprendizaje profundo en combinación con datos catastrales y geoespaciales ha permitido clasificar tipologías urbanas, analizar fachadas y comprender patrones espaciales a diferentes escalas (De La Cruz, Martínez-Cuevas, García-Aranda y Morillo, 2025). Estas aplicaciones contribuyen a mejorar la fase de diagnóstico territorial, facilitando una lectura más detallada y sistemática del tejido urbano.

No obstante, a pesar de los avances tecnológicos, la implementación de la GeoAI en la planificación urbana plantea desafíos importantes. Uno de los principales problemas identificados es la falta de integración entre las capacidades tecnológicas y los procesos institucionales de planificación. Aidaoui *et al.* (2024) evidencian que, si bien la GeoAI ha avanzado en aplicaciones específicas, su incorporación en sistemas de planificación urbana aún es limitada, lo que restringe su impacto en la toma de decisiones territoriales. Esta brecha refleja la necesidad de desarrollar marcos conceptuales y metodológicos que permitan integrar la GeoAI de manera efectiva en la práctica urbanística.

Asimismo, la literatura ha comenzado a abordar las implicaciones éticas y sociales del uso de la inteligencia artificial en el territorio. Tonnarelli y Mora (2025) advierten que la implementación de GeoAI debe considerar aspectos relacionados con la equidad, la gobernanza de datos y la capacidad institucional, particularmente en contextos urbanos vulnerables. Este enfoque resalta la importancia de adoptar una perspectiva humanocéntrica en el uso de tecnologías avanzadas, evitando que estas reproduzcan desigualdades existentes en el territorio.

En este sentido, el desarrollo de la GeoAI debe ser acompañado por estrategias que garanticen la transparencia, reproducibilidad y escalabilidad de los modelos. Wang *et al.* (2026) proponen el enfoque RRE (repeatable, reproducible, expandable) como un marco para estructurar procesos geoespaciales de manera sistemática, mejorando la confiabilidad de los resultados. Este tipo de enfoques resulta fundamental en la planificación urbana, donde la toma de decisiones debe estar respaldada por procesos verificables.

Otro de los problemas es la incapacidad de los métodos convencionales para integrar grandes volúmenes de datos y capturar relaciones no lineales en el territorio. La planificación urbana ha dependido históricamente de diagnósticos fragmentados y procesos analíticos manuales, lo que dificulta la generación de respuestas oportunas frente a problemáticas urbanas complejas. En este sentido, la falta de herramientas capaces de procesar

datos multifuente y modelar dinámicas espaciales en tiempo real constituye una brecha crítica en la disciplina.

El análisis del cambio de uso y cobertura del suelo ejemplifica claramente esta problemática. La literatura reciente evidencia que los procesos de expansión urbana no pueden ser comprendidos mediante modelos lineales, sino que requieren enfoques que integren variables espaciales, temporales y socioeconómicas en sistemas dinámicos. Los modelos tradicionales, basados en regresión o análisis estadístico simple, presentan limitaciones para capturar la complejidad de estos procesos, lo que ha impulsado el desarrollo de modelos híbridos basados en inteligencia artificial (Zhou, 2025). No obstante, la incorporación de estos modelos aún no ha sido plenamente integrada en los procesos de planificación territorial.

En paralelo, la disponibilidad y calidad de los datos geoespaciales representan otro desafío estructural. Si bien el desarrollo de tecnologías de observación de la Tierra ha permitido mejorar la disponibilidad de información espacial, su integración en procesos de planificación sigue siendo limitada (Iturrioz, Linares y Ramírez, 2025). La falta de capacidades técnicas y metodológicas para procesar estos datos en contextos institucionales limita su aplicación efectiva.

A este escenario se suma la creciente complejidad del entorno construido, la cual no puede ser comprendida únicamente a partir de variables físicas. La percepción urbana, la calidad del espacio público y la experiencia del usuario constituyen dimensiones fundamentales en la planificación territorial, pero han sido tradicionalmente subrepresentadas en los procesos de análisis. La incorporación de modelos de inteligencia artificial que permiten analizar imágenes urbanas y datos visuales ha abierto nuevas posibilidades para integrar estas dimensiones en el análisis territorial (Kang *et al.*, 2023). Sin embargo, la integración de estas variables en los procesos de planificación aún es incipiente.

Otro problema se relaciona con la fragmentación de herramientas y metodologías utilizadas en la planificación urbana. Si bien existen múltiples aplicaciones de inteligencia artificial en el análisis territorial, como la clasificación del uso del suelo, la modelación de movilidad o la predicción ambiental, estas suelen desarrollarse de manera aislada, sin una integración sistemática. Esta fragmentación limita el potencial de la GeoAI para generar impactos estructurales en la gestión del territorio.

Asimismo, se evidencia una brecha entre el desarrollo tecnológico y su implementación en contextos reales. Aidaoui *et al.* (2024) señalan que, a pesar de los avances en GeoAI, su adopción en sistemas de planificación urbana es aún limitada, lo que restringe su capacidad para influir en la toma de decisiones territoriales. Esta brecha se explica, en parte, por la falta de marcos conceptuales que articulen las capacidades tecnológicas con los procesos institucionales de planificación.

