

# Avances de infraestructura verde urbana para la gestión de agua en América Latina

Jochen Hack<sup>a</sup> Lina Ojeda-Revah<sup>s</sup> Maria Pérez Rubí<sup>†</sup> Gonzalo Pradilla<sup>‡</sup> Mercy Borbor-Cordova<sup>ℓ</sup> Gabriel Burgueño<sup>Ω</sup> Ana Alice Eleuterio<sup>Π</sup> Daniela Rivera<sup>Δ</sup> Alexis Vásquez<sup>£</sup> 

## Resumen

La urbanización en América Latina ha avanzado con poca planificación, resultando en problemas socioecológicos, como inundaciones y contaminación de recursos hídricos. La infraestructura verde es un concepto reciente para responder a estos problemas. El concepto es atractivo porque propone soluciones multifuncionales y mejorar la conectividad a diferentes escalas espaciales. Sin embargo, su implementación en América Latina se encuentra aún en fase inicial con escasa documentación. Debido a su carácter multifuncional y multiescalar, su exitosa implementación requiere de procesos transformativos en diversos ámbitos. Este estudio analiza avances en estos ámbitos aplicando cinco dimensiones de transformación: entorno facilitador, institucional, gestión e instrumentos, implementación y operación, y monitoreo y evaluación. El análisis de diez ejemplos de promoción e implementación de infraestructura verde en ocho países de Latinoamérica muestra que hay menos avances en la provisión de financiamiento y en el monitoreo/evaluación, mientras que avances en la gestión e instrumentos y en la implementación/operación son frecuentemente reportados. El liderazgo y la voluntad política han sido factores claves para los avances. La caracterización general y la documentación basada en ejemplos de avances en diferentes regiones de América Latina contribuyen a informar y guiar la futura promoción e implementación de infraestructura verde.

**Palabras clave:** América Latina, barrera, infraestructura verde, multifuncional, soluciones basadas en la naturaleza.

**Ideas destacadas:** artículo de revisión que analiza la implementación del concepto de infraestructura verde en América Latina de manera multidimensional. Se presentan ejemplos a diferentes escalas, con distintos promotores y ámbitos: políticos, legales e institucionales, así como de gestión, implementación, operación y evaluación. Se derivan aprendizajes y conclusiones útiles para replicar dichos avances en otros contextos.



RECIBIDO: 1 DE ABRIL DE 2022. | EVALUADO: 5 DE AGOSTO DE 2022. | ACEPTADO: 8 DE MARZO DE 2023.

## CÓMO CITAR ESTE ARTÍCULO

Hack, Jochen; Ojeda-Revah, Lina; Pérez Rubí, Maria; Pradilla, Gonzalo; Borbor-Cordova, Mercy; Burgueño, Gabriel; Eleuterio, Ana Alice; Rivera, Daniela; Vásquez, Alexis. 2024. "Avances de infraestructura verde urbana para la gestión de agua en América Latina". *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía* 33 (1): 139-160. <https://doi.org/10.15446/rcdg.v33n1.101947>.

<sup>a</sup> Universidad de Hannover, Hannover – Alemania. ✉ [hack@umwelt.uni-hannover.de](mailto:hack@umwelt.uni-hannover.de) – ORCID: 0000-0002-8060-7990.

<sup>s</sup> El Colegio de la Frontera Norte, Tijuana – México. ✉ [lojeda@colef.mx](mailto:lojeda@colef.mx) – ORCID: 0000-0001-6006-8128.

<sup>†</sup> Universidad de Hannover, Hannover – Alemania. ✉ [ma.perezrubi@gmail.com](mailto:ma.perezrubi@gmail.com) – ORCID: 0000-0003-2533-8027.

<sup>‡</sup> Universidad de Hannover, Hannover – Alemania. ✉ [gpradillav@gmail.com](mailto:gpradillav@gmail.com) – ORCID: 0000-0002-7231-0193.

<sup>ℓ</sup> Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil – Ecuador. ✉ [meborbor@espol.edu.ec](mailto:meborbor@espol.edu.ec) – ORCID: 0000-0002-7418-141X.

