

Bosques y desarrollo urbano sostenible en Guayaquil Metropolitano: un análisis multiescalar y comparativo

Forests and Sustainable Urban Development in Metropolitan Guayaquil: a Multi-scalar and Comparative Analysis

Recibido: noviembre 5 / 2022 • Evaluado: enero 23 / 2023 • Aceptado: diciembre 12 / 2023

CÓMO CITAR

Delgado-Bohórquez, A., Ávila-Beneras, C., & Vasco-Palacios, K. L. (2024). Bosques y desarrollo urbano sostenible en Guayaquil Metropolitano: un análisis multiescalar y comparativo. *Revista de Arquitectura (Bogotá)*, 26(2), 29-52. <https://doi.org/10.14718/RevArq.2024.26.4938>

Alina Delgado-Bohórquez*
Universidad de Guayaquil (Ecuador)
Facultad de Arquitectura y Urbanismo
Carrera Arquitectura

Carmen Ávila-Beneras**
Universidad de Guayaquil (Ecuador)
Facultad de Arquitectura y Urbanismo
Carrera Arquitectura

Katya Lorena Vasco-Palacios***
Well habitat. Oficina de Arquitectura Paisajista
(Ecuador)

RESUMEN

En las actuales condiciones de cambio climático, las naciones alrededor del mundo y en la región de América Latina enfrentan el desafío de atender las demandas resultantes de un constante crecimiento urbano y al mismo tiempo tratar de reducir el daño ambiental. Ecuador, particularmente Guayaquil, no es una excepción a lo anterior. Es una ciudad que históricamente ha sufrido una continua degradación de sus dos principales ecosistemas naturales, el bosque seco tropical y el manglar, debido a un extendido desarrollo urbano. Los objetivos de este estudio fueron analizar la relación de los bosques o remanentes de bosques con unidades barriales seleccionadas y la influencia de la forma urbana de estas unidades en la sostenibilidad y bienestar de sus habitantes. Se realiza un análisis multiescalar y comparativo de diferentes patrones urbanos a nivel de barrio. Adicionalmente, la investigación propone el uso de los instrumentos de gestión del suelo con objetivos ambientales y sociales. Los resultados denotan la interacción o falta de ella, entre los bosques urbanos, la morfología de unidades barriales de los casos seleccionados y la relación con el bienestar de los residentes y el desarrollo urbano sostenible. Finalmente, el estudio analiza las potencialidades o restricciones de los enfoques seleccionados para incrementar los beneficios de la relación bosques urbanos-unidades barriales, y el uso de políticas integradoras para la protección de los bosques en el área metropolitana de Guayaquil.

Palabras clave:

bosques urbanos; desarrollo sostenible; gestión del suelo; morfología urbana; vulnerabilidad

ABSTRACT

Under current climate change conditions, nations worldwide and in Latin America face the challenge of meeting the demands resulting from continuous urban growth while attempting to reduce environmental damage. Ecuador, particularly Guayaquil, is no exception. It is a city that has historically suffered ongoing degradation of its two main natural ecosystems, tropical dry forest and mangroves, due to extensive urban development. The objectives of this study were to analyze the relationship between forests or forest remnants with selected neighborhood units and the influence of the urban form of these units on sustainability and the well-being of residents. A multi-scalar and comparative analysis of different neighborhood urban patterns was conducted. Additionally, the research proposes the use of land management instruments with environmental and social objectives. The results denote the interaction, or lack thereof, between urban forests, the morphology of selected neighborhood units, their relationship with resident well-being, and sustainable urban development. Finally, the study analyzes the potential or constraints of the selected approaches to increase the benefits of the urban forests-neighborhood unit relationship, and the use of integrated policies for forest protection in the metropolitan area of Guayaquil.

Keywords:

urban forests; sustainable development; land management; urban morphology; vulnerability

- ✦ Arquitecta, Universidad Católica Santiago de Guayaquil. Guayaquil (Ecuador).
Máster en Asentamientos Humanos, Universidad Católica de Lovaina. Leuven (Bélgica).
Doctora en Ingeniería-Arquitectura, Universidad Católica de Lovaina. Leuven (Bélgica).
📄 <https://scholar.google.es/citations?hl=en&pli=1&user=T2q6l2UAAAAJ>
🌐 <https://orcid.org/0000-0003-2148-4879>
✉ alina.delgadob@ug.edu.ec
- ✦✦ Arquitecta, Universidad de Guayaquil (Ecuador).
Máster en Arquitectura con mención en Planificación Territorial y Gestión Ambiental, Universidad de Guayaquil (Ecuador).
🌐 <https://orcid.org/0000-0002-5705-8014>
✉ josefina.avilab@ug.edu.ec
- ✦✦✦ Arquitecta, Universidad Católica Santiago de Guayaquil. Guayaquil (Ecuador).
Máster en Arquitectura Paisajista. Florida International University (Estados Unidos).
Máster en Arquitectura, Melbourne University (Australia).
🌐 <https://orcid.org/0009-0002-0444-0137>
✉ lorenavasco@gmail.com

INTRODUCCIÓN

En las actuales condiciones de cambio climático, las naciones en todo el mundo, y particularmente en la región de América Latina, enfrentan el desafío de atender las nuevas demandas de la población urbana y, al mismo tiempo, tratar de reducir el daño ambiental. Guayaquil es una ciudad que históricamente ha sufrido una continua degradación de sus recursos naturales, como los esteros, cerros y ríos. Sin embargo, paradójicamente, se han planificado pocos o ningún espacio verde dentro de las áreas urbanizadas. Además, Guayaquil es la cuarta ciudad en la clasificación mundial de riesgo de vulnerabilidad, según el reporte de la Corporación Andina de Fomento (CAF, 2018) y Hallegate y Morlot (2013), y de sufrir consecuencias económicas y sociales por los efectos del cambio climático y los desastres naturales.

La presente investigación plantea la hipótesis de que mediante la identificación y el estudio de las variables se podrían identificar las falencias de sostenibilidad, con el fin de plantear propuestas de mejoramiento de la sostenibilidad a escala barrial y en relación con los bosques circundantes. Los objetivos de esta investigación fueron: en primer lugar, evaluar la influencia del desarrollo urbano y su impacto en los bosques urbanos y periurbanos de Guayaquil, en los dos ecosistemas existentes como son el bosque seco tropical y los manglares. Ambos sistemas rodean a la ciudad y a los casos de estudio analizados en esta investigación. En segundo lugar, analizar la

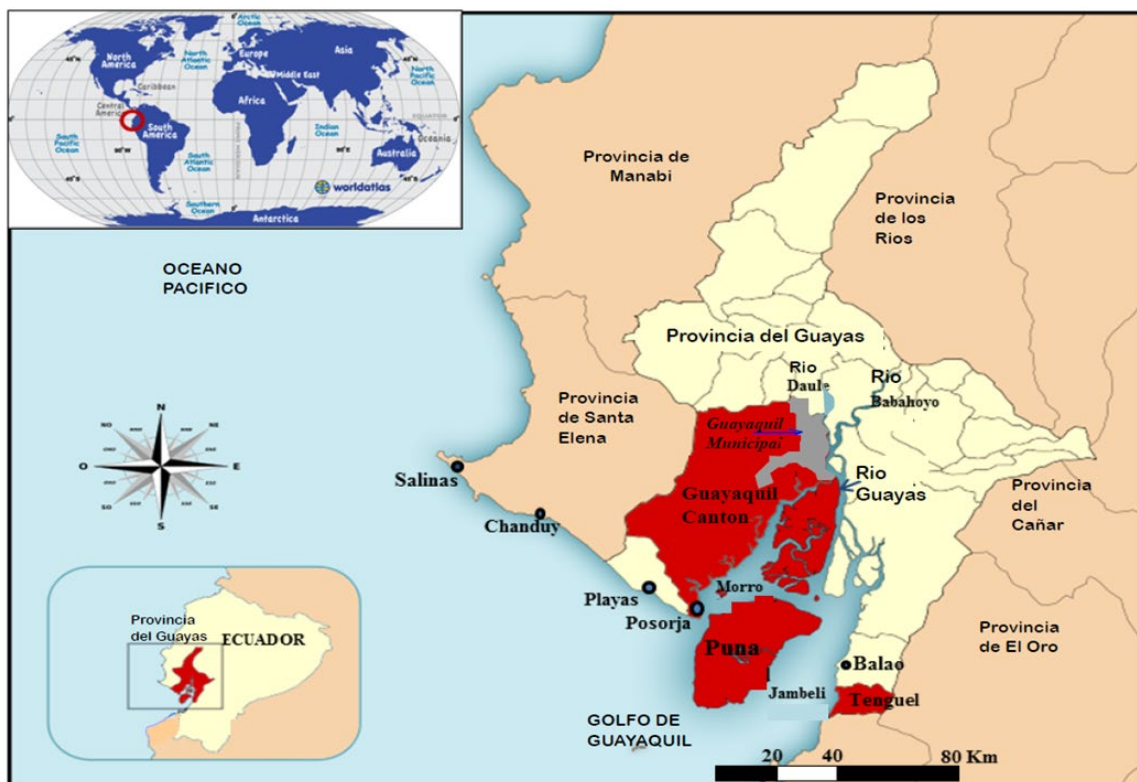
influencia de la forma urbana de estas unidades en la sostenibilidad y el bienestar de sus habitantes y la relación con bosques o remanentes de bosques.

La investigación se realizó utilizando una metodología de análisis multiescalar, desde el análisis general del territorio de conurbación de Guayaquil hasta el análisis comparativo de indicadores a escala barrial. Adicionalmente, se describe el potencial de los instrumentos de gestión del suelo para financiar infraestructura verde con el fin de aumentar la resiliencia de la ciudad al cambio climático.

Estudio de caso a escala de territorio metropolitano y planteamiento del problema

Guayaquil se ubica en el ecosistema de estuarios más grande del Pacífico Sur, en el Golfo de Guayaquil (figura 1). Está ubicada en la provincia del Guayas y es parte del cantón Guayaquil, que comprende las zonas rurales del cantón, además de Puna y Tenguel y el área administrativa municipal de Guayaquil, delimitada en 1991. El área municipal de Guayaquil tiene una población de 2.654.274 (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos [INEC], 2010), y un área de 34.376,5 hectáreas. De esta área, el 21,1 % corresponde a zonas protegidas (bosques urbanos, zonas de riesgo) y el 6,6 % a cursos de agua (Alcaldía de Guayaquil, 2021).