En este sentido, la capacidad institucional y la gobernanza de datos emergen como factores clave en la implementación de la GeoAI. Tonnarelli y Mora (2025) destacan que la adopción de inteligencia artificial en contextos urbanos depende no solo de la disponibilidad tecnológica, sino también de la capacidad de las instituciones para gestionar datos, interpretar modelos y tomar decisiones informadas. Este aspecto resulta especialmente relevante en contextos del sur global, donde las limitaciones institucionales pueden restringir el uso de tecnologías avanzadas.

De manera complementaria, la literatura reciente ha comenzado a abordar los desafíos éticos asociados al uso de la inteligencia artificial en el territorio. Los sesgos algorítmicos, la desigualdad en el acceso a datos y la opacidad de los modelos constituyen riesgos que deben ser considerados en la planificación urbana. En este contexto, la necesidad de incorporar enfoques de inteligencia artificial responsable se vuelve fundamental para garantizar que las tecnologías contribuyan a la equidad y sostenibilidad urbana.

Otro elemento crítico se relaciona con la reproducibilidad y transparencia de los modelos GeoAI. La planificación urbana requiere procesos verificables que permitan justificar las decisiones tomadas, lo que contrasta con la naturaleza “black box” de muchos modelos de inteligencia artificial. En este sentido, el desarrollo de marcos metodológicos que garanticen la reproducibilidad de los análisis resulta fundamental para su integración en la práctica urbanística (Wang *et al.*, 2026).

Para ello, se adopta un enfoque de revisión sistemática de literatura, que permite identificar las principales tendencias, aplicaciones y vacíos en el uso de estas tecnologías. De esta manera, el presente trabajo se posiciona en la intersección entre urbanismo, SIG y computación urbana, buscando aportar a la construcción de un marco conceptual que permita integrar la GeoAI en la complejidad urbana desde una perspectiva crítica.

Metodología

El presente estudio adopta un enfoque metodológico basado en revisión sistemática de literatura, con el objetivo de identificar y analizar las principales aplicaciones de la Geospacial Artificial Intelligence (GeoAI), particularmente en relación con la complejidad urbana.

La investigación se estructura bajo los principios del protocolo PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) (Moher, Liberati, Tetzlaff y Altman, 2010) el cual permite garantizar transparencia, trazabilidad y rigor en la selección, clasificación y análisis de la literatura científica. Este enfoque resulta pertinente debido al carácter interdisciplinario de la GeoAI, que articula campos como la GIScience, la inteligencia artificial, la computación urbana y el urbanismo.

El diseño metodológico se alinea con enfoques recientes en GeoAI y complejidad urbana, a los cuales se integran una búsqueda sistemática a través de indicadores booleanos, así como criterios de inclusión y exclusión. Mediante los cuales se genera una base documental afinada.

El proceso metodológico se desarrolló en tres fases principales:

- **Identificación.** Se recopiló el conjunto de documentos proporcionados y se organizó en una base de datos estructurada, permitiendo su clasificación según temática, tipo de metodología y aplicación en planificación urbana. Este proceso permitió establecer un marco inicial de análisis.
- **Clasificación temática.** Los documentos fueron clasificados en categorías temáticas, con el fin de estructurar el análisis de manera coherente. Las principales categorías identificadas fueron: GeoAI; Diagnóstico territorial automatizado; Modelación y predicción urba-

na; Análisis de percepción urbana; Sistemas de soporte a la decisión; Ética, gobernanza y sesgos en IA; Reproducibilidad y escalabilidad.

- Síntesis. Se realizó una síntesis integradora orientada a construir un marco conceptual que articule las diferentes aplicaciones de la GeoAI dentro del proceso de planificación territorial, identificando la contribución en: Acelerar la fase de diagnóstico territorial; Mejorar la comprensión de la complejidad urbana; Optimizar el procesamiento de datos; Fortalecer la toma de decisiones.

Análisis y discusión

Primera búsqueda

Inicialmente la búsqueda se realizó combinando los términos ‘GeoAI’ y ‘Urban Complexity’ en bases de datos académicos de alto impacto, concretamente Scopus y ScienceDirect. Luego, se extendió con una combinación, usando los operadores booleanos AND y OR según pertinencia de los términos ‘Geospatial Artificial Intelligence’, ‘Artificial Intelligence’, ‘Machine Learning’, ‘Urban Computing’, ‘Urban Planning’, ‘Urban Systems’, ‘Urban Growth’, ‘Urban Dynamics’. Estas búsquedas entregaron una gran cantidad de resultados, varios de ellos repetidos o nada útiles para la revisión, sin embargo, nos permitió tener una visión global de la amplitud del tema.