<sup>Ω</sup> Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires – Argentina. ✉ [gabrielburgue@yahoo.com.ar](mailto:gabrielburgue@yahoo.com.ar) – ORCID: 0009-0000-0664-1325.

<sup>Π</sup> Universidade Federal da Integração Latino-Americana, Foz do Iguaçu – Brasil. ✉ [ana.eleuterio@unila.edu.br](mailto:ana.eleuterio@unila.edu.br) – ORCID: 0000-0003-0197-3827.

<sup>Δ</sup> Municipalidad de Curridabat, Curridabat – Costa Rica. ✉ [waterconsultingcr@gmail.com](mailto:waterconsultingcr@gmail.com) – ORCID: 0009-0003-8975-5564.

<sup>£</sup> Universidad de Chile, Santiago – Chile. ✉ [alexvasq@u.uchile.cl](mailto:alexvasq@u.uchile.cl) – ORCID: 0000-0002-3869-3071.

✉ Correspondencia: Jochen Hack, Instituto de Planificación Ambiental, Universidad de Hannover, Alemania.

## Progress in Urban green Infrastructure for Water Management in Latin America

### Abstract

Urbanization in Latin America became very advanced, nonetheless its poor planning has resulted in significant socio-ecological problems as flooding, environmental pollution, and contamination of water sources. Green infrastructure is a recent concept to respond specifically to these problems. The concept is attractive because it proposes multifunctional solutions and improvements in connectivity of different spatial scales. However, in Latin America it is still in an initial phase with little documentation. Due to its multifunctional and multi-scale nature, its successful implementation requires transformative processes in several areas. This study analyzes progress in these areas by applying five dimensions of transformation: enabling environment, institutional, management and instruments, implementation and operation, monitoring and evaluation. The analysis of ten examples of green infrastructure promotion and implementation in eight Latin America countries shows in general less progress in the provision of financing and in monitoring/evaluation while in management and instruments, and implementation/operation progress is reported in almost all cases. Leadership and political will have been key factors for this progress. The general characterization and documentation based on examples of progress in different regions of Latin America serves to inform and guide future green infrastructure promotion and implementation.

**Keywords:** Latin America, barrier, green infrastructure, multifunctional, nature-based solutions.

**Highlights:** research article that analyzes the implementation of the concept of green infrastructure in Latin America in a multidimensional way. Green infrastructure examples are presented at different scales, with different promoters and spheres, political, legal and institutional, as well as management, implementation, operation, and evaluation. Useful attainments and conclusions are derived to replicate this progress in other contexts.

## Avanços na infraestrutura verde urbana para gestão da água na América Latina

### Resumo

A urbanização na América Latina avançou com pouco planejamento, o que resultou em problemas socioecológicos, como inundações e contaminação dos recursos hídricos. A infraestrutura verde é um conceito recente para responder especificamente a esses problemas. O conceito é atrativo porque propõe soluções multifuncionais e melhorias na conectividade de diferentes escalas espaciais. No entanto, em América Latina ainda está em fase inicial com pouca documentação. Devido à sua natureza multifuncional e multiescala, sua implementação bem-sucedida requer processos transformadores em diversas áreas. Neste estudo analisa-se o progresso nessas áreas aplicando cinco dimensões de transformação: ambiente favorável, institucional, gestão e instrumentos, implementação e operação, monitoramento e avaliação. A análise de dez exemplos de promoção e implementação de infraestrutura verde em oito países da América Latina mostra, em geral, menos progresso na provisão de financiamento e no monitoramento/avaliação, nas dimensões de gestão e instrumentos e da implementação/operação o progresso é relatado em quase todos os casos. A liderança e a vontade política foram fatores-chave para esse progresso. A caracterização geral e a documentação baseada em exemplos de progresso em diferentes regiões da América Latina servem para informar e orientar a futura promoção e implementação de infraestrutura verde.

**Palavras-chave:** América Latina, barreira, infraestrutura verde, multifuncional, soluções baseadas na natureza.

**Ideias destacadas:** artigo de pesquisa sobre a implementação do conceito de infraestrutura verde na América Latina. Analisa-se de forma multidimensional e são apresentados exemplos em diferentes escalas, com diferentes promotores e esferas, políticas, jurídicas e institucionais, assim como de gestão, implementação, operação e avaliação. Aprendizagem e conclusões úteis são derivadas para replicar esses avanços em outros contextos.

