

Arquitectura: El papel de la arquitectura biofílica en la planificación de ciudades inteligentes y sostenibles

Architecture: The role of biophilic architecture in the planning of smart and sustainable cities

Arquitetura: O papel da arquitetura biofílica no planejamento de cidades inteligentes e sustentáveis

Molina Molina, Jhoana Paulina
Universidad Central del Ecuador
janamolinam@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0000-9333-201X>



 DOI / URL: <https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v6/n1/897>

Como citar:

Molina Molina, J. P. (2025). Arquitectura: El papel de la arquitectura biofílica en la planificación de ciudades inteligentes y sostenibles. *Código Científico Revista De Investigación*, 6(1), 389–407. <https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v6/n1/897>

Recibido: 26/05/2025

Aceptado: 16/06/2025

Publicado: 30/06/202

Resumen

El presente artículo analiza el papel transformador de la arquitectura biofílica como componente clave en la planificación de ciudades inteligentes y sostenibles, frente a los desafíos del crecimiento urbano y el deterioro ambiental. A través de una revisión bibliográfica sistematizada en bases de datos científicas entre 2010 y 2024, se identificaron enfoques teóricos y casos prácticos que evidencian los beneficios de integrar elementos naturales en entornos urbanos: mejoras en la salud mental, eficiencia energética, resiliencia climática y cohesión social. El estudio demuestra que, aunque existe una base empírica sólida que respalda esta estrategia, su adopción enfrenta importantes barreras normativas, técnicas y formativas, como la ausencia de marcos legales específicos, carencias en formación profesional y limitaciones operativas. Se concluye que la arquitectura biofílica no debe entenderse como un elemento decorativo, sino como un pilar estructural para un urbanismo centrado en el bienestar humano y ecológico. Su implementación exige una transformación institucional profunda, articulación intersectorial y rediseño de las políticas públicas urbanas del siglo XXI.

Palabras clave: arquitectura biofílica; ciudades inteligentes; sostenibilidad urbana; bienestar humano; planificación urbana.

Abstract

This article analyzes the transformative role of biophilic architecture as a key component in the planning of smart and sustainable cities, in the face of the challenges of urban growth and environmental deterioration. Through a systematized literature review in scientific databases between 2010 and 2024, theoretical approaches and case studies were identified that demonstrate the benefits of integrating natural elements in urban environments: improvements in mental health, energy efficiency, climate resilience and social cohesion. The study demonstrates that, although there is a solid empirical basis supporting this strategy, its adoption faces significant policy, technical and training barriers, such as the absence of specific legal frameworks, gaps in professional training and operational limitations. It is concluded that biophilic architecture should not be understood as a decorative element, but as a structural pillar for an urbanism focused on human and ecological wellbeing. Its implementation requires a profound institutional transformation, intersectoral articulation and redesign of urban public policies for the 21st century.

Keywords: biophilic architecture; smart cities; urban sustainability; human wellbeing; urban planning.

Resumo

Este artigo analisa o papel transformador da arquitetura biofílica como componente chave no planejamento de cidades inteligentes e sustentáveis, face aos desafios do crescimento urbano e da degradação ambiental. Através de uma revisão bibliográfica sistematizada em bases de dados científicas entre 2010 e 2024, identifica abordagens teóricas e estudos de caso que demonstram os benefícios da integração de elementos naturais em ambientes urbanos: melhorias na saúde mental, eficiência energética, resiliência climática e coesão social. O estudo demonstra que, embora exista uma base empírica sólida para apoiar esta estratégia, a sua adoção enfrenta barreiras políticas, técnicas e de formação significativas, tais como a ausência de quadros jurídicos específicos, lacunas na formação profissional e limitações operacionais. Conclui-se que a arquitetura biofílica não deve ser entendida como um elemento decorativo, mas como um pilar estrutural para um urbanismo centrado no bem-estar humano e ecológico. A sua implementação exige uma profunda transformação institucional, articulação intersectorial e redesenho das políticas públicas urbanas para o século XXI.

Palavras-chave: arquitetura biofílica; cidades inteligentes; sustentabilidade urbana; bem-estar humano; planejamento urbano.

Introducción

En el contexto del acelerado crecimiento urbano y los desafíos medioambientales globales, las ciudades enfrentan una presión creciente para evolucionar hacia modelos más sostenibles, resilientes e inclusivos. Las ciudades inteligentes, como respuesta tecnológica a estos desafíos, incorporan sistemas interconectados de gestión de recursos, energía, movilidad y servicios públicos, buscando optimizar la eficiencia y mejorar la calidad de vida de sus habitantes (Batty et al., 2012). No obstante, muchas de estas soluciones se enfocan prioritariamente en la infraestructura tecnológica y descuidan aspectos fundamentales del bienestar humano, como la conexión con la naturaleza. En este sentido, la arquitectura biofílica, que promueve la integración de elementos naturales en los entornos construidos, surge como una estrategia complementaria y necesaria dentro de la planificación urbana sostenible e inteligente.