Figura 1. Ubicación de Guayaquil y sus cinco niveles de administración gubernamental: Ecuador-Gobierno Central, Provincia del Guayas, Cantón Guayaquil (color rojo) y municipio de Guayaquil (color gris)

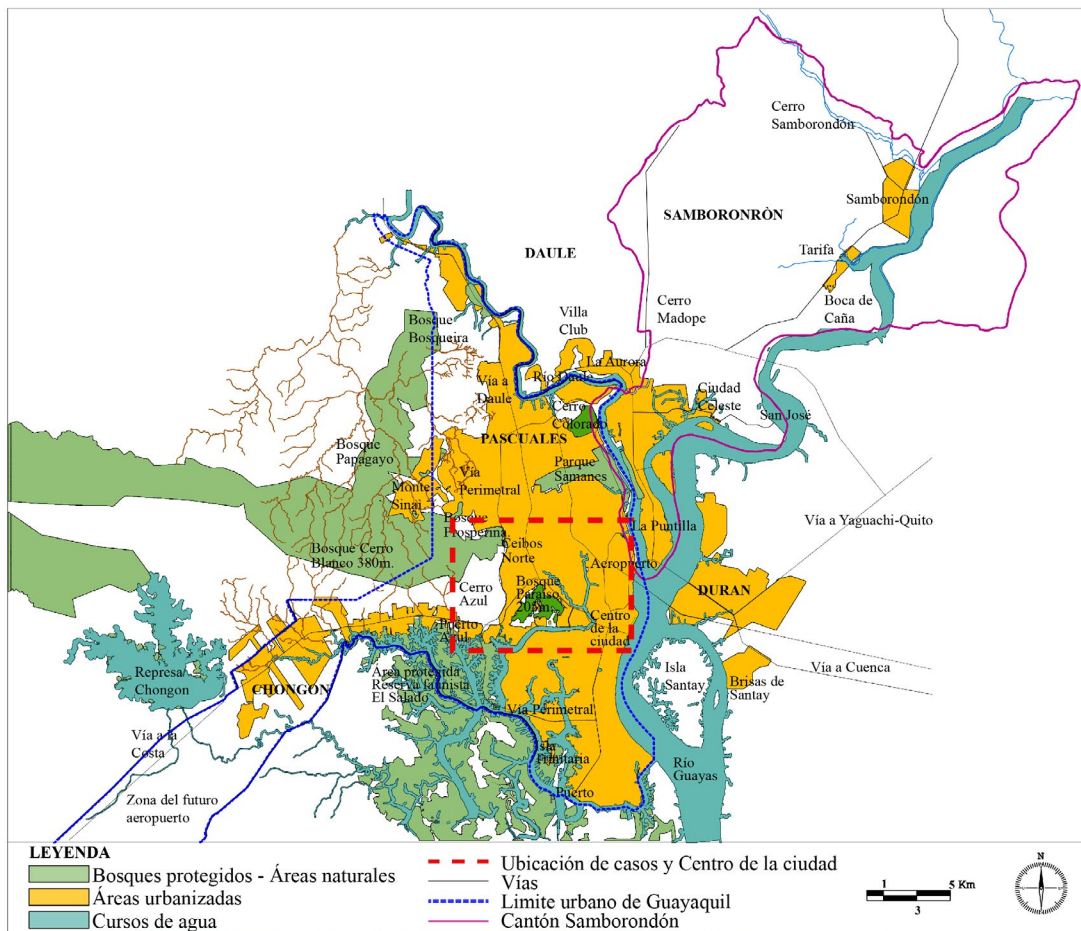


Fuente: editado por A. Delgado, con base en World Atlas y mapas municipales (2022). <https://www.worldatlas.com/aatlas/world.htm> CC BY-NC 4.0.

La expansión urbana ha producido una zona de conurbación que a pesar de las limitaciones naturales de la ciudad (estuarios, ríos y cerros), se ha extendido en las últimas décadas hacia el norte y el noroeste, en los cantones aledaños Samborondón y Daule, sobrepasando los límites municipales (figura 2). A su vez, mezclados con este desarrollo urbano coexisten dos sistemas ecológicos, el bosque

seco tropical (10,273 ha) y el estuario de manglar (10,635) (Alcaldía de Guayaquil, 2021). Los bosques declarados por el Ministerio del Ambiente del Ecuador como áreas protegidas en Guayaquil son: Cerro Blanco (6.078 ha), Bosqueira (130 ha), Palo Santo (10 ha), Reserva de Producción Manglares del Salado (10.635 ha), Bosque Papagayo (3.602 ha), El Paraíso (420 ha), Prosperina (570 ha) (figura 3).

Figura 2. Zona de conurbación de Guayaquil: Guayaquil municipal, cantones Daule, Samborondón y Durán. Áreas urbanizadas y bosques protegidos de Guayaquil



Fuente: redibujado por L. Velasco y A. Delgado (2022), con base en Verreweaere y Wellens (2010) y mapas municipales. CC BY-NC 4.0.

Estos ecosistemas de bosques se encuentran en la actualidad amenazados y fragmentados por el desarrollo urbano y la infraestructura vial, como la vía a la Costa que divide por un lado, al norte, el bosque seco tropical Bosque Cerro Blanco y al sur, la zona de reserva Manglares del Salado (figura 4).

Adicionalmente, varios factores contribuyen al alto riesgo de vulnerabilidad de Guayaquil, tales como: su ubicación geográfica como ciudad costera ubicada a cuatro metros sobre

el nivel del mar; el alto índice de pobreza (11,2 %) y las bajas condiciones sanitarias de una parte de la población que carece de servicios básicos, como agua potable, drenaje pluvial y alcantarillado (Alcaldía de Guayaquil, 2021). Estas condiciones socioeconómicas fueron las razones del alto impacto de enfermedades, como en la última pandemia por COVID-19¹. Además, la falta de planificación ha resultado en extensas zonas de la ciudad sin suficientes espacios verdes, como el paisaje urbano del suroeste de la ciudad (figura 5).

¹ Durante la pandemia, la ciudad alcanzó el 1 de abril de 2020 un récord máximo de 638 muertos por día (Sánchez, 2020).

Figura 3. A. Bosque Papagayo, zona de expansión noroeste de Guayaquil; B. Bosque Paraíso, colindante con Ciudadela Paraíso; C y D. Bosque Prosperina, colindante con Ciudadela Ceibos Norte



A



B



C



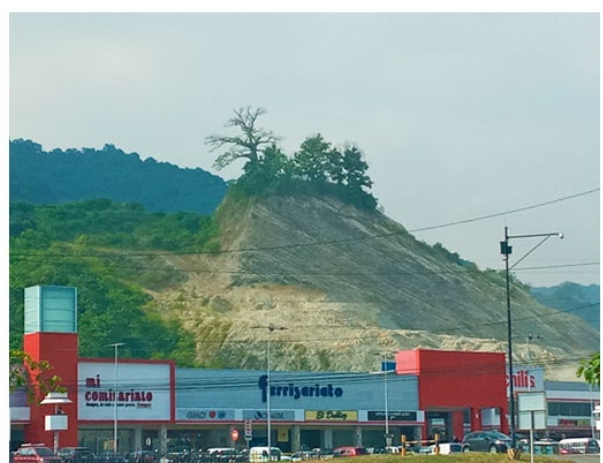
D

Fuente: Delgado (2021).

Figura 4. Sistemas de bosques protegidos amenazados por la expansión urbana. A. Sistema de manglares colindante con Puerto Azul; B. Bosque Cerro Blanco colindante con la vía a la Costa y proyectos comerciales-residenciales



A



B

Fuente: Delgado (2021).

En cuanto a la administración del área metropolitana de Guayaquil, coexisten cinco niveles de administración: Gobierno central, Provincia del Guayas, Cantón Guayaquil (445.362 ha), municipio

y parroquias rurales (Alcaldía de Guayaquil, 2021), los cuales superponen sus competencias sobre diferentes recursos y territorios, creando dificultades en la ordenación y gestión territorial (tabla 1).

Figura 5. Vista aérea del suroeste de Guayaquil



Fuente: Delgado (2021).

Tabla 1. Competencias según el nivel de Gobierno

Nivel de Gobierno	Parroquia rural- Gobiernos Autónomos Descentralizados rurales (GAD)	Municipalidad- Gobierno Local- Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD)	Cantón Guayaquil	Provincia del Guayas- Prefectura	Gobierno central- Nacional
Sector					
Planificación*	•	•	•	•	
Vivienda		•			•
Bosques protegidos**		•			•
Cursos de agua [§]		•			•
Minería ^{§§}		•			•
Obras públicas	•			•	
Electricidad				•	
Agua potable		•			
Aguas servidas y canalización		•			
Pavimentación		•		•	•
Iluminación calles		•			
Educación- escuelas		•		•	•
Mercados		•			
Salud pública	•				
Economía	•	•		•	

*El municipio prepara el plan regulador, el concejo cantonal aprueba los planes, la gobernación participa en la planificación.

**El municipio maneja y controla los bosques protegidos, pero también el Gobierno central (Ministerio de Medio Ambiente).

§Los municipios controlan los cursos de agua, pero también el Gobierno central (Marina y Ministerio del Medio Ambiente).

§§El Gobierno central otorga permisos para actividades mineras, pero el control y la regulación son competencias del Gobierno local (municipalidad).

Fuente: Tiepolo (2007); Alcaldía de Guayaquil (2021). Ley orgánica de las juntas parroquiales rurales, 2000; Ley de régimen provincial, marzo de 2001; Ley orgánica reformativa de la ley de régimen municipal, 2004.

Problemas históricos de conservación de los bosques protegidos de Guayaquil

La mayor parte de los bosques de manglares junto a las aguas de los estuarios se han perdido a lo largo de la historia de Guayaquil. En la *Guía histórica de Guayaquil* se afirma que, alrededor de 1636, una ley ordenó cortar el manglar para reducir los riesgos para la salud y aumentar la población (*El Universo*, 2010). Posteriormente, la mayoría de los estuarios se rellenaron, y los bosques de manglares fueron talados y utilizados para la construcción. Como resultado, se perdió la rica biodiversidad asociada a este ecosistema, además de su capacidad para brindar servicios ecosistémicos como la captura de carbono en las zonas costeras y la reducción de los impactos de las inundaciones (Alongi, 2012).

Adicionalmente, el bosque tropical seco alberga muchas especies de aves, insectos y mamíferos como monos aulladores, venados y jaguares. Es un ecosistema que ha recibido menos atención y protección que los manglares. Solo en el cerro El Paraíso (298 ha) se encuentran 109 especies de aves, entre las que se destacan el pinzón pecho carmesí (*Rhodospingus cruentus*), la cotorra carigris (*Brotogeris pyrrhopterus*) y rapaces como el águila pescadora (*Pandion haliaetus*), murciélago halcón (*Falco ruficularis*) y gavilán de Harris (*Parabuteo unicinctus*) (Félix, 2014). La mayoría de las especies de árboles nativos, como el ceibo (*Ceiba trichistandra*), el guayacán (*Tabebuia chrysantha*) y el bototillo (*Bombax vitifolium*), se ven comúnmente en estos bosques caducifolios y semicaducifolios que están sujetos a una estacionalidad climática seca prolongada. Por otra parte, la deforestación causada por la urbanización y los incendios forestales amenazan los remanentes encontrados en el cerro El Paraíso y en La Prosperina; además de actividades mineras, tala de árboles y proyectos de infraestructura para Cerro Blanco.