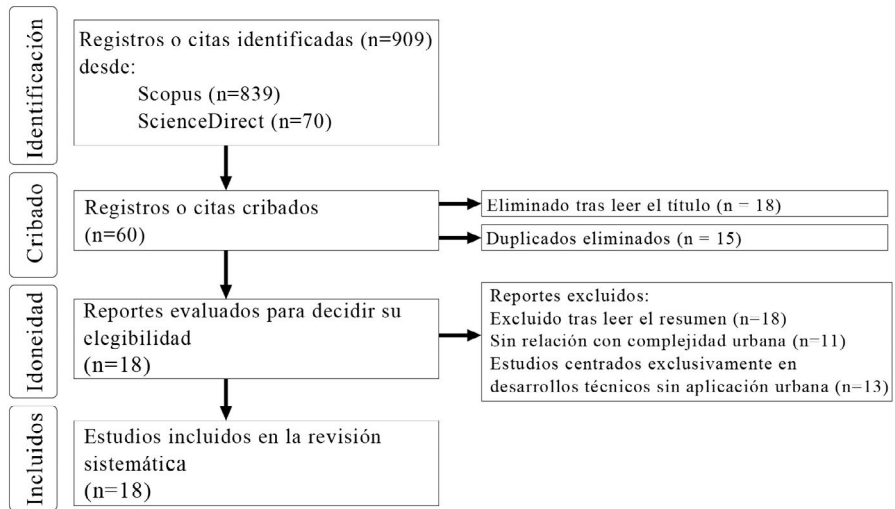


Figura 1. Diagrama de flujo PRISMA en cuatro niveles.
Fuente: Elaboración propia a partir de datos recolectados.

Búsqueda sistemática

Se desarrolló a partir del conjunto inicial de registros identificados ($n = 909$), se procedió a aplicar criterios de inclusión y exclusión previamente definidos, orientados a asegurar la pertinencia científica de los documentos analizados ver *Figura 1*. La combinación de términos que entrego mejores resultados en los buscadores fue el siguiente: (“GeoAI” OR “Geospatial Artificial Intelligence”) AND (“Urban Complexity” OR “Urban Systems” OR “Urban Dynamics”) AND (GIS OR “Geographic Information Systems”).

Concretamente, se obtuvieron 839 resultados en Scopus y 70 en ScienceDirect. Sin embargo, antes de proceder a la selección definitiva de artículos, se definieron los criterios de inclusión y exclusión.

Criterios de inclusión

Se consideraron elegibles los estudios que cumplieran con las siguientes condiciones:

- Publicaciones científicas recientes, priorizando el periodo 2023–2026, en concordancia con la evolución contemporánea de la GeoAI.
- Estudios que aborden explícitamente la GeoAI, GIScience o inteligencia artificial aplicada al análisis espacial.
- Investigaciones aplicadas en contextos urbanos, territoriales o ambientales, con énfasis en la planificación urbana.
- Uso de metodologías avanzadas, tales como machine learning, deep learning, modelos espaciotemporales o enfoques híbridos.
- Contribuciones relevantes al análisis de la complejidad urbana, incluyendo dimensiones físicas, sociales o perceptuales.

Criterios de exclusión

Se excluyeron aquellos estudios que presentaban alguna de las siguientes características:

- Documentos sin relación directa con la complejidad urbana.
- Estudios centrados exclusivamente en desarrollos técnicos sin aplicación territorial explícita.
- Publicaciones duplicadas entre bases de datos.
- Documentos sin acceso a texto completo o con información insuficiente para su análisis.
- Trabajos de carácter divulgativo o sin revisión académica (excepto aquellos considerados estratégicos dentro del corpus).

Según los criterios, y luego de realizar la lectura solo de los títulos, se consideró adecuado 60 artículos (tras eliminar 834 por el título, así como 15 duplicados entre las bases de datos). Posteriormente se procedió a leer el resumen y a partir de ello se descartó ($n=18$), por no guardar relación con la complejidad urbana ($n=11$), por ser estudios que se centran exclusivamente en desarrollos tecnológicos sin aplicación urbana ($n=13$), dando un total de 42.

Finalmente, un total de 18 artículos cumplieron con todos los criterios para llevar a cabo la revisión sistemática. Estos estudios constituyen el núcleo analítico del artículo, abarcando diferentes líneas de investigación, tales como: modelación urbana, percepción del entorno construido, análisis ambiental, planificación sostenible, inteligencia artificial responsable y sistemas geoespaciales avanzados (ver *Tabla 1*).

Al considerar la reconfiguración del rol de la GeoAI en la complejidad urbana, se evidencia que la GeoAI no puede ser comprendida únicamente como un conjunto de herramientas tecnológicas aplicadas al análisis espacial, sino como un sistema integrador que reconfigura estructuralmente el proceso urbano. Esta transformación se manifiesta en la transición desde enfoques tradicionales, basados en análisis descriptivos y estáticos, hacia modelos dinámicos, predictivos y multiescalares. A diferencia de los sistemas convencionales de planificación, que operan mediante la segmentación de variables y la simplificación de los fenómenos urbanos, la GeoAI permite integrar múltiples capas de información en tiempo real, facilitando la comprensión de la ciudad como un sistema complejo adaptativo. En este sentido, el orden adoptado no es arbitrario, sino que responde a una lógica metodológica del valor de la GeoAI en la complejidad urbana, desplazando el enfoque desde la representación hacia la simulación y la predicción. De esta manera tenemos; Fundamento teórico; Aplicación en diagnóstico; Capacidad predictiva; Dimensión crítica. Este orden permite transitar desde la teoría hacia la aplicación, y finalmente hacia la reflexión crítica.