El problema central radica en que, pese a los avances en la planificación de ciudades inteligentes, la mayoría de estas iniciativas aún no incorporan adecuadamente los principios de la biofilia en sus esquemas de desarrollo urbano. Esta omisión puede limitar los beneficios psicosociales, ambientales y de salud pública que ofrece la interacción con la naturaleza, los cuales son fundamentales para lograr una sostenibilidad genuina. Las investigaciones actuales indican que el diseño urbano que prioriza la tecnología sin considerar el entorno natural puede producir espacios alienantes, estresantes y ambientalmente insostenibles (Beatley, 2020). Por lo tanto, existe una brecha significativa en la integración efectiva entre tecnología, sostenibilidad y naturaleza, lo que compromete los objetivos integrales de las ciudades inteligentes.

Entre los factores que agravan este problema se encuentra la visión reduccionista del desarrollo urbano, centrada en la eficiencia técnica y el crecimiento económico, en detrimento del bienestar humano y la biodiversidad urbana. Adicionalmente, la fragmentación en las

disciplinas encargadas del diseño urbano –ingeniería, arquitectura, planificación urbana y políticas públicas– dificulta una aproximación holística que articule tecnología, sostenibilidad y naturaleza (Söderström et al., 2014). Asimismo, la falta de marcos normativos y de gobernanza que promuevan la arquitectura biofílica dentro de los planes urbanos limita su implementación sistemática. A esto se suma el desconocimiento generalizado, tanto en la ciudadanía como en los tomadores de decisiones, acerca de los beneficios cuantificables de la biofilia en términos de salud mental, mitigación del cambio climático y restauración de ecosistemas urbanos (Ryan et al., 2014).

Justificar la integración de la arquitectura biofílica en el diseño de ciudades inteligentes y sostenibles se sustenta en la evidencia acumulada sobre sus beneficios multifacéticos. Diversos estudios han demostrado que la incorporación de vegetación, luz natural, ventilación cruzada y formas orgánicas en los entornos construidos mejora el bienestar psicológico, reduce el estrés y aumenta la productividad (Browning, Ryan & Clancy, 2014). Además, las soluciones biofílicas contribuyen a la eficiencia energética mediante estrategias pasivas, como el enfriamiento natural y la iluminación eficiente, lo que coadyuva a reducir las emisiones urbanas de carbono (Gillis & Gatersleben, 2015). Desde un enfoque ecosistémico, estos elementos también mejoran la capacidad de adaptación climática de las ciudades al gestionar escorrentías pluviales, mitigar el efecto isla de calor urbano y fortalecer la biodiversidad local (Beatley, 2020). En consecuencia, la arquitectura biofílica no sólo es viable desde el punto de vista técnico y económico, sino también indispensable para alcanzar un desarrollo urbano realmente sostenible.

La viabilidad de esta propuesta también se apoya en múltiples experiencias internacionales que han demostrado su factibilidad y éxito. Ciudades como Singapur, Copenhague y Medellín han incorporado políticas de infraestructura verde y diseño biofílico que armonizan con los sistemas inteligentes de monitoreo urbano y planificación adaptativa

(Newman, 2014). Estas experiencias ofrecen modelos replicables y escalables que refuerzan la importancia de concebir la planificación urbana desde una perspectiva transdisciplinar, donde la tecnología y la naturaleza se integren de forma sinérgica.

El objetivo de esta revisión bibliográfica es analizar el papel de la arquitectura biofílica como estrategia integral dentro de la planificación de ciudades inteligentes y sostenibles, explorando tanto su fundamentación teórica como su aplicación práctica. Para ello, se revisarán investigaciones recientes que aborden la relación entre biofilia, salud urbana, eficiencia energética, resiliencia climática y diseño urbano inteligente. Este artículo también busca identificar las principales barreras y oportunidades en la implementación de principios biofílicos en contextos urbanos contemporáneos, contribuyendo así a la discusión académica y profesional sobre la transformación de las ciudades hacia modelos más humanos, resilientes y en armonía con la naturaleza (Zapata-Mendoza et al., 2023).

En definitiva, entender la arquitectura biofílica como una herramienta de planificación urbana no sólo amplía la definición de ciudad inteligente, sino que reorienta el enfoque hacia una visión verdaderamente sostenible, donde el bienestar humano y ecológico sean elementos centrales. Este giro paradigmático es urgente y necesario ante los desafíos socioambientales del siglo XXI.