Con respecto a la actividad minera, esta ha sido un factor importante de deforestación en la ciudad y en las últimas décadas del sector vía a la Costa (cercano al caso Puerto Azul). Los daños causados al medio ambiente y al bosque seco tropical son innumerables (580 hectáreas fueron afectadas en la zona vía a la Costa) y la contaminación permanece hasta la actualidad en cuanto al ruido y el polvo en las zonas residenciales aledañas (Alencastro, 2019; Delgado, 2019).

Los bosques protegidos en la zona de conurbación de Guayaquil alcanzaron entre 1900 y 2014 las mayores tasas de deforestación (CAF, 2018), lo que coincidió en 1999 con la crisis económica del país y la aparición de una extensa zona de asentamientos informales ubicados al noroeste

de la ciudad (Delgado, 2013), como Monte Sinaí, ubicado fuera de los límites administrativos de la ciudad sobre el área del bosque de Papagayo y cercano al bosque de protección Cerro Blanco.

Bases teóricas

Ecología del paisaje y morfología urbana

El uso de los principios de la ecología del paisaje en la planificación territorial y el desarrollo urbano permitirían aumentar la integridad ecológica y minimizarían la degradación del suelo en la morfología urbana de Guayaquil. Principios tales como la heterogeneidad del paisaje, reconociendo la diversidad espacial de este, donde distintos tipos de hábitats interactúan para formar un mosaico complejo. Otro principio es la conectividad, que destaca la importancia de corredores ecológicos y la permeabilidad del paisaje y los espacios urbanos, para facilitar el movimiento de organismos y el flujo de energía. La sostenibilidad del paisaje también es un principio clave, con respecto a la gestión responsable de los recursos naturales y la conservación de la biodiversidad. Estos principios proporcionan un marco integral para abordar los desafíos del desarrollo urbano sostenible (Burel & Baudry, 2003; Turner & Garner, 2015), amparando las áreas naturales mediante estrategias de conservación de la vida silvestre y limitación de la expansión urbana (Darmstadt et al., 1996; Marcus et al., 2019).

Sostenibilidad urbana

La *sostenibilidad urbana* se define como la capacidad de una ciudad o área urbana para desarrollarse y funcionar considerando aspectos económicos y sociales, con el objetivo de crear entornos urbanos saludables, eficientes y habitables (López Bernal, 2008). Estos objetivos se podrían alcanzar con la construcción de metas realizables, mediante la aplicación de indicadores urbanos, sujetos a una comprobación sostenida en el tiempo.

Existen diversos sistemas de indicadores para medir la sostenibilidad urbana. Por un lado, existen indicadores que miden el grado de concentración o dispersión, la densidad de viviendas y habitantes (Ding et al., 2012), la influencia del mercado inmobiliario (Thorpe et al., 2009), o la sustentabilidad de distintos tipos de tejido (Kennedy et al., 2014). Por otro lado, también hay sistemas que miden el componente social (Wong, 2015), el energético (Kennedy et al., 2014), o el ambiental (Escobar, 2006).

Captura de valor del suelo-plusvalías a partir de la implementación de infraestructura verde

La *infraestructura verde* se define como la integración de elementos naturales —parques, bosques urbanos, corredores biológicos, humedales y áreas verdes— en la infraestructura construida para mejorar la calidad de vida de las comunidades y promover la sostenibilidad (Stanley, 2021). Esta infraestructura contribuye a la resiliencia urbana al proporcionar servicios ecosistémicos como la regulación del clima, gestión del agua, conservación y aumento de la biodiversidad y mejora de la calidad del aire y del suelo. Además, crea espacios recreativos para fomentar la salud física y mental de la población, promoviendo la cohesión social (Benedict & McMahon, 2006).

Sin embargo, a pesar de los beneficios tanto para el medio ambiente como para las comunidades, construir y financiar infraestructura verde resiliente es uno de los principales desafíos para las ciudades debido a limitaciones económicas, administrativas y de gestión en las actuales condiciones del cambio climático, especialmente para países de bajos y medianos ingresos en América Latina y en Ecuador (Grafakos et al., 2019).

Los beneficios de financiar infraestructura verde han sido ampliamente discutidos en la literatura (Brugmann, 2011; Demuzere et al., 2014; Gómez-Baggethun & Barton, 2013; Madison y Kovari, 2013; Opdam et al., 2006; Tzoulas et al., 2007). Así, la recuperación de plusvalías se presenta como una alternativa para financiar el desarrollo urbano y la vivienda social, redistribuyendo los incrementos de valor del suelo a la comunidad (Furtado & Acosta, 2012; Smolka, 2013).

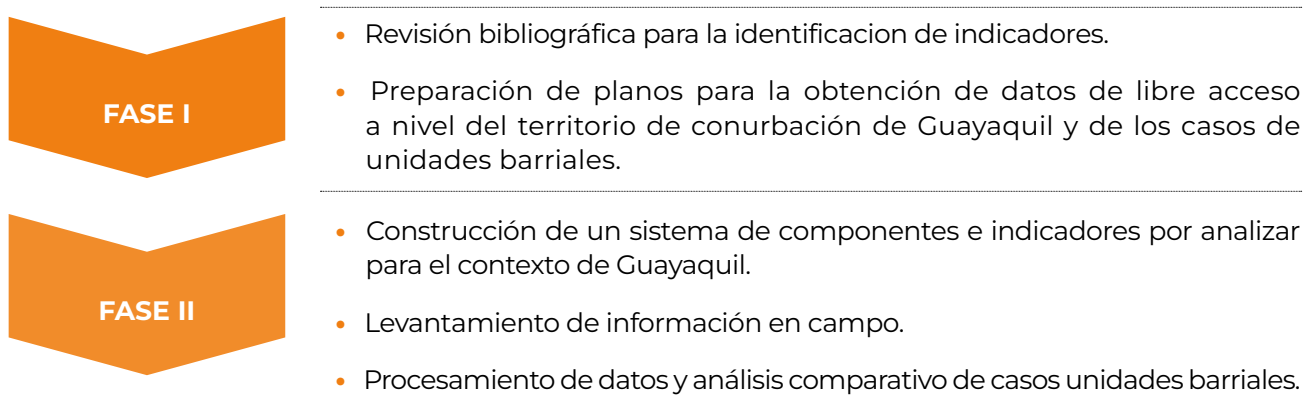
En América Latina, los instrumentos de valoración del suelo se han aplicado principalmente para financiar infraestructura y vivienda social en países como Colombia o Brasil (Smolka, 2013). Así, los principales instrumentos utilizados para estos propósitos son aquellos destinados a intervenir la infraestructura urbana, regular el mercado del suelo y financiar el desarrollo urbano (República del Ecuador, 2016). De esta forma, esos mismos principios podrían aplicarse para financiar proyectos de infraestructura verde —corredores verdes, parques inundables, programas de reforestación—, y resiliencia al cambio climático, con sentido de justicia social (Brugmann, 2011; Grafakos et al., 2019).

METODOLOGÍA

Este estudio realiza un análisis multiescalar, del nivel del territorio de conurbación al nivel de

barrio. Se implementó en dos fases principales (figura 6).

Figura 6. Flujograma de la metodología aplicada



Fuente: elaboración propia (2021).

En la primera fase se analizaron fuentes bibliográficas (revisión documental) y se obtuvieron datos del geoportal del municipio de Guayaquil. De las revisiones se destaca lo siguiente:

- Un análisis del territorio de conurbación de Guayaquil, partiendo de lo general a lo particular, aplicando un método de análisis deductivo.

- Posteriormente, se seleccionaron casos de unidades de barrio tomando en cuenta la representatividad a escala de ciudad, a su vez que criterios históricos y de localización relacionados con los bosques protectores o remanentes de bosques.

La segunda fase del estudio consistió en la construcción de un sistema de indicadores como se detalla a continuación:

- Se realizó una revisión bibliográfica, abarcando el Sistema de Indicadores para ciudades Grandes y Medianas de la Agencia de Ecología Urbana de Barcelona (AEUB, 2008; 2022), así como el Plan Especial de Indicadores de Sostenibilidad Ambiental de Sevilla (Rueda, 2008), y otros con enfoque de calidad ambiental y sintético (García y Seguel, 2019; Hernández, 2009; Hermida-Palacios et al., 2015) y se seleccionaron indicadores con base en la Agenda 21 de Sostenibilidad para el Diseño Urbano (Málaga, 2010). Con el propósito de organizar y sistematizar la información, se realizó una selección final de cuatro componentes principales, estos son: forma urbana, diversidad, movilidad, calidad medioambiental. Adicionalmente, se incluyó un quinto componente, el estudio de la relación con bosques protectores y remanentes de bosques. Los parámetros para indicar el nivel de sosteni-

bilidad de los indicadores se clasificaron en alta, mediana y baja sostenibilidad (tabla 2).

- Se realizó un estudio espacial-morfológico de variables en campo, considerando la unidad de barrio, y distancias a los equipamientos equivalentes a extensiones de 1000 m–500 m–300 m, según corresponda.
- Posteriormente, se hicieron el procesamiento de datos y el análisis comparativo de los casos de unidades barriales.

Los casos seleccionados para el análisis morfológico y comparativo se ubican en el centro y noroeste de la ciudad: parroquias Roca-Pedro Carbo, Ceibos Norte, Paraíso y Puerto Azul. Los criterios de selección se basaron en su representatividad de los diferentes patrones urbanos de la ciudad y por la proximidad a bosques protegidos o remanentes de bosques. El caso del Centro corresponde a las parroquias urbanas Roca como caso 1 y Pedro Carbo² como caso 2, correspondientes al sitio histórico de fundación de la ciudad. El tercer caso, Ceibos Norte, en cercanía del bosque Prosperina y la carretera Perimetral. El cuarto caso, Paraíso, está ubicado en el borde del Bosque Paraíso. Luego, el quinto caso, Puerto Azul, que colinda con los Manglares del Salado (figura 7).

Tabla 2. Indicadores de sostenibilidad urbana y parámetros para su medición

Componente	Indicador	Metodología	Rango de parámetros		
			Alto	Medio	Bajo
Forma urbana	Superficie (m ²)	Área total de unidad barrial (UB).			
	Densidad (Hab./ha)	Número de habitantes/superficie total de la UB.	>200 Hab./ha	100-200 Hab./ha	<100 Hab./ha
	Densidad (N.º de viviendas/ha)	Número de unidades de viviendas/Total área de UB.	>100 Viv./ha	60-100 Viv./ha	<60 Viv./ha
	Porcentaje de suelo ocupado	Superficie construida/área total del solar.	>50 %	50 %	<50 %
	Porcentaje de solares baldíos	Porcentaje de solares no edificados/área total de UB.	>30 %	30 %	<30 %
	Compacidad	(Superficie construida*N.º de plantas)/superficie total solar.	>5 m	>4-5 m	<4 m

Continúa »

² Parroquias urbanas del centro de la ciudad. Guayaquil cuenta con 15 parroquias urbanas, dentro de la competencia administrativa de Cantón (Alcaldía de Guayaquil, 2021).