Tabla 1. Características de los estudios revisados. Fuente: Elaboración propia a partir de datos recolectados.

Nº	Autor(es)	Año	Tipo de estudio	Enfoque GeoAI	Escala	Aplicación	Principales hallazgos
1	Aidaoui et al.	2024	Aplicado	ML + GIS	Urbana	Planificación sostenible	GeoAI optimiza uso del suelo y toma de decisiones territoriales
2	Chen et al.	2026	Cuantitativo	GeoAI + modelos no lineales	Multiciudad	Emisiones CO ₂	Relaciones no lineales entre transporte y entorno construido
3	De La Cruz et al.	2025	Aplicado	DL + imágenes	Urbana	Morfología urbana	Clasificación automática de fachadas y patrones urbanos
4	De Sabbata et al.	2023	Teórico	GeoAI conceptual	Global	Urban analytics	GeoAI redefine GIS hacia modelos predictivos
5	Iturrioz et al.	2025	Aplicado	ML	Territorial	Expansión urbana	IA mejora predicción del crecimiento urbano
6	Jiang et al.	2025	Teórico	Computational urban science	Multiescalar	Complejidad urbana	Integración espacio-comportamiento humano
7	Kang et al.	2023	Empírico	DL + Street View	Urbana	Percepción	GeoAI modela percepción de seguridad

Sigue en la p.X

8	Li et al.	2025	Aplicado	DL + teledetección	Urbana	Renovación urbana	Identificación automática de áreas de intervención
9	Lu et al.	2025	Teórico	GeoAI + urban computing	Global	Marco conceptual	GeoAI captura heterogeneidad espacial
10	Lü et al.	2025	Teórico	GIScience	Global	Desarrollo disciplinar	Evolución hacia sistemas geoespaciales inteligentes
11	Rui et al.	2026	Revisión	AI urbana	Global	Clima urbano	IA mejora predicción y gestión de calor extremo
12	See et al.	2025	Aplicado	GeoAI + citizen science	Global	Observación terrestre	Integración de datos colaborativos y generativos
13	Tonnarelli & Mora	2025	Estudio de caso	GeoAI ética	Urbana	Asentamientos informales	Necesidad de IA responsable en ciudades
14	Wang et al. (2025)	2025	Empírico	DL + percepción	Urbana	Entorno construido	Relación entre percepción y forma urbana
15	Wang et al. (2026)	2026	Teórico	Framework RRE	Global	Metodología	Reproducibilidad en GeoAI
16	Yan et al.	2023	Metodológico	Modelos multimodales	Urbana	Urban computing	Integración imagen- texto (UrbanCLIP)
17	Zhou (2025)	2025	Teórico	GIS + IA	Global	Futuro GIS	GIS evoluciona hacia sistemas inteligentes
18	Zhou & Chen	2025	Aplicado	DL espaciotemporal	Urbana	Crecimiento urbano	Modelos híbridos mejoran simulación urbana

El análisis sistemático de la literatura permitió estructurar un modelo conceptual que integra cuatro dimensiones fundamentales del uso de la GeoAI en la complejidad urbana (ver *Figura 2*). En primer lugar, la dimensión teórica posiciona a la GeoAI como una evolución de la GIScience hacia sistemas inteligentes capaces de modelar la complejidad urbana. En segundo lugar, la dimensión de diagnóstico territorial automatizado incorpora técnicas de aprendizaje automático y profundo para la identificación y clasificación de patrones espaciales. En tercer lugar, la dimensión de modelación y predicción permite simular dinámicas urbanas mediante modelos espaciotemporales, facilitando la anticipación de escenarios futuros. Finalmente, la dimensión humana, ética y perceptual introduce variables subjetivas y consideraciones de gobernanza, ampliando el alcance de la planificación urbana hacia enfoques humanocéntricos. Estas dimensiones se articulan dentro de un flujo continuo que parte de datos multifuente, pasa por procesos de análisis y modelación, y culmina en sistemas de soporte a la decisión, configurando un enfoque integral de planificación territorial basado en datos.

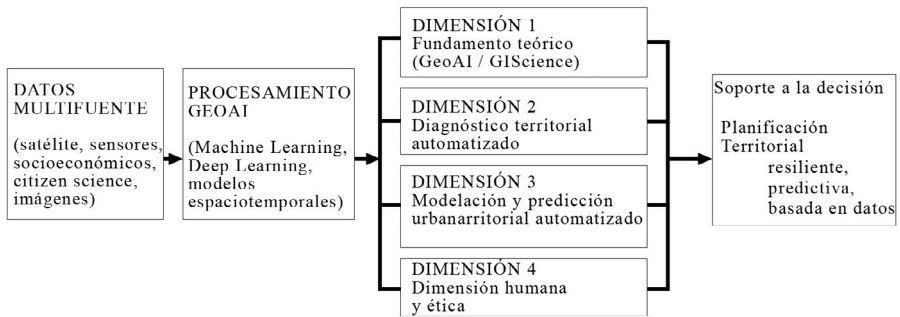


Figura 2. Diagrama de las dimensiones de GeoAI en la complejidad urbana.
Fuente: Elaboración propia a partir de datos recolectados.