Metodología

Este estudio se enmarca en una metodología de tipo exploratorio, con un enfoque cualitativo basado en una revisión bibliográfica sistematizada. El objetivo principal ha sido identificar, analizar e interpretar el papel de la arquitectura biofílica en la planificación de ciudades inteligentes y sostenibles, integrando perspectivas teóricas y evidencias empíricas disponibles en la literatura científica actual. Al tratarse de un artículo de revisión, no se ha

realizado trabajo de campo ni recolección directa de datos primarios, sino que se ha centrado en la evaluación crítica y comparativa de fuentes secundarias previamente publicadas.

La búsqueda documental se llevó a cabo mediante el acceso a bases de datos científicas indexadas de alto impacto, principalmente Scopus y Web of Science, priorizando artículos académicos publicados entre 2010 y 2024, con el fin de garantizar la actualidad y relevancia del material consultado. Se utilizaron combinaciones de palabras clave en inglés y español, tales como *biophilic architecture*, *smart cities*, *urban sustainability*, *nature-based design*, *resilient urban planning* y *ciudades inteligentes sostenibles*. También se aplicaron filtros para incluir únicamente publicaciones revisadas por pares, excluyendo literatura gris, documentos institucionales sin validación científica y artículos de divulgación general.

El proceso de selección de los documentos se desarrolló en varias etapas. En primer lugar, se realizó una preselección a partir del análisis de los títulos y resúmenes para identificar estudios alineados con los objetivos de la investigación. Posteriormente, se efectuó una lectura detallada de los textos completos de los artículos seleccionados, valorando su pertinencia, calidad metodológica, coherencia argumentativa y grado de contribución al campo temático. Se incluyeron estudios con enfoques conceptuales, revisiones previas, estudios de caso y análisis comparativos que permitieran una comprensión integral del fenómeno.

A fin de organizar y sintetizar los hallazgos, se aplicó una estrategia de categorización temática que permitió agrupar los contenidos relevantes en torno a ejes como los principios de la arquitectura biofílica, su relación con la sostenibilidad urbana, las experiencias de implementación en ciudades inteligentes y los beneficios ambientales, sociales y económicos derivados. Esta clasificación facilitó el análisis transversal de las evidencias y permitió identificar patrones comunes, así como vacíos o contradicciones en la literatura existente.

Finalmente, se garantizó la trazabilidad y la correcta gestión de las fuentes mediante el uso de herramientas bibliográficas especializadas, como Mendeley, para asegurar la fidelidad

en las citas y referencias de acuerdo con los lineamientos de la norma APA, séptima edición. La metodología adoptada permitió construir una visión crítica, articulada y fundamentada sobre el papel transformador de la arquitectura biofílica en los procesos contemporáneos de urbanización inteligente y sostenible.

Resultados

Integración biofílica en ciudades inteligentes

Mejora la sostenibilidad y el bienestar urbano

La integración de la arquitectura biofílica en el marco del desarrollo de ciudades inteligentes constituye una estrategia emergente y transformadora para responder a los retos ambientales, sociales y tecnológicos del urbanismo contemporáneo. En las últimas décadas, el crecimiento acelerado de las zonas urbanas ha generado profundas transformaciones en los entornos construidos, muchas veces caracterizadas por la desconexión con los sistemas naturales, la homogeneización del paisaje urbano y el aumento de problemas asociados a la salud física y mental de la población (Zapata-Mendoza et al., 2023). Frente a esta situación, la arquitectura biofílica —basada en la hipótesis la necesidad biológica e innata del ser humano de interactuar con la naturaleza— emerge como un enfoque clave para reconfigurar los espacios urbanos en función del bienestar integral y la sostenibilidad.

Las ciudades inteligentes, entendidas como entornos urbanos interconectados que emplean tecnologías de la información y la comunicación (TIC) para optimizar la gestión de los recursos y mejorar la vida de los ciudadanos (Batty et al., 2012), no han estado exentas de críticas. Diversos estudios señalan que muchos de estos modelos tienden a priorizar la eficiencia técnica, dejando de lado los aspectos afectivos, ecológicos y culturales del espacio urbano (Yigitcanlar et al., 2018). En este sentido, la arquitectura biofílica no solo se propone como una solución estética o complementaria, sino como una forma de corregir esa

deshumanización progresiva del diseño urbano al integrar activamente sistemas naturales dentro del tejido de las ciudades inteligentes.