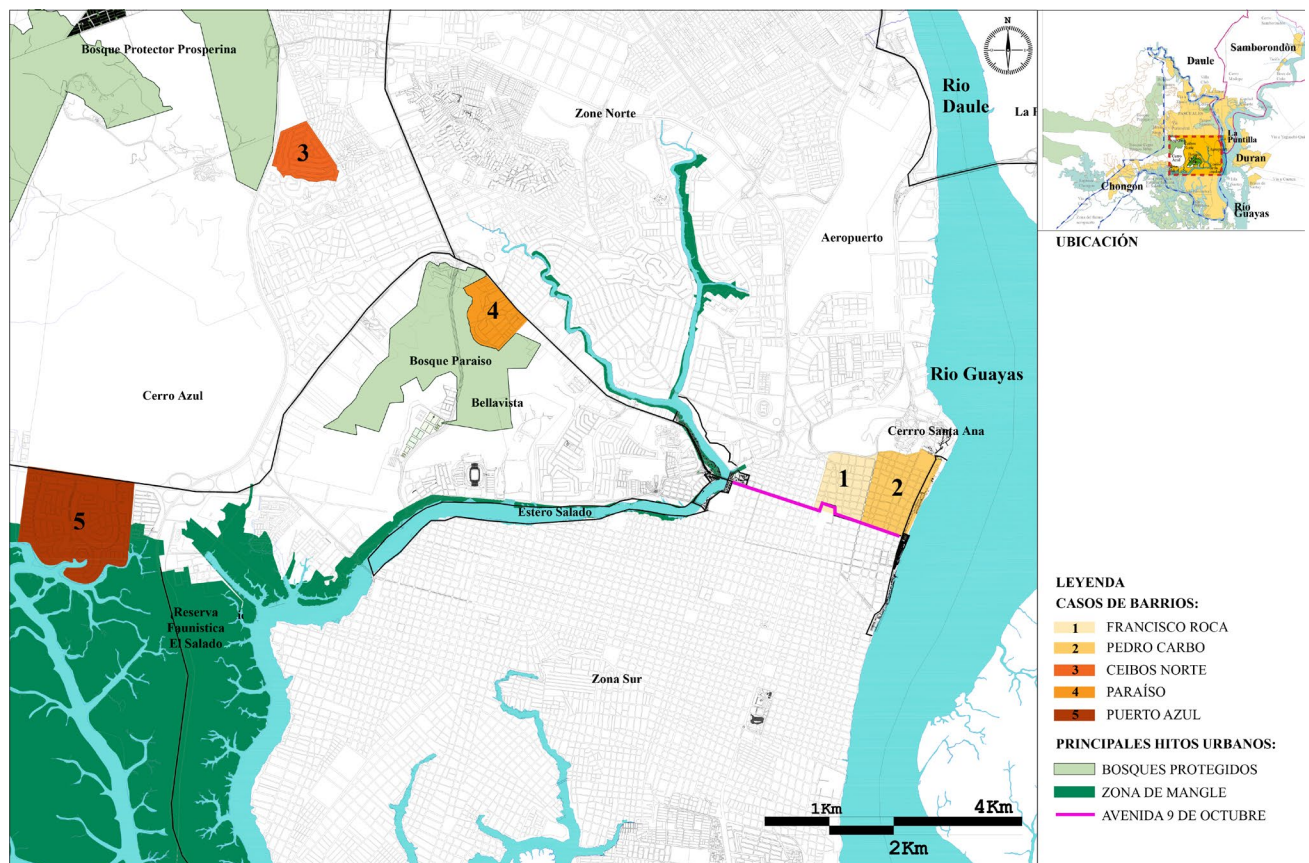
Componente	Indicador	Metodología	Rango de parámetros		
			Alto	Medio	Bajo
Diversidad	Usos de suelo- Porcentaje de la población con distancia a equipamientos: Instalaciones Sociales Básicas (ISB) (salud, educación, deportes, mercados)- Distancia a estas ISB	Porcentaje de población cercana a la instalación en un radio de 300, 500 y 100 m. Educación 500 m. Salud básica 500 m. Hospitales 1 km. Deportes 500 m. Minimercados 500 m.	>50 % de la población tiene acceso	Entre el 50-30 % de la población tiene acceso	<30 % de la población tiene acceso
	Áreas verdes (%)	Porcentaje de área verde/Total de área UB.	>30 %	12 %	<4 %
	Distancia a áreas verdes y recreativas (desde un punto medio de la unidad barrial)	Área verde (<1000 m ²) en un radio de 200 m.	Instalación a una distancia <200 m	Instalación en un radio entre 200-750 m	Instalación a una distancia >750 m
		Áreas verdes (>1000 m ²) en un radio de 750 m.	Instalación a una distancia <750 m	Instalación en un radio entre 750 m-2 km	Instalación a una distancia >2 km
Porcentaje de suelo permeable (%)	Porcentaje de área de tierra/área verde total (descontando áreas de circulación y áreas pavimentadas).	>10 %	5 %	< 2 %	
Movilidad	Proximidad a los sistemas de transporte público	Porcentaje de población cercana a una parada de autobús en un radio de 300 m	Proximidad en un radio de 300 m	Proximidad en un radio de 500 m	Proximidad en un radio de 1000 m
	Reparto del viario público peatonal- Porcentaje peatonal/vehicular	Porcentaje área peatonal/ área vehicular.	50 % de las vías peatonales (con relación a las vías vehiculares)	Hasta el 15 % de las vías peatonales (con relación a las vías vehiculares)	<15 % de vías peatonales (con relación a vías vehiculares)
	Ciclovías	Cerca en un radio de 300-500-1000 m	Accesibilidad en un radio de 300 m	Accesibilidad en un radio de 500 m	Accesibilidad en un radio de 1000 m
	Accesibilidad universal (rampas, pasamanos)	Porcentaje de longitud de rutas accesibles.	Continuidad total	Más del 30 % de continuidad	Menos del 30 % de continuidad
Calidad del medio ambiente	Calidad del aire	Sensores de calidad del aire-CO ₂ -ppm.	<300 ppm	300-400 ppm	>400 ppm
	Confort acústico	NEC 11- Normativa Ecuatoriana de la Construcción.	<50 dB	50-60 dB	>60 dB
	Confort térmico	NEC 11- Normativa Ecuatoriana de la Construcción.	-----	18°-26° C	-----

Continua »

Componente	Indicador	Metodología	Rango de parámetros		
			Alto	Medio	Bajo
Relación con bosques protectores y remanentes de bosques	Distancia a bosques protegidos	En un radio de 1 km, considerado como distancia máxima caminable.	<1 km	1 km	>1 km
	Distancia a remanentes de bosques	En un radio de 1 km, considerado como distancia máxima caminable.	<1 km	1 km	>1 km

Fuente: elaborado por Delgado (2022) con base en indicadores de sostenibilidad (Málaga, 2010) y resultados de proyecto de investigación (Delgado, 2021).

Figura 7. Ubicación de los casos de unidades barriales en el centro de la ciudad



Fuente: redibujado por L. Vasco (2023), basado en mapas municipales. CC BY-NC 4.0.

RESULTADOS

Nivel de territorio metropolitano

Entre 1985 y 2021 se alcanzaron las tasas más altas de deforestación en el territorio de conurbación de Guayaquil (tabla 3).

La degradación de los bosques de Guayaquil es un proceso que, lamentablemente, se espera que continúe a largo plazo. Así, una carretera principal

planificada atravesará un área natural protegida, el bosque Cerro Blanco, conectando el noroeste de la ciudad con el nuevo aeropuerto en el área de Daular (Alcaldía de Guayaquil, 2021; Delgado 2019). Este proyecto de infraestructura aún no cuenta con un plan público socializado de medidas que disminuyan el impacto ambiental. Además, otro proyecto de conectividad a largo plazo atravesaría la zona de manglares conocida como Reserva Faunística Manglares del Salado (figura 8), conectando el sur de la ciudad (Viaducto Sur) con el

nuevo aeropuerto (2020-2023) (Alcaldía de Guayaquil, 2021).

Adicionalmente, existen planes para nuevos proyectos de vivienda social en la periferia de la ciudad, ubicados fuera de los límites municipales, siguiendo el último Plan Territorial de Desarrollo Urbano de Guayaquil 2021 (Alcaldía de Guayaquil, 2021), sin considerar políticas de inclusión de estos proyectos de vivienda social en los vacíos urbanos en el centro de la ciudad (Delgado, 2021).

Tabla 3. Áreas deforestadas de los bosques protegidos de Guayaquil

Área protegida	Acuerdo ministerial de área protegida	Área (ha)	Área (ha)-PDOT 2021	Área deforestada (ha)	%
ECOSISTEMA BOSQUE SECO TROPICAL					
Cerro Blanco	N.º 143, 20 de abril de 1989	6,078	5,956	122	2
El Paraíso	N.º 60, 10 de febrero de 1989	420 ^a	298	121	28,8
La Prosperina	N.º 23, 15 de abril de 1994	570 ^a	242	328	57
Palo Santo	N.º 38, 31 de julio de 1986	10	4	6	60
Bosqueira	N.º 122, 25 de noviembre de 2009	130	130	SD	SD
Papagayo de Guayaquil	N.º 105, 3 de agosto de 2012	3,602	3,462	140	4
ECOSISTEMA MANGLAR					
Reserva de Producción Manglares del Salado	N.º 142, 13 de noviembre de 2002	10,635	15,535 ^b	SD	SD
TOTAL 717					

^a Ministerio de Ambiente del Ecuador (MAE, 2015). <http://areasprotegidas.ambiente.gob.ec/>

^b Datos Cantón Guayaquil (PDOT, 201).

SD: sin datos.

Fuente: elaboración propia (2022) con base en PDOT (2021) y MAE (2015).

En cuanto a las áreas verdes dentro de los límites municipales de la ciudad, existen imprecisiones en los datos del índice verde urbano. Según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos del Ecuador (INEC), en 2010 era de 1,12 m²/habitante. Luego, en 2014, según la Municipalidad era de 24,8 m²/habitante³. Esta última cifra contrasta con la mencionada en el Plan de Manejo de Áreas Verdes de Guayaquil, elaborado por CAF (2018) que indica un resultado de 3 m²/hab., incluyendo únicamente las áreas verdes dentro del área municipal y árboles junto con la infraestructura vial. Además, la mayoría de las parroquias urbanas de Guayaquil presentan

un alto índice de suelo impermeable, como Ximena, Pascuales y Tarqui, con 74, 47 y 22 %, respectivamente (Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos [CLIRSEN], 2011).