Dimensión 1: GeoAI como evolución de la GIScience. Artículos: 4, 6, 9, 10, 15, 17. Esta categoría agrupa estudios de carácter teórico y conceptual, que posicionan la GeoAI como un cambio paradigmático dentro de la ciencia geográfica. Tradicionalmente, el diagnóstico urbano ha dependido de metodologías manuales, basadas en levantamientos de información y análisis fragmentados. Sin embargo, la GeoAI introduce una capacidad de procesamiento que permite: clasificar el territorio de manera automatizada, identificar patrones espaciales complejos, e integrar datos multifuente en tiempo real.

Dimensión 2: Diagnóstico territorial automatizado. Artículos: 3, 5, 8, 12, 18. Se relaciona con la capacidad de la GeoAI para modelar la complejidad urbana. A diferencia de los enfoques tradicionales, que tienden a simplificar los sistemas urbanos mediante variables independientes, los modelos basados en inteligencia artificial permiten capturar relaciones no lineales, interdependencias y dinámicas emergentes. Esto implica un cambio sustancial en la forma en que se conceptualiza la ciudad, pasando de una estructura jerárquica y determinista a un sistema dinámico, donde múltiples variables interactúan simultáneamente, reduciendo tiempos de análisis, mejorando la precisión espacial y permitiendo análisis masivos y replicables.

Dimensión 3: Modelación y predicción de sistemas urbanos. Artículos: 2, 8, 11, 16, 18. Esta categoría identifica que el valor estratégico de la GeoAI no radica en la cantidad de datos disponibles, sino en la capacidad de integrarlos y modelarlos de manera eficiente. En este contexto, los modelos híbridos que combinan aprendizaje automático, aprendizaje profundo y análisis espacial se posicionan como los más adecuados para abordar la complejidad urbana. Asimismo, se observa que la integración de datos heterogéneos incluyendo información satelital, datos socioeconómicos y percepciones ciudadanas permite generar modelos más robustos y representativos, mejorando la capacidad predictiva frente a modelos tradicionales.

Dimensión 4: Humana, ética y perceptual. Artículos: 1, 7, 13, 14. Esta dimensión introduce un aporte crítico: la incorporación de variables subjetivas y éticas en el análisis urbano. Esta dimensión es clave porque amplía la planificación urbana más allá de lo físico hacia lo social, perceptual y político, superando la lógica reactiva de la planificación tradicional, basada en la respuesta a problemas existentes, e introduciendo una perspectiva prospectiva orientada a la prevención y la optimización de decisiones. En este sentido, la planificación territorial se aproxima a modelos de simulación similares a los utilizados en ciencias complejas, donde se evalúan múltiples escenarios antes de la toma de decisiones. Pero sin la consideración de que la GeoAI debe ser entendida bajo un enfoque humanocéntrico.

Por otro lado, es evidente mencionar que existen límites y tensiones de la GeoAI, si bien los resultados evidencian el potencial transformador de la GeoAI, también se identifican tensiones estructurales que limitan su implementación en contextos urbanos. La brecha de datos, debido a que la efectividad de los modelos depende directamente de la calidad, resolución y disponibilidad de los datos, en contextos urbanos del sur global, esta limitación se traduce en modelos incompletos o sesgados. La brecha interpretativa, puesto que los modelos basados en inteligencia artificial, particularmente aquellos de aprendizaje profundo, presentan problemas de interpretabilidad, lo que dificulta su integración en procesos de toma de decisiones institucionales. La brecha institucional, debido a que se observa una desconexión entre el desarrollo tecnológico de la GeoAI y su implementación en políticas públicas, demostrando que la limitación principal no es tecnológica, sino institucional. Y la brecha ética, puesto que la incorporación de datos masivos y algoritmos de aprendizaje plantea riesgos asociados a sesgos, exclusión y desigualdad territorial, lo que obliga a repensar la GeoAI desde un enfoque responsable.

Conclusiones

La revisión sistemática desarrollada permite afirmar que la GeoAI se consolida como un campo estratégico para reinterpretar la complejidad urbana desde una perspectiva analítica, computacional y territorial. El principal hallazgo del estudio no radica únicamente en constatar que existen aplicaciones de inteligencia artificial en el análisis urbano, sino en reconocer que dichas aplicaciones configuran un cambio más profundo en la manera de producir conocimiento sobre la ciudad. La planificación urbana deja de depender exclusivamente de diagnósticos estáticos, levantamientos fragmentados o interpretaciones sectoriales, y comienza a apoyarse en sistemas capaces de integrar datos espaciales, ambientales, morfológicos, perceptuales y temporales. En este sentido, la GeoAI no opera como una herramienta aislada, sino como un marco de articulación entre información geográfica, modelos computacionales y toma de decisiones territoriales.

A partir del corpus revisado, compuesto por dieciocho artículos seleccionados mediante criterios sistemáticos, se identificaron cuatro dimensiones analíticas que permiten ordenar el aporte de la GeoAI a la comprensión de la ciudad contemporánea: la evolución de la GIScience hacia sistemas inteligentes, el diagnóstico territorial automatizado, la

modelación y predicción de sistemas urbanos, y la dimensión humana, ética y perceptual. Esta organización constituye uno de los aportes centrales del estudio, porque permite pasar de una lectura dispersa de aplicaciones tecnológicas hacia una interpretación estructurada del papel de la GeoAI en contextos urbanos complejos. En consecuencia, el trabajo demuestra que la GeoAI no solo amplía la capacidad de procesamiento de datos, sino que modifica la lógica del análisis urbano.