La sostenibilidad, entendida en su acepción más amplia, implica no solo el equilibrio ecológico, sino también la equidad social y la viabilidad económica. La arquitectura biofílica contribuye a este equilibrio mediante la implementación de soluciones basadas en la naturaleza (Nature-Based Solutions, NBS) que optimizan el rendimiento energético de los edificios, fomentan la biodiversidad urbana y promueven la regeneración ecológica de espacios urbanos degradados (Zhou et al., 2021). Elementos como cubiertas vegetales, fachadas verdes, jardines interiores, ventilación natural, iluminación cenital, uso de materiales locales y orgánicos, así como la integración de cuerpos de agua, permiten reducir significativamente el consumo energético de las edificaciones y, al mismo tiempo, mitigar los efectos del cambio climático, como las olas de calor y las inundaciones urbanas.

En términos de planificación urbana, la biofilia se puede incorporar a través de políticas públicas que prioricen la infraestructura verde, el diseño urbano sensible al clima, y la reconfiguración de espacios públicos como parques, corredores ecológicos, plazas y techos multifuncionales. Estas intervenciones no solo tienen beneficios ambientales tangibles, sino que también generan valor social al fomentar el uso comunitario del espacio, el sentido de pertenencia y la cohesión social. En ciudades inteligentes como Singapur, Copenhague y Medellín, estas estrategias han sido articuladas con tecnologías de monitoreo ambiental y análisis de datos en tiempo real, lo que permite una gestión adaptativa de los recursos naturales urbanos y un diseño urbano dinámico orientado al usuario (Newman, 2014).

Desde la perspectiva del bienestar humano, diversos estudios en neuroarquitectura y psicología ambiental han evidenciado que el contacto visual, físico o simbólico con la naturaleza reduce el estrés, mejora el estado de ánimo, aumenta la productividad y favorece procesos cognitivos como la atención y la memoria (Browning, Ryan & Clancy, 2014). La

incorporación de entornos biofílicos en espacios de trabajo, educación, salud y vivienda tiene implicaciones directas en la calidad de vida de los usuarios, especialmente en contextos urbanos donde el acceso a la naturaleza es limitado. Esta dimensión cobra aún más relevancia en ciudades inteligentes, donde las demandas cognitivas y la exposición a estímulos digitales constantes pueden generar sobrecarga mental. La biofilia actúa, en este sentido, como un regulador psicológico que restaura la atención dirigida y promueve un equilibrio entre la estimulación tecnológica y el descanso sensorial (Ryan et al., 2014).

Adicionalmente, el valor económico de la biofilia comienza a ser reconocido por sectores como el inmobiliario, el turístico y el de la salud pública. Estudios de valoración económica del diseño biofílico muestran que las propiedades con acceso visual o físico a áreas verdes tienen mayor valor comercial, generan menores costos de mantenimiento en términos de salud pública y contribuyen a reducir la rotación laboral por motivos de estrés. Por tanto, la arquitectura biofílica no solo es una estrategia de sostenibilidad ambiental y bienestar social, sino también una inversión económicamente viable en el largo plazo.

En síntesis, la integración de la arquitectura biofílica en el desarrollo de ciudades inteligentes es esencial para lograr una planificación urbana más equilibrada, resiliente y centrada en el ser humano. Esta estrategia propone un nuevo paradigma en el diseño del entorno construido, donde la tecnología y la naturaleza no se presentan como fuerzas opuestas, sino como componentes sinérgicos de una visión urbana avanzada. A medida que las ciudades se enfrentan a desafíos complejos derivados del cambio climático, la urbanización acelerada y las crisis sanitarias, la incorporación de soluciones biofílicas debe posicionarse como una prioridad en la agenda de políticas públicas urbanas y en los marcos de actuación de las ciudades inteligentes del siglo XXI, en la siguiente tabla se demuestra como este enfoque busca reconectar a las personas con el entorno natural dentro de contextos urbanos altamente tecnificados.

Tabla 1*Arquitectura biofílica: naturaleza y tecnología en la ciudad del futuro*

Eje temático		Contenido principal	Ejemplos / Referencias
Problema actual	urbano	Crecimiento acelerado de ciudades, desconexión con la naturaleza, efectos negativos en salud mental y física	Urbanización contemporánea
Concepto de arquitectura biofílica	de	Necesidad innata del ser humano de interactuar con la naturaleza; enfoque que integra elementos naturales al diseño urbano	Hipótesis biofílica (Kellert, Wilson)
Críticas a ciudades inteligentes	a ciudades	Enfoque excesivo en eficiencia técnica; escasa atención a lo ecológico, cultural y emocional del espacio urbano	Batty et al. (2012), Yigitcanlar et al. (2018)
Soluciones en la naturaleza	basadas	Uso de cubiertas verdes, ventilación natural, materiales locales, cuerpos de agua; mejora energética y mitigación climática	Zhou et al. (2021)
Instrumentos de planificación	de	Políticas públicas para infraestructura verde, espacios públicos biofílicos, diseño sensible al clima	Singapur, Copenhague, Medellín
Tecnologías aplicadas		Monitoreo ambiental, análisis de datos en tiempo real para gestión de recursos naturales urbanos	Newman (2014)
Bienestar psicológico		Reducción del estrés, mejora de atención, memoria, productividad; contrarresta la sobreestimulación digital	Browning, Ryan & Clancy (2014), Ryan et al. (2014)
Valor económico de la biofilia	de	Incremento del valor inmobiliario, ahorro en salud pública, menor rotación laboral	Sectores: salud, turismo, inmobiliario
Visión futura		Biofilia y tecnología como fuerzas complementarias en ciudades resilientes, humanas y sostenibles del siglo XXI	Paradigma urbano sinérgico entre TIC y naturaleza