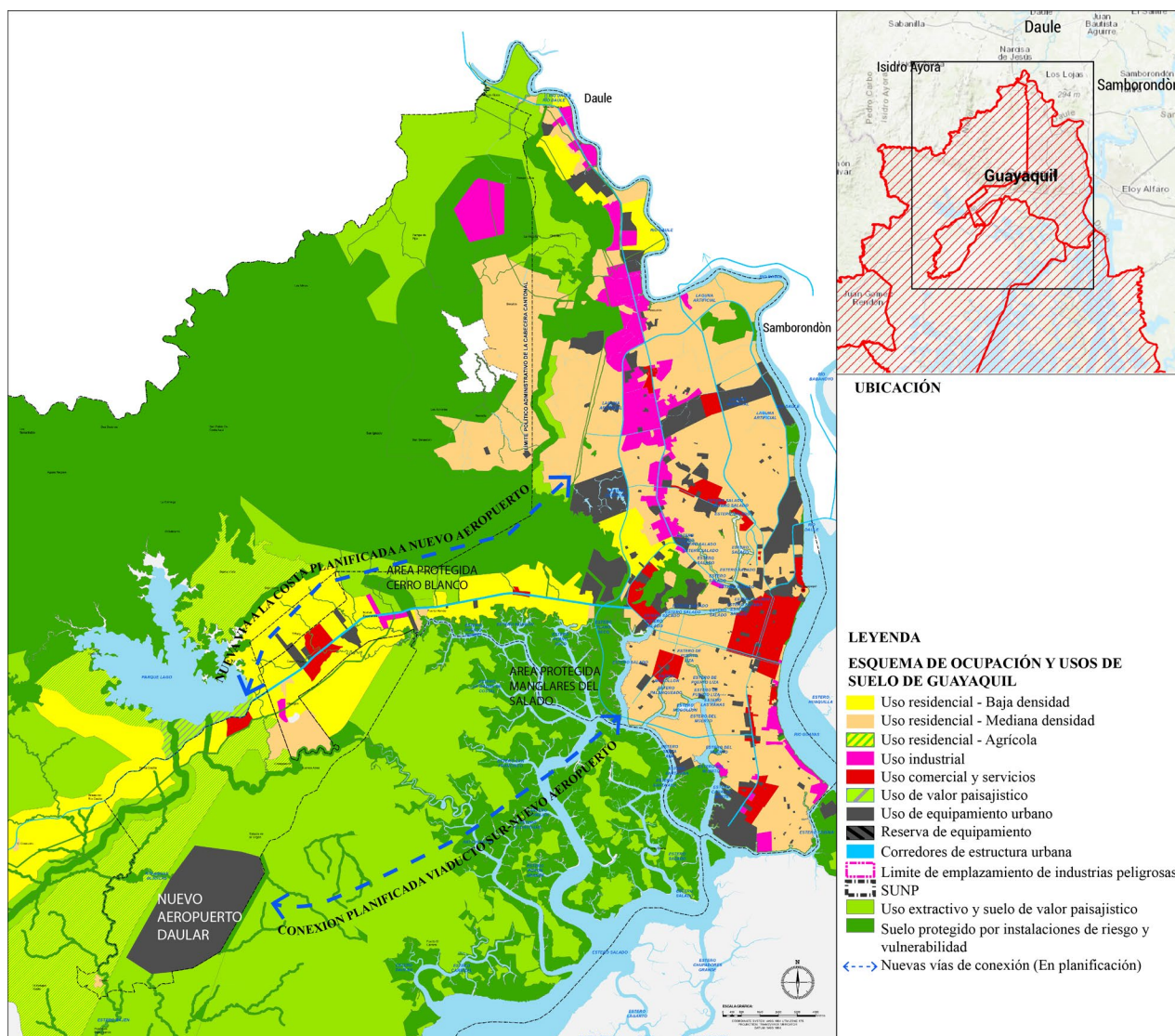
La aplicación de instrumentos de ordenamiento territorial para la captura de plusvalías en Guayaquil aún se encuentra relativamente en fase inicial y se utilizan en su mayoría instrumentos tributarios, pero sin una norma que los canalice hacia proyectos prioritarios de desarrollo urbano social o de infraestructura. Un instrumento utilizado principalmente es

³ Incluyendo áreas de bosques protegidos fuera de los límites municipales de Guayaquil, además de plazas públicas, instalaciones deportivas, cementerios, solares baldíos e instalaciones industriales.

la Contribución para Mejoras (CM), para financiar infraestructura urbana. En Ecuador, este instrumento está regulado por el Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (Presidencia de la República del Ecuador, 2015; Delgado, 2016), y su implementación depende de cada gobierno local.

Sin embargo, estos instrumentos aún no se utilizan en Guayaquil para financiar infraestructura urbana verde (corredores verdes, parques inundables, programas de reforestación), a pesar de la necesidad y los beneficios para prevenir las consecuencias del cambio climático.

Figura 8. Plan Maestro de Usos Actuales del Suelo de Guayaquil y proyecciones de conectividad de la futura infraestructura vial



Fuente: redibujado por L. Vasco (2023) con base en mapas municipales. CC BY-NC 4.0.

Nivel de barrio

A partir del estudio de los casos a nivel de barrio, se estableció información relevante y los patrones urbanos para cada caso (figura 9).

La tipología de vivienda y el área en hectáreas de cada unidad barrial y por cada uno de los casos se describen en la figura 10.

Al aplicar la metodología indicada de parámetros para indicadores de sostenibilidad urbana se obtuvieron los principales resultados (tabla 4).

De los resultados se infiere para cada indicador lo siguiente:

Forma urbana: La baja densidad es estándar para todos los casos, inferior a 130 hab./ha; solo para el caso Paraíso la densidad es de 247 hab./ha. Así, para los casos del Centro, para Roca es de 90 hab./ha; para Carbo, 44 hab./ha; Ceibos Norte, 124 hab./ha, y Puerto Azul, 99 hab./ha. La tipología de vivienda en el caso del Centro (parroquias Roca y Carbo) difiere de otras en cuanto a la altura. Así, en el Centro, los edificios van desde dos hasta 35 plantas con una altura media de 22 m. En los casos del Centro, a pesar de contar con edificios de altura, hay una baja densidad, reflejando una reducida capacidad de retención y atracción de la población para usos residenciales.

Figura 9. Patrones urbanos y fotos de casos de barrios. A. Centro: Carbo-Roca; B. Ceibos Norte; C. Paraíso; D. Puerto Azul









Fuente: elaboración propia (2021). CC BY-NC 4.0.

En los demás casos de barrios, la tipología edificatoria se compone principalmente de viviendas de una a dos plantas. El indicador de densidad influye en los resultados de compacidad, además de los indicadores de confort, como en el caso del Centro donde se percibe el fenómeno de la isla de calor (Palacios et al.,

2017; Palme et al., 2016). Este indicador en los casos del Centro es para Roca 8,13 m. y para Carbo 7,14 m., como resultado de la altura de las edificaciones en estas dos parroquias. Para el resto de los casos el indicador de compacidad es bajo, así para Ceibos Norte es 3,32 m; Puerto Azul 2,5 m, y Paraíso 1,92 m.

Figura 10. Área y tipología de viviendas de los casos de unidades barriales

INDICADOR	CASOS					
	CASO 1	CASO 2	CASO 3	CASO 4	CASO 5	CASO 6
	CENTRO-ROCA	CENTRO-CARBO	CEIBOS NORTE	PARAISO	PUERTO AZUL	CISNE 2
Area (HA) / Área (HA)	42,48	65,25	37,3	21	80,08	43,97
Tipologías de viviendas	Las viviendas en su mayoría son departamentos en edificios de gran altura, casas colectivas y viviendas unifamiliares. 	Las viviendas en su mayoría son departamentos en edificios de gran altura, casas colectivas y viviendas unifamiliares. 	Las viviendas son villas de 1 a 2 plantas, algunas aterrazadas debido a la irregularidad del terreno, por lo que sus alturas varían. Hasta lo 4 pisos, según el uso de la edificación. 	Las viviendas son villas de 1 a 3 plantas, que varían sus alturas y algunas son aterrazadas debido a la irregularidad del terreno. 	Las viviendas son villas de 1 a 3 plantas, que varían sus alturas y un 20% son departamentos. 	Las viviendas son villas de 1 a 2 plantas, adosadas y semiadosadas. 

Fuente: elaboración propia (2021). CC BY-NC 4.0.

Tabla 4. Resultados del análisis de los casos de estudio

Componente	Indicador	Centro-Roca	Centro-Pedro Carbo	Ceibos Norte	Paraíso	Puerto Azul
Forma urbana	Densidad (hab./ha)	Alta	Alta	Media	Baja	Baja
	Densidad (unidades habitacionales/ha)	Alta	Alta	Media	Baja	Baja
	Porcentaje de tierra ocupada	Alta	Alta	Media	Baja	Media
	Porcentaje de terrenos baldíos (%)	Alta	Alta	Media	Baja	Baja
	Compacidad	Baja	Baja	Alta	Alta	Alta
Diversidad	Usos del suelo: Porcentaje de la población con acceso a equipamientos (%) (salud, educación, deportes, mercados)	Baja	Baja	Media	Media	Media
	Áreas verdes (%)	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
	Distancia (m) a áreas verdes y recreativas (desde un punto medio de la unidad barrial)	Media	Media	Alta	Alta	Alta
	Porcentaje de suelo permeable (%)	Alta	Alta	Media	Baja	Baja
Movilidad	Proximidad a los sistemas de transporte público	Baja	Baja	Alta	Alta	Alta
	Reparto del viario público peatonal- Porcentaje peatonal/ vehicular	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
	Ciclovías	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
	Accesibilidad universal (rampas, pasamanos)	Media	Media	Alta	Alta	Alta
Calidad del medio ambiente	Calidad del aire	Alta	Alta	Media	Media	Media
	Confort acústico	Alta	Alta	Media	Media	Media
	Confort térmico	Alta	Alta	Media	Media	Media
Relación con bosques protectores y remanentes de bosques	Distancia a bosques protegidos	Alta	Alta	Alta	Baja	Baja
	Distancia a remanentes de bosques	Alta	Alta	Baja	Baja	Baja
Simbología:		Alta		Media		Baja

Fuente: elaboración propia (2022) con base en Indicadores de Sostenibilidad Ambiental de Sevilla (Rueda, 2008), y el Sistema de Indicadores para ciudades Grandes y Medias de la Agencia de Ecología Urbana de Barcelona (AEUB, 2008; 2022).

Diversidad: Para el componente diversidad, los casos presentan usos de suelo diversos. Así, con respecto a la distancia de los equipamientos, los casos del Centro muestran un nivel de sostenibilidad alto al disponer de la mayoría de los equipamientos como salud, educación y mercados a una distancia entre 100 y 500 metros desde el centro de la unidad barrial. Ceibos Norte y Puerto Azul presentan un nivel medio-bajo de sostenibilidad, debido a que no cuentan en estas urbanizaciones con instituciones educativas o de salud, si bien cuentan con equipamientos comerciales o recreativos con radio de influencia de unidad barrial. Con respecto al porcentaje de áreas verdes, la mayoría de los casos tienen un nivel bajo.