El significado de estos hallazgos para el campo del urbanismo es relevante. En primer lugar, la GeoAI fortalece la fase de diagnóstico al permitir identificar patrones espaciales con mayor precisión, velocidad y alcance territorial. En segundo lugar, contribuye a comprender fenómenos urbanos que no pueden ser explicados adecuadamente mediante modelos lineales, como la expansión urbana, la movilidad, las emisiones, la percepción del entorno construido o la vulnerabilidad ambiental. En tercer lugar, abre la posibilidad de orientar la planificación hacia modelos prospectivos, donde las decisiones no se basen únicamente en la lectura del estado actual del territorio, sino en la anticipación de escenarios futuros. Esta transición resulta especialmente importante para ciudades sometidas a presiones ambientales, crecimiento urbano acelerado y desigualdades socioespaciales.

Asimismo, el estudio evidencia que la GeoAI introduce una tensión metodológica y epistemológica dentro de la planificación urbana. Por un lado, incrementa la capacidad técnica para procesar grandes volúmenes de datos y construir modelos predictivos. Por otro, exige una reflexión crítica sobre la calidad de los datos, la interpretación de los resultados y la legitimidad institucional de las decisiones apoyadas en algoritmos. Por tanto, el aporte de la GeoAI no debe entenderse como una sustitución del juicio experto del urbanista, sino como una ampliación de sus capacidades analíticas. El conocimiento territorial, la lectura contextual y la interpretación socioespacial siguen siendo indispensables para evitar que los modelos computacionales sean aplicados de manera automática o descontextualizada. En términos disciplinares, los resultados sugieren que la planificación urbana basada en GeoAI requiere una reconfiguración del perfil profesional e investigativo del urbanista. La incorporación de modelos de aprendizaje automático, aprendizaje profundo, análisis espaciotemporal y sistemas de soporte a la decisión demanda nuevas competencias en gestión de datos, lectura crítica de modelos y evaluación de incertidumbre. Sin embargo, estas competencias deben articularse con una comprensión humanística y territorial de la ciudad. De lo contrario, existe el riesgo de reducir la planificación urbana a una operación técnica, centrada en la eficiencia algorítmica, pero desconectada de los conflictos sociales, las desigualdades espaciales y las condiciones institucionales que configuran el territorio. El estudio también permite reconocer limitaciones. En primer lugar, aunque la revisión se estructuró bajo criterios PRISMA, el corpus final se compone de dieciocho artículos, lo que ofrece una base pertinente pero todavía acotada para representar la totalidad del campo emergente de la GeoAI urbana. En segundo lugar, la revisión se concentra en literatura reciente, principalmente entre 2023 y 2026, lo que permite capturar tendencias actuales, pero puede dejar fuera antecedentes teóricos o metodológicos previos que han contribuido a la consolidación del campo. En tercer lugar, al tratarse de una revisión sistemática sin validación empírica propia, los hallazgos dependen de la interpretación comparada de estudios existentes y no de la aplicación directa de modelos GeoAI sobre un caso urbano específico. Esta condición no invalida los resultados, pero delimita su alcance.

Otra limitación importante se relaciona con la heterogeneidad de los artículos revisados. El corpus incluye estudios conceptuales, aplicados, metodológicos, empíricos y revisiones, lo que enriquece la lectura interdisciplinaria, pero también dificulta una comparación homogénea entre resultados. Además, varias investigaciones se desarrollan en contextos urbanos del norte global o en ciudades con alta disponibilidad de datos, lo que plantea interrogantes sobre la transferibilidad de los modelos hacia ciudades intermedias, territorios latinoamericanos o escenarios institucionales con menor infraestructura geoespacial. Esta observación es clave, porque la aplicabilidad de la GeoAI no depende únicamente del algoritmo, sino también de la disponibilidad, calidad y gobernanza de los datos.

A partir de estas limitaciones, se proponen varias líneas futuras de investigación. En primer lugar, resulta necesario desarrollar estudios empíricos que apliquen modelos GeoAI en ciudades intermedias latinoamericanas, con el fin de evaluar su pertinencia en contextos donde la información territorial suele ser incompleta, fragmentada o desactualizada. En segundo lugar, futuras investigaciones deberían profundizar en modelos explicables, capaces de mejorar la transparencia de los resultados y facilitar su incorporación en procesos institucionales de planificación. En tercer lugar, se recomienda avanzar hacia marcos metodológicos que integren datos cuantitativos y cualitativos, combinando sensores remotos, información catastral, imágenes urbanas, percepción ciudadana y variables socioambientales. Finalmente, el estudio concluye que la GeoAI representa una oportunidad para fortalecer la planificación urbana, siempre que sea incorporada desde una perspectiva crítica, contextual y humanocéntrica. Su mayor potencial no consiste únicamente en automatizar procesos, sino en ampliar la capacidad de comprender la ciudad como un sistema complejo, dinámico y territorialmente diferenciado. En consecuencia, el desafío futuro no será solamente desarrollar mejores modelos, sino construir mejores formas de articular tecnología, conocimiento urbano, gobernanza de datos y toma de decisiones públicas. Solo bajo esta articulación la GeoAI podrá contribuir de manera sustantiva a una planificación urbana más anticipatoria, responsable, inclusiva y orientada a la sostenibilidad territorial.