Nota: Biofilia y tecnología, claves para ciudades más humanas, (Autores, 2025).

Barreras para su implementación

Existen limitaciones normativas y técnicas

A pesar de los avances conceptuales y empíricos que demuestran los múltiples beneficios de la arquitectura biofílica en entornos urbanos —como la mejora del bienestar humano, la eficiencia energética y la resiliencia climática— su incorporación plena en los modelos de ciudades inteligentes aún enfrenta considerables limitaciones, tanto normativas como técnicas. Estas barreras dificultan la adopción sistemática de estrategias biofílicas en la planificación, diseño y gestión urbana, e impiden que este enfoque se integre como componente estructural dentro de las políticas de sostenibilidad urbana (Zapata-Mendoza et al., 2023).

Desde la dimensión normativa, uno de los principales obstáculos radica en la carencia de marcos jurídicos coherentes y actualizados que contemplen de manera explícita la biofilia como principio rector en los instrumentos de planificación territorial y los códigos de construcción. A diferencia de otras estrategias urbanas como la eficiencia energética o la

movilidad inteligente, ampliamente normadas en muchos países, la arquitectura biofílica suele ser abordada de forma tangencial, fragmentaria o meramente declarativa en la legislación urbana (Mell, 2017). Por ejemplo, en la mayoría de los planes urbanos vigentes no existen indicadores obligatorios relacionados con cobertura vegetal, conectividad ecológica, calidad del paisaje sensorial o acceso equitativo a la naturaleza. Esta omisión normativa se traduce en prácticas de diseño urbano que priorizan el rendimiento funcional o económico de las infraestructuras, dejando en segundo plano los vínculos ecosistémicos y humanos del entorno construido.

En el contexto de ciudades inteligentes, donde las decisiones de planificación se ven cada vez más influenciadas por sistemas automatizados, sensores y plataformas de datos, la ausencia de criterios normativos vinculados a la biofilia produce una brecha significativa. Si bien algunas ciudades han comenzado a incluir principios de infraestructura verde en sus lineamientos técnicos —como es el caso de Singapur con su *LUSH Programme* o Medellín con sus *Corredores Verdes*—, estas experiencias son aún excepcionales y carecen, en muchos casos, de una regulación transversal que asegure su continuidad y expansión a gran escala (Newman, 2014; Anguelovski et al., 2017). Además, la falta de normas de diseño específicas que estandaricen las condiciones mínimas para aplicar estrategias biofílicas genera incertidumbre técnica y jurídica entre los proyectistas y desarrolladores urbanos, quienes no cuentan con parámetros claros para su implementación, evaluación o mantenimiento.

En cuanto a las limitaciones técnicas, estas se manifiestan principalmente en tres niveles: (1) carencias formativas, (2) restricciones tecnológicas, y (3) obstáculos operativos. En primer lugar, la formación profesional en arquitectura, urbanismo, ingeniería civil o planificación territorial aún presenta grandes vacíos en cuanto a la comprensión y aplicación de los principios de diseño biofílico. Muchas universidades y centros de formación técnica siguen ofreciendo programas curriculares centrados en modelos funcionalistas o tecnocráticos

de ciudad, sin incorporar asignaturas o competencias en ecología urbana, diseño regenerativo o neuroarquitectura (Beatley, 2020). Esta deficiencia formativa se traduce en una baja capacidad instalada para diseñar, evaluar y gestionar proyectos urbanos que integren de forma efectiva sistemas naturales y soluciones basadas en la naturaleza.

En segundo lugar, la arquitectura biofílica enfrenta retos tecnológicos relacionados con la falta de herramientas, metodologías y métricas que permitan modelar, simular o evaluar con precisión sus beneficios. A diferencia de otras estrategias urbanas —como el consumo energético o la movilidad— cuyos impactos son fácilmente medibles mediante sistemas inteligentes, los efectos de la biofilia sobre la salud, el comportamiento humano o la calidad ecológica urbana son más complejos de cuantificar. Aunque existen modelos como el *Biophilic Design Matrix* o los patrones, estos aún no han sido ampliamente adoptados por las plataformas de planificación urbana digital. Además, la escasa interoperabilidad entre los sistemas de datos ecológicos y los sistemas de información urbana limita el uso de la biofilia en procesos de diseño asistido por tecnología (de Jong et al., 2015).