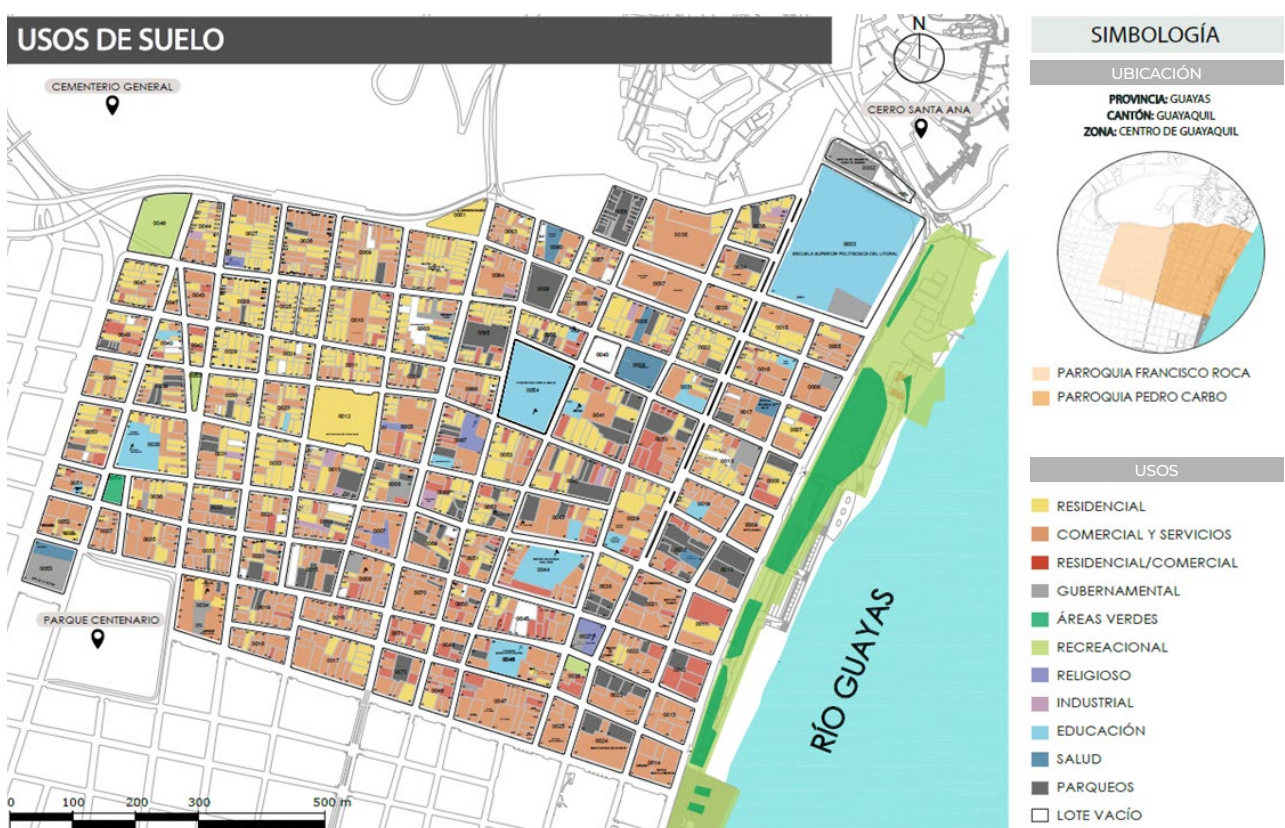
Existe también una alta tasa de suelo impermeable, especialmente en el Centro, donde llega al 90 %. Las áreas verdes en las unidades barriales estudiadas son insuficientes en algunos de los casos. Así, en el centro, la parroquia Carbo se beneficia del Malecón de la ciudad y el río Guayas, lo que le da un 12 % de áreas verdes, en el interior estas son casi inexistentes, solo existe arbolado ubicado en partes. En Roca, las áreas verdes corresponden a tres parques, con un 2 % del área total de la parroquia, si bien se benefician de áreas de parques en el exterior de la parroquia (figura 11). En el resto de los casos, el indicador de área verde corresponde en el caso Ceibos Norte, a un 9 %; caso Paraíso, 1,3 % —aun cuando este caso se beneficia de la influencia directa del

Bosque Protector Paraíso—, y el caso Puerto Azul, con un 11 % de áreas verdes y se beneficia del área protegida del Estero Salado (figura 12). En cuanto al indicador distancia a áreas verdes, este es medio-bajo para todos los casos, con distancias promedio desde el punto medio de la unidad barrial de 500 m para el caso Roca, y 300 m para el resto de los casos.

El indicador de permeabilidad del suelo es bajo, 1,74 y 1,72 % para las parroquias Roca y Pedro Carbo. Por tanto, existe la necesidad de incrementar este indicador para disminuir los efectos de la isla de calor urbana y el riesgo de inundación en el centro de Guayaquil. En el resto de los casos, para Ceibos Norte es 5,45 %; Paraíso, 4,2 %, correspondiendo a un nivel medio, y solo el caso Puerto Azul presenta un nivel de 12,45 %, debido a que se incluyen zonas aledañas al estero y manglares.

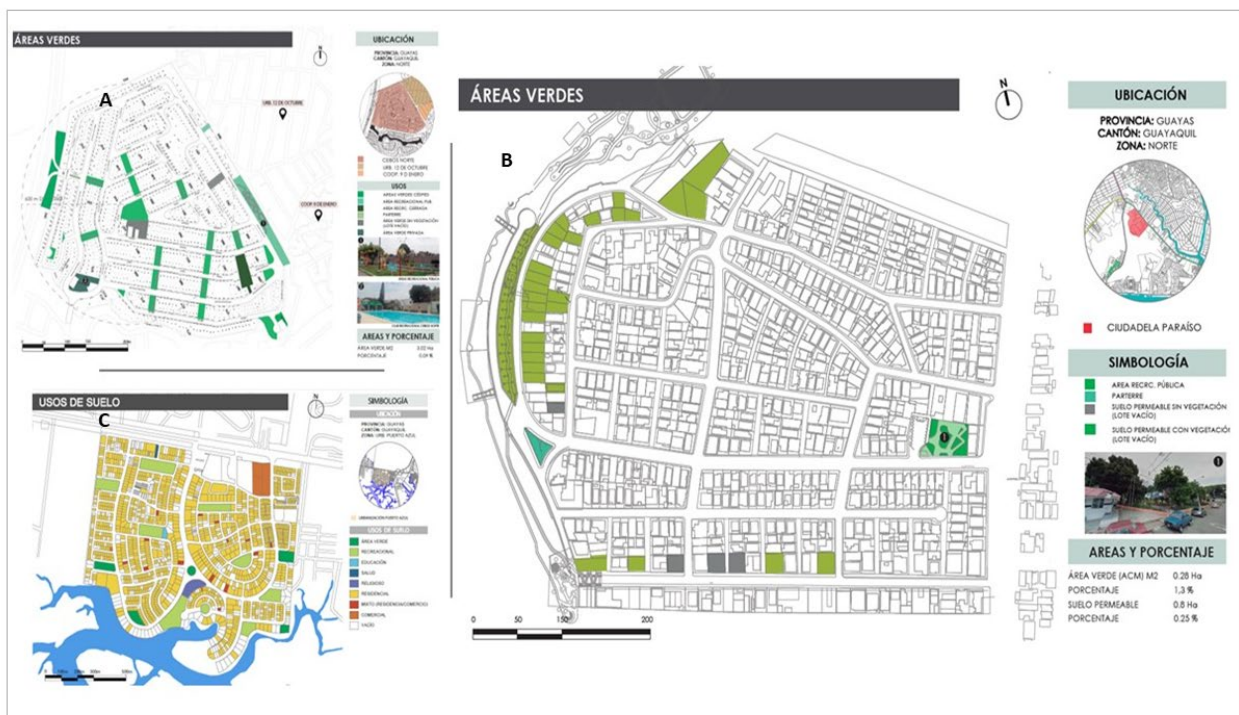
Movilidad: Este también es uno de los indicadores más críticos. Solo en los casos del Centro, Roca y Pedro Carbo tienen un rango alto, ya que cuentan con diferentes paradas de autobús dentro del área y ciclovías (aunque estas no son continuas). De esta forma, las paradas de autobuses de la Metrovía, que es un sistema de buses interconectados BRT (*Bus Rapid Transit*), están en un radio de 300 metros medidos desde el punto medio de la unidad barrial; también hay una distancia de 500 metros hasta la estación del sistema de transporte aéreo suspendido Aerovía, que comunica a esta parroquia y al Centro con el cantón Durán, al otro lado del río Guayas.

Figura 11. Usos de suelo. Parroquias Roca y Pedro Carbo



Fuente: elaboración propia (2021) con base en los resultados del proyecto FCI Forma Urbana-001-2021-UG. CC BY-NC 4.0.

Figura 12. Áreas verdes. A. Ceibos Norte; B. Paraíso, y usos de suelo; C. Puerto Azul



Fuente: elaboración propia (2021), con base en los resultados del proyecto FCI Forma Urbana-001-2021-UG. CC BY-NC 4.0.

Todos los demás casos tienen un rango bajo de parámetros con respecto a este indicador; no cuentan con paradas de autobús dentro de sus áreas, ni ciclovías y el porcentaje de circulación peatonal, es decir, el área destinada para los peatones, es inferior al 15 %. Además, en cuanto a la accesibilidad universal, solo en el caso del Centro existen rampas y pasamanos en las aceras —especialmente en la principal zona comercial—. En otros casos, esto no existe.

Calidad ambiental: En cuanto a la calidad del aire para Guayaquil, siguiendo el Índice de Calidad del Aire, la concentración de material particulado (PM) 2,5 es aceptable, oscila entre 45 y 50, con un límite máximo permisible de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (MAE, 2020). Debido a limitaciones de la investigación, no hubo posibilidad de probar la calidad del aire en cada caso de estudio. Sin embargo, esta medición se realizó para el caso de Ceibos Norte, en el cual se utilizaron sensores para medir los niveles de CO con resultados que arrojaron una calidad del aire aceptable, de entre 300-400 ppm (partes por millón) (Burbano, 2022).

En cuanto al confort acústico, en el centro de la ciudad los decibelios (dB) pueden llegar a 70-80 (El Universo, 2020). Esta medida, en otros casos, corresponde a 60-70 dB (Calero et al., 2017). En ambos casos, estos valores

sobrepasan el límite máximo de 50 dB, indicado por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 1999).

Con relación al confort térmico, el Centro está muy afectado por el fenómeno de la “isla de calor”⁴ (Palacios et al., 2017), que en la calle puede ser compensado por la tipología de vivienda de *soportales*, un modelo de vivienda característico del centro de Guayaquil, y consiste en un área cubierta en la planta baja de las edificaciones que protege al peatón de las condiciones de sol y lluvia (Santana, 2015). Sin embargo, en los otros casos de estudio de esta investigación esta característica no existe.

Relación con los bosques y la deforestación:

El caso del Centro tiene la conexión histórica más extendida con los sistemas ecológicos de Guayaquil, los esteros y el bosque seco tropical, aunque al presente no existe. Fue el lugar de fundación de la ciudad en 1574, al pie del río Guayas, a un lado del cerro Santa Ana. Actualmente, no existen esteros en el centro de la ciudad y solo algunos árboles como recordatorio del bosque seco tropical del cerro Santa Ana. Sin embargo, sigue presente la relación del centro con el río Guayas. Su ribera fue escenario del proyecto de renovación urbana Malecón 2000 (2,3 km de extensión), destinado a redefinir la

⁴ Fenómeno que se conoce como el aumento de las temperaturas de la ciudad en relación con el medio rural inmediato (Palme et al., 2016).

relación de la ciudad con el río —con resultados controvertidos— y atraer inversiones y turismo (Andrade, 2007; Delgado, 2013).