Referencias

- Aidaoui, A., Dechaicha, A., Alkama, D., Menai, I., y Salah Salah, H. (2024). Mapping tomorrow's cities: GeoAI strategies for sustainable urban planning and land use optimization. *Journal of Contemporary Urban Affairs*, 8(1), 158–176. <https://doi.org/10.25034/ijcua.2024.v8n1-9>
- Chen, X., Li, Y., Li, X., y Huang, Z. (2026). Nonlinear and congestion-dependent effects of transport and built-environment factors on urban CO₂ emissions: A GeoAI-based analysis of 50 Chinese cities. *Buildings*, 16(2), 297. <https://doi.org/10.3390/buildings16020297>
- De La Cruz, M., Martínez-Cuevas, S., García-Aranda, C., y Morillo, M. C. (2025). GeoAI-driven building facade classification for urban pattern analysis: A case study in Murcia, Spain. *Journal of Urban Management*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1016/j.jum.2025.11.005>

- De Sabbata, S., Ballatore, A., Miller, H. J., Sieber, R., Tyukin, I., y Yeboah, G. (2023). GeoAI in urban analytics. *International Journal of Geographical Information Science*, 37(12), 2455–2463. <https://doi.org/10.1080/13658816.2023.2279978>
- García, R. (2006). *Sistemas complejos: conceptos, método y fundamentación de la investigación interdisciplinaria*. Barcelona: Gedisa
- Guzmán-Chávez, G. (2025). Integrating pretrained Deep Learning models into GIS workflows for object detection in urban environments. 2025 IEEE Ninth Ecuador Technical Chapters Meeting (ETCM), 1–6.
- Iturrioz, I., Linares, S., y Ramírez, M. L. (2025). Evaluación de algoritmos de inteligencia artificial para predecir la expansión urbana. *Proyección*, 19(37), 96–126. <https://doi.org/10.48162/rev.55.072>
- Jiang, B., Cheng, T., Tsou, M.-H., Zhu, D., y Ye, X. (2025). Advancing translational human dynamics research: Bridging space, mind, and computational urban science in the era of GeoAI. *Computational Urban Science*, 5, 12. <https://doi.org/10.1007/s43762-025-00171-3>
- Kang, Y., Abraham, J., Ceccato, V., Duarte, F., Gao, S., Ljungqvist, L., Zhang, F., Näsman, P., y Ratti, C. (2023). Assessing differences in safety perceptions using GeoAI and survey across neighbourhoods in Stockholm, Sweden. *Landscape and Urban Planning*, 236, 104768. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2023.104768>
- Li, W., Wang, H., Wang, X., y Tu, T. (2025). Automatic identification of potential renewal areas in urban residential districts using remote sensing data and GeoAI. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 18, 8523–8535. <https://doi.org/10.1109/JSTARS.2025.3549618>
- Lu, F., Cheng, S., y Wang, P. (2025). GeoAI enabled urban computing: Status and challenges. *Annals of GIS*, 31(4), 537–555. <https://doi.org/10.1080/19475683.2025.2552152>
- Lü, G., Xiong, J., Wu, M., Yuan, L., Li, J., Chen, M., Yu, Z., Zhou, L., Yue, S., Zhang, X., Li, X., Li, X., Chen, F., Zhou, C., Zhang, Z., y Gao, Y. (2025). Geographic information discipline development: Demands, strategy and challenges. *Information Geography*, 1(1), 100012. <https://doi.org/10.1016/j.infgeo.2025.100012>
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., y Altman, D. G. (2010). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *International Journal of Surgery*, 8(5), 336–341. <https://doi.org/10.1016/j.ijsu.2010.02.007>
- Rui, J., Shabrina, Z., y Gong, W. (2026). Artificial intelligence applications in urban extreme heat management: A systematic review of forecasting, monitoring, mitigation and decision support. *Environmental Impact Assessment Review*, 119, 108363. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2026.108363>
- See, L., Chen, Q., Crooks, A., Laso Bayas, J. C., Fraisl, D., Fritz, S., Georgieva, I., Hager, G., Hofer, M., Lesiv, M., Malek, Ž., Milenković, M., Moorthy, I., Orduña-Cabrera, F., Pérez-Guzmán, K., Schepaschenko, D., Shchepashchenko, M., Steinhäuser, J., y McCallum, I. (2025). New directions in mapping the Earth's surface with citizen science and generative AI. *iScience*, 28(3), 111919. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2025.111919>
- Tonnarelli, F., y Mora, L. (2025). Responsible AI for cities: A case study of GeoAI in African informal settlements. *Journal of Urban Technology*, 32(3), 111–137. <https://doi.org/10.1080/10630732.2025.2450755>