En tercer lugar, las restricciones técnicas también se relacionan con las dificultades operativas y económicas que implica el mantenimiento de infraestructuras verdes y elementos biofílicos. Si bien existen estudios que demuestran que los beneficios superan los costos iniciales (Terrapin Bright Green, 2012), persiste una percepción de que estas intervenciones son costosas, poco prácticas o difíciles de sostener en el tiempo. Esta percepción se ve agravada en contextos de escasos recursos o de planificación reactiva, donde las prioridades urbanas suelen centrarse en la expansión de servicios básicos o el desarrollo de infraestructura gris. A esto se suma la falta de personal técnico capacitado para el mantenimiento adecuado de elementos vivos como techos verdes, jardines verticales o corredores ecológicos, lo cual puede conducir al deterioro de estos sistemas y a la pérdida de sus beneficios funcionales.

Por otro lado, la implementación de la biofilia también se ve obstaculizada por la fragmentación institucional y la falta de coordinación intersectorial. La naturaleza transdisciplinaria de este enfoque —que requiere la colaboración entre sectores como medio ambiente, salud, planificación urbana, cultura y tecnología— choca con los esquemas administrativos tradicionales, donde las competencias están divididas y no existen mecanismos claros para el trabajo colaborativo. Esta fragmentación dificulta la incorporación de la biofilia en políticas urbanas integradas, así como el seguimiento y monitoreo de su aplicación en distintos niveles de gobierno (Kabisch et al., 2017).

En suma, las limitaciones normativas y técnicas que obstaculizan la implementación de la arquitectura biofílica en ciudades inteligentes ponen de manifiesto la necesidad de una reestructuración profunda del marco regulatorio, de los modelos formativos y de los instrumentos técnicos disponibles. Superar estas barreras implica avanzar hacia una gobernanza urbana más adaptativa, colaborativa y sensible a los valores ecológicos y humanos del entorno construido. Esto requerirá no solo cambios legislativos, sino también inversiones sostenidas en capacitación profesional, innovación tecnológica y sistemas de evaluación integrales que permitan operacionalizar el diseño biofílico como componente estructural de las ciudades inteligentes del futuro, la figura 1 a continuación destaca cómo estas dificultades varían desde aspectos formativos hasta tecnológicos e institucionales.

Figura 1*Barreras para la implementación de la biofilia en entornos urbanos*

Nota: La adopción limitada de la biofilia obedece a factores como la falta de formación especializada, restricciones tecnológicas, ausencia de marcos jurídicos integrales y fragmentación institucional (Autores, 2025).

Discusión

La presente revisión ha evidenciado que la arquitectura biofílica, cuando se integra de manera estratégica en el diseño y la planificación de ciudades inteligentes, constituye un catalizador fundamental para alcanzar un modelo urbano verdaderamente sostenible, resiliente y centrado en el bienestar humano. En contraposición al enfoque tecnocrático dominante en muchas iniciativas de ciudad inteligente, la biofilia introduce una dimensión profundamente ecológica y antropocéntrica, que permite reequilibrar la relación entre los sistemas tecnológicos, los ecosistemas urbanos y la experiencia sensorial y emocional de los habitantes (Browning, Ryan & Clancy, 2014).

En particular, la incorporación de elementos naturales en los entornos construidos — como techos verdes, ventilación natural, iluminación cenital y espacios de vegetación accesible— ha demostrado ser eficaz en la mitigación del cambio climático urbano, al tiempo que mejora la calidad ambiental y reduce la carga psicológica asociada al estrés urbano. Estas estrategias, además de aumentar la eficiencia energética y restaurar funciones ecológicas

degradadas, generan externalidades positivas en términos de salud pública, productividad y cohesión social (Ryan et al., 2014). Así, la biofilia no debe entenderse como una estrategia decorativa ni marginal, sino como una pieza clave de la sostenibilidad urbana en el contexto digital y tecnológicamente interconectado del siglo XXI.