El caso de Puerto Azul tiene relación directa con los manglares por su ubicación, con el área protegida Reserva Faunística Manglares del Salado. Paraíso es un caso que también tiene una relación directa con un área protegida, con el bosque seco tropical. No existe un plan de manejo para la protección de su bosque, y es amenazado por incendios forestales.

El caso de Ceibos Norte, a diferencia de los demás, tiene una relación indirecta con el bosque de Prosperina, ubicado al oeste del área y separado por una carretera perimetral. Sin embargo, en sus bordes perimetrales quedan parches remanentes de este bosque a una distancia menor a los 500 m, medidos desde un eje central de la unidad de barrio. En resumen, todos los casos seleccionados tienen una relación directa de menos de 1 km (tabla 2), con bosques protegidos de la ciudad o remanentes de bosques, lo cual corrobora uno de los criterios de selección de estos casos.

DISCUSIÓN

La investigación realizada permitió, en concordancia con otros estudios realizados en Ecuador (Hermida-Palacios et al., 2015) y en América Latina (Moreno & Inostroza, 2019; Paraguay MUVH, 2021) en Chile y Paraguay, respectivamente, identificar las serias falencias en cuanto a indicadores urbanos y a la relación con áreas verdes y bosques. De esta forma, se pone de manifiesto la necesidad de repensar el modelo urbano aplicado en las ciudades ecuatorianas, y en Guayaquil en particular, en busca de alternativas más sustentables que permitan elevar la calidad de vida de la población de una manera más integral.

En el presente estudio, las limitaciones encontradas se refieren al número de casos de unidades barriales analizadas, que, si bien fueron seleccionados con base en su representatividad y accesibilidad de estudio —considerando en especial la relación con el entorno circundante, especialmente bosques protegidos y remanentes de bosques—, no pretenden cubrir la diversidad de unidades barriales de la ciudad. Sin embargo, los casos analizados permitieron discernir los componentes propuestos por el estudio, en cuanto a la forma urbana, diversidad, movilidad y calidad ambiental, con sus respectivas variables e indicadores, así como el componente de relación con bosques y remanentes de bosques, como una variable de sostenibilidad que podría promover el desarrollo de futuros estudios para la construcción del índice sintético de sostenibilidad.

Una consideración especial para el estudio de los casos fue acerca de la medición de la

La mayoría de los bosques de Guayaquil, a pesar de su importancia, están siendo deforestados, principalmente debido a la expansión urbana, la minería, el comercio ilegal, los incendios forestales y la falta de planificación para la conservación de la biodiversidad. En junio de 2011, el municipio de Guayaquil designó por primera vez un remanente de 1,8 hectáreas de bosque seco tropical en Samanes I (norte de Guayaquil) como zona de conservación. El municipio nunca había recuperado remanentes de bosques tropicales secos para la conservación (El Universo, 2021). Los remanentes de bosque seco tropical que se encuentran en cerro El Paraíso, Cerro Blanco y Prosperina están degradados y amenazan constantemente con ser urbanizados o minados. Así, en 2017, el MAE cerró una cantera que cruzaba los límites de Cerro Blanco (6078 ha). El área dañada alcanzó una superficie de aproximadamente 20.000 m² (Yáñez, 2018). De igual manera, en los bordes inferiores del bosque seco se encuentran bosques de manglares amenazados por el desarrollo residencial (como es el caso analizado para Puerto Azul) y camaroneras.

equidad social y verde de los barrios, en cuanto al área de espacios recreativos y la distancia, en línea con otros estudios que promueven estos aspectos, como la regla “3-30-300”, que indica la contribución crucial de los bosques y la naturaleza para el bienestar y la salud de las personas (Konijnendijk, 2022).

Adicionalmente, con respecto al tejido urbano, la restauración y la reforestación pueden transformar parques más grandes en bosques urbanos que brindarían un hábitat para aves y otras especies, al mismo tiempo que aumentarían las superficies porosas para la reducción de inundaciones y la gestión de aguas pluviales.

Por otra parte, en relación con la implementación de instrumentos de captura de valor del suelo para el financiamiento de infraestructura verde resiliente, en línea con otros estudios (Grafakos et al., 2019), esta es casi nula o insuficiente. Existen limitaciones administrativas, técnicas y políticas al respecto. Sin embargo, algunos instrumentos ya utilizados en el PDOT del municipio de Guayaquil, tales como los incentivos de edificabilidad por espacio libre permeable, pudieran ser más efectivos que los impuestos o contribuciones por mejoras para financiar resiliencia urbana, algo similar con otros estudios (Grafakos et al., 2019).

Adicionalmente, se requieren operaciones de restauración primaria para reparar la pérdida y fragmentación del hábitat de los bosques. De esta forma, con el tiempo, se puede crear una conexión significativa para vincular mosaicos

de ecosistemas bien conservados agregando corredores verdes a lo largo de las orillas del agua para los manglares, y conectarlos con el bosque tropical seco. Además, se sugiere limitar la transferencia de tierras agrícolas para urbanizarlas, lo que beneficiaría las áreas donde se pueden conservar secciones de los bosques remanentes, como en el caso del bosque de Cerro Blanco. Así, para el bosque tropical seco, será necesario implementar estrategias de reforestación para restaurar la composición de las comunidades vegetales, que son características de este ecosistema, considerando que este bosque es de crecimiento lento, a diferencia del manglar (Molina et al., 2015).

Finalmente, en un plazo que fomente la recolonización de pequeños parches de bosques cercanos a ecosistemas bien conservados en

las áreas mencionadas, existe una mayor probabilidad de supervivencia si estos se integran como espacios recreativos para la comunidad. Esta integración de parches mejoraría la relación del ciudadano con los remanentes en buen estado de conservación. Además, estos lugares pueden convertirse en oportunidades para el turismo ecológico, la educación y la investigación, mejorando así la calidad de vida y el bienestar general. Por lo tanto, al planificar Guayaquil, es importante considerar la selección de estos parches para su conservación, así como la creación de corredores verdes que conecten los fragmentos cercanos a áreas urbanizadas. Además, se sugiere utilizar estos espacios como superficies permeables para reducir el riesgo de inundaciones y la vulnerabilidad (Darmstadt et al., 1996; Marcus et al., 2019).

CONCLUSIONES

Esta investigación describe los desafíos de sostenibilidad relacionados con la planificación urbana metropolitana de Guayaquil. En este territorio es fundamental proteger los bosques existentes, y se requieren políticas urbanas que consideren los temas sociales y ambientales en los planes de la ciudad. De igual manera, las actividades mineras deben ser reguladas o canceladas para reducir los impactos ecológicos. Por lo tanto, sería beneficioso restaurar la tierra que ha sido degradada. En esa misma línea, la infraestructura, como nuevas carreteras o túneles, debe contemplar la perturbación cero de parches más grandes de ecosistemas bien conservados, para reducir la pérdida de hábitat y asegurar dinámicas de la metapoblación.

Los resultados de esta investigación permiten inferir los desafíos ambientales de la ciudad de Guayaquil y se podría usar la metodología propuesta para ciudades con problemáticas similares, considerando las diferencias en contexto y climas. Estos resultados serán, a su vez, utilizados en una extensión del presente proyecto de investigación y para futuros estudios con respecto a la variable de relación con bosques circundantes y para la construcción del índice de sostenibilidad para el planteamiento de medidas de mitigación, remediación y mejoramiento del medio ambiente urbano y la ecología circundante.

La planificación a escala de ciudad y de barrio tiene numerosos desafíos y debe incluir la restauración de vínculos con los bosques protegidos y los sistemas ecológicos cercanos, como el bosque tropical seco y los manglares, además de la creación de planes de manejo que ayuden a preservar y restaurar estos vínculos.

En suma, en cuanto a la protección y restauración forestal, las expectativas, debido a las deficiencias técnicas y administrativas por la falta de un plan de manejo y control municipal, no son optimistas. Los bosques de Guayaquil aún no son vistos como capital natural o áreas para ser capitalizadas por sus servicios ecosistémicos. Es necesario, por tanto, realizar más investigaciones para comprender los efectos del proceso de deforestación y mejores planes de mitigación para restaurar estas áreas naturales.

La propuesta de recuperación del valor de la tierra como mecanismo de financiamiento de infraestructura verde es un factor que podría impactar positivamente en el desarrollo urbano sostenible de Guayaquil, a pesar de las limitaciones mencionadas. Sin embargo, el presente estudio permite identificar variables esenciales a escala de barrio, como forma urbana, diversidad, movilidad, calidad ambiental y relación con bosques urbanos, para la definición de políticas y planes de mejoramiento de la calidad ambiental y social de Guayaquil.

REFERENCIAS

Agencia de Ecología Urbana de Barcelona (AEUB). (2008, febrero). *Plan Especial de Indicadores de Sostenibilidad Ambiental de la Actividad Urbanística de Sevilla*. Servicio Observatorio de Sostenibilidad Urbanística. <https://www.upv.es/contenidos/CAMUNISO/info/U0681581.pdf>