- Wang, S., Cai, W., Sun, Q. C., Wu, C. Y. H., Huang, X., Giannopoulos, I., Alinaghi, N., y Liu, Z. (2025). Human-perceived vs actual built environment: Using human-centred GeoAI and street view images to support urban planning in Australia. *Journal of Environmental Management*, 389, 126070. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.126070>
- Wang, S., Huang, X., Biljecki, F., Rowe, F., y Muccione, V. (2026). Advancing sustainable geospatial analytics and geoinformatics through repeatable, reproducible, and expandable (RRE) framework and design. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 149, 105239. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2026.105239>
- Yan, Y., Wen, H., Zhong, S., Chen, W., Chen, H., Wen, Q., Zimmermann, R., y Liang, Y. (2023). UrbanCLIP: Learning Text-enhanced Urban Region Profiling with Contrastive Language-Image Pretraining from the Web. *Proceedings of the ACM Web Conference 2024*.
- Zhou, C. (2025). Exploring future GIS visions in the era of the scientific and technological revolution. *Information Geography*, 1(1), 100007. <https://doi.org/10.1016/j.infgeo.2025.100007>
- Zhou, Z., y Chen, Y. (2025). STUrban: A novel spatial-temporal deep learning model to simulate long-term urban growth. *Information Geography*, 1(1), 100004. <https://doi.org/10.1016/j.infgeo.2025.100004>

Abstract: This study examines the role of GeoAI in understanding urban complexity, with the aim of identifying its main contributions to contemporary territorial planning. The research was conducted through a systematic literature review based on PRISMA guidelines, employing a structured search strategy using Boolean operators across academic databases. From an initial set of records, inclusion and exclusion criteria were applied, resulting in the selection of eighteen scientific articles relevant to the analysis.

The findings demonstrate that GeoAI has the capacity to transform traditional urban planning processes through the integration of multi-source data, automated territorial analysis, and the modeling of complex spatial dynamics. Based on the analysis of the corpus, four key dimensions were identified: GeoAI as an evolution of geographic science toward intelligent systems, automated territorial diagnosis, urban modeling and prediction, and the incorporation of human and perceptual variables. These dimensions configure an integrated approach that enables the understanding of the city as a dynamic and adaptive system.

It is concluded that geospatial artificial intelligence not only enhances the accuracy and efficiency of territorial analysis, but also redefines the logic of urban planning by incorporating predictive capabilities and data-driven approaches. However, its implementation faces challenges related to data quality, model interpretability, and institutional capacity. Consequently, the need emerges to develop integrated approaches that articulate technological capabilities, territorial knowledge, and human-centered principles in urban decision-making.

Keywords: Urban computing - geospatial intelligenc - data-driven planning - spatiotemporal analysis - smart cities

Resumo: O presente estudo analisa o papel da GeoAI na compreensão da complexidade urbana, com o objetivo de identificar suas principais contribuições para o planejamento territorial contemporâneo. A pesquisa foi desenvolvida por meio de uma revisão sistemática da literatura baseada nas diretrizes PRISMA, utilizando uma estratégia de busca estruturada com operadores booleanos em bases de dados acadêmicas. A partir de um conjunto inicial de registros, foram aplicados critérios de inclusão e exclusão que permitiram selecionar dezoito artigos científicos relevantes para a análise.

Os resultados evidenciam que a GeoAI permite transformar os processos tradicionais de planejamento urbano por meio da integração de dados multifuente, da análise automatizada do território e da modelagem de dinâmicas espaciais complexas. A partir da análise do corpus, foram identificadas quatro dimensões-chave: a GeoAI como evolução da ciência geográfica rumo a sistemas inteligentes, o diagnóstico territorial automatizado, a modelagem e previsão urbana, e a incorporação de variáveis humanas e perceptuais. Essas dimensões configuram uma abordagem integrada que permite compreender a cidade como um sistema dinâmico e adaptativo.

Conclui-se que a inteligência artificial geoespacial não apenas melhora a precisão e a eficiência da análise territorial, mas também redefine a lógica do planejamento urbano ao incorporar capacidades preditivas e abordagens baseadas em dados. No entanto, sua implementação enfrenta desafios relacionados à qualidade da informação, à interpretabilidade dos modelos e à capacidade institucional. Consequentemente, destaca-se a necessidade de desenvolver abordagens integradas que articulem capacidades tecnológicas, conhecimento territorial e princípios humanocêntricos na tomada de decisões urbanas.

Palabras clave: Computación urbana - inteligencia geoespacial - planeamiento orientado por datos - análisis espacio-temporal - ciudades inteligentes

[Las traducciones de los abstracts fueron supervisadas por el autor de cada artículo.]

Guillermo Geovanny Guzmán Chávez. Arquitecto por la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Ibarra, Magister en urbanismo mención en gobernanza y planificación urbana con enfoque al cambio climático por la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Especialista en teledetección por la Universidad Rey Juan Carlos de España, Docente a tiempo completo y coordinador de investigación de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Ibarra en la Escuela de Hábitat, Ingenio y Creatividad, Líder del Grupo de Investigación Estudios del Territorio y Hábitat (TERRHAB), Responsable de proyectos en RED y con Financiamiento externo de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Ibarra, correo: ggguzman@pucesi.edu.ec. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-7848-949X>