No obstante, los hallazgos también revelan que la implementación efectiva de la arquitectura biofílica en ciudades inteligentes enfrenta serios desafíos estructurales que limitan su escala y continuidad. Entre las barreras más significativas se encuentran las restricciones normativas, caracterizadas por la ausencia de políticas públicas integrales que contemplen indicadores biofílicos de forma obligatoria en los planes de ordenamiento territorial, códigos de construcción y normativas de diseño urbano (Mell, 2017). Esta omisión normativa no solo refleja una desactualización frente a los avances del conocimiento científico, sino también una visión fragmentada del urbanismo, que dificulta la transversalización de enfoques ecológicos dentro de una lógica de planificación que continúa priorizando la infraestructura gris y la expansión funcionalista de las ciudades.

Asimismo, las limitaciones técnicas, como la escasez de formación especializada, la falta de herramientas de evaluación adaptadas a parámetros biofílicos y la débil interoperabilidad entre los sistemas digitales urbanos y los sistemas de monitoreo ambiental, actúan como obstáculos importantes para su adopción masiva (de Jong et al., 2015; Terrapin Bright Green, 2012). La persistente fragmentación disciplinaria e institucional en los procesos de gobernanza urbana también impide una implementación coordinada y holística del diseño biofílico, especialmente cuando se requieren sinergias entre actores gubernamentales, técnicos, académicos y comunitarios (Kabisch et al., 2017). En muchos casos, las ciudades inteligentes operan bajo una lógica centrada en datos, sensores y plataformas, donde los criterios ecológicos y afectivos del espacio urbano quedan subordinados a métricas de eficiencia operativa.

A pesar de estos desafíos, es posible identificar tendencias emergentes que apuntan a un cambio de paradigma. Algunas ciudades como Singapur, con su modelo de urbanismo biofílico, o Medellín, con sus infraestructuras verdes integradas a sistemas tecnológicos urbanos, demuestran que es factible articular naturaleza y tecnología de forma sinérgica, bajo modelos de gobernanza adaptativa y participativa (Newman, 2014; Anguelovski et al., 2017). Estas experiencias sugieren que, si se desarrollan marcos normativos adecuados, programas de capacitación técnica, incentivos económicos y metodologías de evaluación pertinentes, la biofilia puede consolidarse como un componente estructural del urbanismo inteligente.

La discusión apunta entonces a la necesidad urgente de reconfigurar las políticas de ciudad inteligente bajo un enfoque más holístico e integrador, que reconozca la naturaleza no como un adorno, sino como un sistema esencial que debe estar entretejido en la infraestructura urbana, el diseño arquitectónico, la innovación tecnológica y el bienestar ciudadano. Ello requiere un viraje conceptual desde la eficiencia técnica hacia una sostenibilidad multisistémica, en la que la inteligencia urbana no se mida únicamente por su capacidad de gestionar datos, sino también por su habilidad para regenerar ecosistemas, promover salud mental, y fortalecer vínculos entre las personas y su entorno (Zapata-Mendoza et al., 2023).

En conclusión, si las ciudades del futuro aspiran a ser verdaderamente inteligentes y sostenibles, deben adoptar una visión biofílica de la planificación urbana, superando las barreras normativas y técnicas mediante una transformación institucional profunda, un rediseño del marco regulatorio y un compromiso intersectorial que coloque la naturaleza en el centro del proyecto urbano. Solo así será posible diseñar ciudades vivas, adaptativas y equitativas, capaces de responder a los desafíos socioecológicos del siglo XXI con una mirada transdisciplinaria y centrada en la vida.

Conclusión

La presente revisión ha permitido comprender que la arquitectura biofílica desempeña un papel crucial en la configuración de ciudades inteligentes verdaderamente sostenibles, al ofrecer un enfoque integrador que combina tecnología, naturaleza y bienestar humano. Su implementación en entornos urbanos permite no solo optimizar el rendimiento energético y mitigar los efectos del cambio climático, sino también mejorar significativamente la salud física y mental de los ciudadanos, al restablecer el vínculo esencial entre las personas y los ecosistemas urbanos.

Sin embargo, a pesar del creciente reconocimiento de sus beneficios, la adopción de la biofilia en el urbanismo inteligente enfrenta barreras importantes que limitan su expansión a gran escala. Las restricciones normativas, derivadas de marcos legales desactualizados y de instrumentos de planificación que no contemplan criterios ecológicos, dificultan su incorporación sistemática. Asimismo, los desafíos técnicos relacionados con la formación profesional, la ausencia de métricas específicas y la escasa interoperabilidad entre sistemas tecnológicos y ambientales constituyen obstáculos sustanciales para su desarrollo operativo.

Ante esta situación, resulta imprescindible repensar la gobernanza urbana desde una perspectiva más holística, transdisciplinaria e inclusiva, que permita superar la fragmentación actual y facilite la integración efectiva de soluciones biofílicas en las políticas públicas, los proyectos urbanos y los sistemas tecnológicos. Para ello, se requieren reformas normativas, capacitación especializada, inversión en infraestructura verde y la generación de herramientas que hagan posible evaluar de forma objetiva el impacto del diseño biofílico en la sostenibilidad y el bienestar.