- Agencia de Ecología Urbana de Barcelona (AEUB). (2022). *Sistema de indicadores y condicionantes para ciudades grandes y medianas*. Red de redes de Desarrollo Local Sostenible AL21. <https://www.upv.es/contenidos/CAMUNISO/info/U0722854.pdf>
- Alcaldía de Guayaquil. (2021). *Plan de ordenamiento territorial, uso y gestión del suelo (PDOT)*.
- Alencastro, A. (2019, 3 de abril). *La vía a la costa y la explotación de canteras: Pasado, Presente y Futuro* [blog]. <https://arnoldoalencastro.wordpress.com/2019/04/03/la-via-a-la-costa-y-la-explotacion-de-canteras-pasado-presente-y-futuro/>
- Alongi, D. (2012). Carbon sequestration in mangrove forests. *Carbon Management*, 3(3), 313-322. <https://doi.org/10.4155/cmt.12.20>
- Andrade, X. (2007). "More City", less citizenship: Urban renovation and the annihilation of public space. En *Urban regeneration and revitalization in the Americas*. Flacso, Woodrow Wilson International Centre for Scholars. https://www.flacsoandes.edu.ec/sites/default/files/%25f/ agora/files/FA-AGORA-2007-Carrion_0.pdf
- Benedict, M. A., & McMahon, E. T. (2006). *Green Infrastructure: Linking Landscapes and Communities*. Island Press.
- Brugmann, J. (2011). *Financing the resilient city: A demand-driven approach to development, disaster risk reduction and climate adaptation*. ICLEI.
- Burbano, P. (2022). *Interfaz gráfica de monitoreo de la calidad del aire en un sector residencial de Guayaquil*. Caso Ceibos Norte [Tesis de titulación]. Universidad Católica Santiago de Guayaquil. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/18427/1/T-UCSG-PRE-ING-CIC-13.pdf>
- Burel, F., & Baudry, J. (2003). *Landscape ecology: concepts, methods, and applications*. Science Publishers, Inc. <https://doi.org/10.1201/9781439844175>
- Calero, L., Calero, M., & Andrade M. (2017). Indicador ambiental-acústico en la calidad de la vida urbana de Guayaquil. *Yachana*, 6(3), 93-100. https://www.researchgate.net/publication/332543837_INDICADOR_AMBIENTAL-ACUSTICO_EN_LA_CALIDAD_DE_VIDA_URBANA_DE_GUAYAQUIL
- Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos (CLIRSEN). (2011). *Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional*. Esc: 1: 25000. Evaluación de tierras por su capacidad de uso. Guayaquil Cantón.
- Corporación Andina de Fomento (CAF). (2018). *Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en Guayaquil*. <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/1276>
- Darmstadt, W., Olson, J., & Forman, R. (1996). *Landscape ecology principles in landscape architecture and Land-use planning*. Harvard University Graduate School of Design and the American Society of Landscape Architects, Island Press.
- Delgado, A. (2013). Guayaquil. *Cities*, 31, 515-532. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2011.11.001>
- Delgado, A. (2016). El desarrollo de viviendas de interés social y la movilización de plusvalías en el centro de Guayaquil. ¿Restricción u oportunidad? *Revista de Urbanismo-Chile*, 35. <https://doi.org/10.5354/0717-5051.2016.42170>
- Delgado, A. (2019). *Guayaquil. Pasado, presente y futuro*. Editorial UEES.
- Delgado, A. (2021). *Evaluación de la forma urbana y su influencia en la sostenibilidad y el bienestar social residencial*. Reporte de proyecto. Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad de Guayaquil.
- Demuzere, M., Orru, K., Heidrich, O., Olazábal, E., Geneletti, D., Orru, H., Bhave, A.G., Mittal, N., Feliu, E., & Faehnle, M. (2014). Mitigating and adapting to climate change: Multi-functional and multi-scale assessment of green urban infrastructure. *Journal of Environmental Management*, 146, 107-115. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.07.025>
- Ding, X. H., Zhang, S. X., Zhong, W. Z., & Jiang, Y. (2012). A novel indicator for assessing the spatial sustainability of cities in developing countries - A case study of Xi'an City. *Advanced Materials Research*, 616-618, 1335-1342. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.616-618.1335>

- Ecuador Forestal. (2010, 25 de julio). *El bosque de manglar, presente desde las entrañas de Guayaquil*. <https://ecuadorforestal.org/noticias-y-eventos/el-bosque-de-manglar-presente-desde-las-entrañas-de-guayaquil/>
- El Universo*. (2020, 5 de noviembre). Guayaquil tendrá mapa de ruido en diciembre; médico sugiere quitar pitos a buses urbanos y prohibir venta de altoparlantes. <https://www.eluniverso.com/guayaquil/2020/10/30/nota/8033047/zonas-guayaquil-contaminacion-acustica-ruido/>
- El Universo*. (2021, 7 de julio). En Guayaquil declaran área protegida al bosque seco de Samanes 1. <https://www.eluniverso.com/guayaquil/comunidad/en-guayaquil-declaran-como-area-protegida-al-bosque-seco-de-samanes-1-nota/>
- Escobar, L. (2006). Indicadores sintéticos de calidad ambiental. Un modelo general para grandes zonas urbanas. *Eure XXXII*, 96, 73-98.
- Félix, F. (2014). *Aves del bosque protector cerro el Paraíso*. https://www.researchgate.net/publication/281286551_Aves_del_Bosque_Protector_Cerro_el_Paraiso#fullTextFileContent
- Furtado, F., & Acosta, C. (2012). *Land value capture in Brasil, Colombia, and other countries of Latin America*. Lincoln Institute of Land Policy.
- García, R., & Seguel, L. (2019). Sostenibilidad urbana: análisis a escala barrial de la ciudad de Temuco-Chile. *Arquitectura Revista*, 15(1), 103-116. <https://doi.org/10.4013/arq.2019.151.06>
- Gómez-Baggethun, E., & Barton, D. (2013). Classifying and valuing ecosystem services for urban planning. *Ecological Economics*, 86, 235-245. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2012.08.019>
- Grafakos, S., Tsatou, A., López, A., & Summers, B. (2019). *Exploring the use of land value capture instruments for green resilient infrastructure benefits: A framework applied in Cali, Colombia*. Working Paper. WP19SG1.
- Hallegate, S., & Morlot J. C. (2013). Future flood losses in major coastal cities. *Nature Climate Change*, 3, 802-806.
- Hermida-Palacios, M., Cabrera, N., Orellana-Vintimilla, D., & Osorio-Guerrero, P. (2015). Evaluando la sustentabilidad de la densificación urbana. Indicadores para el caso de Cuenca-Ecuador. *Bitácora*, 25(2), 21-34. <https://doi.org/10.15446/bitacora.v2n25.49014>
- Hernández, A. (2009). Calidad de vida y medio ambiente urbano. Indicadores locales de sostenibilidad y calidad de vida urbana. *Revista Invi*, 65(24), 79-111. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-83582009000100003>
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) Ecuador. (2010). *Censo Nacional de Población*.
- Kennedy, C., Stewart, J., Ibrahim, N., & Facchini, A. (2014). Developing a multi-layered indicator set for urban metabolism studies in megacities. *Ecological Indicators*, 47, 7-15. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.07.039>
- Konijnendijk, C. (2022). Evidence based guidelines for greener, healthier, more resilient neighbourhoods: Introducing the 3-30-300 rule. *Journal of Forestry Research*, 34, 821-830. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11676-022-01523-z>
- López Bernal, O. (2008). *La sustentabilidad urbana: una aproximación a la gestión ambiental de la ciudad*. Programa Editorial Universidad del Valle.
- Marcus, L., Pont, M. B., & Barthel, S. (2019). Towards a socio-ecological spatial morphology: integrating elements of urban morphology and landscape ecology. *Urban Morphology*, 23(2), 115-124. <https://doi.org/10.51347/jum.v23i2.4084>
- Madison, C., & Kovari, J. (2013). *Impact of green infrastructure on property values within the Milwaukee Metropolitan sewerage district planning area. Case Studies*. The University of Wisconsin-Milwaukee Center for Economic Development.
- Málaga. (2010). *Indicadores de Sostenibilidad 2010*. Observatorio de Ambiente Urbano, UMARU.
- Ministerio de Ambiente del Ecuador (MAE). (2015). *Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador*. <http://areasprotegidas.ambiente.gob.ec/>

- Ministerio de Ambiente del Ecuador (MAE). (2020). *Norma de Calidad de Aire Ambiente o Nivel de Inmisión Libro VI Anexo 4*.
- Molina-Moreira, N., Lavayen-Tamayo, J., & Fabara-Suárez, M. (2015). *Árboles de Guayaquil*. Universidad Espíritu Santo.
- Moreno, R., & Inostroza, L. (2019). Sostenibilidad urbana: Análisis a escala barrial en la ciudad de Temuco, Chile. *Arquitectura Revista*, 15(1), 103-116. <https://doi.org/10.4013/arq.2019.151.06>
- Opdam, P., Steingrover, E., & Rooij, S. (2006). Ecological networks: A spatial concept for multi-actor planning of sustainable landscapes. *Landscape and Urban Planning*, 75, 322-332. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2005.02.015>
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (1999). *Guía para el ruido urbano*. Stockholm University-Karolinska Institute.
- Palacios, C., González, V., Dick, S., & Coello, M. (2017). La forma espacial de la isla de calor en Guayaquil. *Revista Investigation*. <https://doi.org/10.31095/investigation.2017.9.6>
- Palme, M., Lobato, A., & Carrasco, C. (2016). *Global warming and urban heat island in South-America: Estimating the impact on the thermal demand of residential buildings in the Pacific coastal cities by simulation studies in Chile, Peru, and Ecuador*. International Conference on Passive and Low Energy Architecture Cities.
- Paraguay, Ministerio de Urbanismo, Vivienda y Hábitat (MUVH). (2021). *Manual de Infraestructura Verde Urbana*. <https://www.muvh.gov.py/infraestructura-verde-urbana>
- Presidencia de la República de Ecuador (2015). *Código orgánico de organización territorial, autonomía y descentralización (COOTAD)*. https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_org.pdf
- República del Ecuador, Asamblea Nacional. (2016). *Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial Uso y Gestión del Suelo (LOOTUGS)*.
- Rueda, S. (2008). *Plan especial de indicadores de sustentabilidad ambiental de la actividad urbanística de Sevilla*. <https://www.upv.es/contenidos/CAMUNISO/info/U0681581.pdf>
- Sánchez, P., & Zamora, G. (2020). *Guayaquil: La ficción de un éxito. El impacto de la pandemia COVID 19 en el desarrollo inequitativo de las ciudades en desarrollo*. <https://saludyderechos.fundaciondonum.org/wp-content/uploads/2020/12/LA-FICCION-DE-UN-EXITO.pdf>
- Santana, C. (2015). Guayaquil, ciudad de soportales: Una reflexión acerca de su Importancia y uso actual. *Revista de Turismo y Patrimonio Cultural Pasos*, 13(3), 681-696. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=88136217003>
- Smolka, M. (2013). *Implementing value capture in Latin America: Policies and tools for urban development*. Policy Focus Report. Lincoln Institute for Land Policy.
- Stanley, K. (2021). *Manual de infraestructura urbana*. Proyecto financiado por el Municipio de Asunción, Paraguay.
- Thorpe, N., Hargreaves, A., Mitchell, G., Namdeo, A., Wright, S., Brake, J., & Nelson, J. (2009). *Spatial development and the sustainability of urban areas*. 14th Hong Kong Society for Transport Studies International Conference: Transportation and Geography. Hong Kong, China.
- Tiepolo, M. (2007). El barrio marginado. Regularización en Guayaquil-Ecuador. *Working Paper No. 27*. Politécnico de Torino.
- Turner, M., & Gardner, R. (2015). *Landscape ecology in theory and practice: pattern and process*. Springer. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4939-2794-4>
- Tzoulas, K., Korpela, K., Venn, S., Yli-Pelkonen, V., Kazmierczak, A., Niemela, J., & Philip J. (2007). Promoting ecosystem and human health in urban areas using green infrastructure: A literature review. *Landscape and Urban Planning*, 81(3), 167-178. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2007.02.001>

- Verrewaere, S., & Wellens, E. (2010). *Water urbanisms, upgrading invasions settlements in the estuary of Guayaquil-Ecuador* [Tesis de maestría]. ASRO Department. KU. Leuven, Bélgica.
- Wong, C. (2015). A framework for city prosperity index. Linking indicators, analysis and policy. *Habitat International*, 45, 3-9. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2014.06.018>
- Yáñez, C. (2018,18 de abril). *Cerro Blanco: el bosque seco más grande de Guayaquil en peligro por la tala ilegal y por proyecto de infraestructura*. <https://es.mongabay.com/2017/04/cerro-blanco-bosque-seco-mas-grande-guayaquil-peligro-la-tala-ilegal-proyecto-infraestructura/>