En definitiva, el futuro de las ciudades inteligentes dependerá no solo de su capacidad tecnológica, sino también de su habilidad para regenerar la relación entre las personas y la naturaleza. La arquitectura biofílica, lejos de ser un enfoque accesorio, se consolida como un

pilar fundamental para lograr ciudades más humanas, resilientes y vivibles, donde el progreso urbano esté en equilibrio con los principios ecológicos y la dignidad de la vida urbana.

Referencias bibliográficas

- Anguelovski, I., Connolly, J. J. T., Masip, L., & Pearsall, H. (2017). Assessing green gentrification in historically disenfranchised neighborhoods: A longitudinal and spatial analysis of Barcelona. *Urban Geography*, 40(3), 458–486. <https://doi.org/10.1080/02723638.2017.1349987>
- Batty, M., Axhausen, K. W., Giannotti, F., Pozdnoukhov, A., Bazzani, A., Wachowicz, M., ... & Portugali, Y. (2012). Smart cities of the future. *The European Physical Journal Special Topics*, 214(1), 481–518. <https://doi.org/10.1140/epjst/e2012-01703-3>
- Beatley, T. (2020). *Biophilic cities: Integrating nature into urban design and planning*. Island Press.
- Browning, W. D., Ryan, C. O., & Clancy, J. O. (2014). *14 Patterns of Biophilic Design: Improving Health and Well-Being in the Built Environment*. Terrapin Bright Green. <https://www.terrapinbrightgreen.com/reports/14-patterns>
- de Jong, M., Joss, S., Schraven, D., Zhan, C., & Weijnen, M. (2015). Sustainable–smart–resilient–low carbon–eco–knowledge cities; making sense of a multitude of concepts promoting sustainable urbanization. *Journal of Cleaner Production*, 109, 25–38. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.02.004>
- Gillis, K., & Gatersleben, B. (2015). A review of psychological literature on the health and wellbeing benefits of biophilic design. *Buildings*, 5(3), 948–963. <https://doi.org/10.3390/buildings5030948>
- Kabisch, N., Korn, H., Stadler, J., & Bonn, A. (Eds.). (2017). *Nature-based solutions to climate change adaptation in urban areas: Linkages between science, policy and practice*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-56091-5>
- Kellert, S. R. (2018). *Nature by design: The practice of biophilic design*. Yale University Press.
- Mell, I. C. (2017). *Green infrastructure: Planning, design and implementation*. Routledge.
- Newman, P. (2014). Biophilic urbanism: a case study on Singapore. *Australian Planner*, 51(1), 47–65. <https://doi.org/10.1080/07293682.2013.790832>
- Ryan, C. O., Browning, W. D., Clancy, J. O., Andrews, S. L., & Kallianpurkar, N. B. (2014). Biophilic design patterns: emerging nature-based parameters for health and well-being in the built environment. *International Journal of Architectural Research: ArchNet-IJAR*, 8(2), 62–76.
- Söderström, O., Paasche, T., & Klauser, F. (2014). Smart cities as corporate storytelling. *City*, 18(3), 307–320. <https://doi.org/10.1080/13604813.2014.906716>
- Terrapin Bright Green. (2012). *The economics of biophilia: Why designing with nature in mind makes financial sense*. <https://www.terrapinbrightgreen.com/reports/the-economics-of-biophilia/>

- Torres Roberto, Miguel Arturo. (2025). Estrategias de aprendizaje y factores emocionales en Cálculo Diferencial: Experiencias del estudiantado de ingeniería en Colombia. *Revista Actualidades Investigativas en Educación*, 25(2), 1-34.
<https://doi.org/10.15517/aie.v25i2.62607>
- Yigitcanlar, T., Kamruzzaman, M., Buys, L., Ioppolo, G., & Sabatini-Marques, J. (2018). Understanding ‘smart cities’: Intertwining development drivers with desired outcomes in a multidimensional framework. *Cities*, 92, 1–12.
<https://doi.org/10.1016/j.cities.2018.04.003>
- Zapata-Mendoza, P. C. O., Villalta-Arellano, S. R., Berrios-Zevallos, A. A., Atto-Coba, S. R., & Berrios-Taucaya, O. J. (2023). Sostenibilidad ambiental en el diseño arquitectónico de plantas procesadoras de alimentos. Editorial Grupo AEA.
<https://doi.org/10.55813/egaea.1.2022.59>
- Zhou, W., Wang, J., & Zheng, H. (2021). Green infrastructure and sustainable urban development in response to climate change: A review. *Journal of Cleaner Production*, 288, 125569.