## Introducción

En las últimas décadas se han desarrollado distintos conceptos que buscan crear sinergias entre el desarrollo socioeconómico (bienestar humano) y la protección de ecosistemas y biodiversidad (Nesshöver et ál. 2017). Mientras que en conceptos como el de servicios ambientales o ecosistémicos se ha hecho énfasis en el reconocimiento, la comunicación del valor y la contribución de los ecosistemas al bienestar humano (Guerry et ál. 2015), el concepto más reciente de soluciones basadas en la naturaleza (SbN) se enfoca en la aplicación de procesos y estructuras naturales para reconciliar el desarrollo socioeconómico con la conservación del medio ambiente (Nesshöver et ál. 2017). Las SbN son “acciones dirigidas a proteger, gestionar y restaurar de manera sostenible ecosistemas naturales o modificados, que hacen frente a retos de la sociedad de forma efectiva y adaptable, proporcionando simultáneamente bienestar humano y beneficios de la biodiversidad” (Cohen-Shacham et ál. 2016). Las SbN son un término paraguas que incluye otros conceptos como el de infraestructura verde (IV). La IV se caracteriza por ser una red conformada por los espacios naturales, seminaturales y artificiales que sostienen los procesos ecológicos en un territorio y garantizan la calidad de vida de las personas y las comunidades (Benedict y McMahon 2002). Se caracteriza también por su papel multifuncional y de interconexión entre hábitats; y por planificarse estratégicamente con características ambientales diseñadas y manejadas para ofrecer una amplia gama de servicios ecosistémicos (Cohen-Shacham et ál. 2016). La IV se ha promovido en EE.UU. y Europa a través de políticas, guías y diversas formas de implementación. En estas regiones se ha avanzado en el desarrollo de conceptos tecnológicos-económicos, modelación y estándares de implementación para la gestión del agua en contextos urbanos, por ejemplo, el concepto “desarrollo urbano de bajo impacto” (LID, por sus siglas en inglés) y Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS) en el Reino Unido (Fletcher et ál. 2015).

Aunque en América Latina hay experiencias con enfoques como la adaptación basada en ecosistemas, el pago por servicios ambientales y los fondos de agua, el concepto de IV apenas está llegando a las agendas políticas y aún son pocos los casos documentados (Vásquez et ál. 2019; Pauleit et ál. 2019). Además, los conceptos antes mencionados se han concentrado en áreas no urbanas (Guerry et ál. 2015). Con su alto grado de urbanización y sus deficiencias en el desarrollo urbano planificado,

muchas ciudades en Latinoamérica carecen de suficientes espacios verdes y sufren de problemas ambientales (Rigolon et ál. 2018). Por ello, la implementación de IV es prometedora.

Este estudio presenta y sistematiza avances en la promoción e implementación de IV para la gestión de agua en áreas urbanas en Latinoamérica, basándose en una revisión de literatura y casos de IV identificados por los autores tras una búsqueda sistemática. Se presentan ejemplos con distintos promotores y a diferentes escalas, que representan avances en los ámbitos políticos, legales e institucionales, así como de gestión, implementación, operación y evaluación. Asimismo, este estudio tiene por objetivo derivar aprendizajes y conclusiones útiles para replicar dichos avances en otros lugares y contextos.

## Problemática y estado del arte

En los últimos años, las investigaciones sobre infraestructura verde en América Latina se han ocupado principalmente de evaluar cuantitativamente la estructura espacial de las ciudades (por ejemplo, cambios y tendencias en el uso del suelo), la provisión de servicios ecosistémicos y las propuestas sobre cómo integrar los espacios naturales en la planificación urbana (por ejemplo, normativas de protección de ecosistemas urbanos). Sin embargo, se ha investigado poco sobre la gestión, monitoreo y gobernanza de la IV (Breen et ál. 2020; Pauleit et ál. 2019) y los arreglos institucionales adoptados para su implementación se han explorado escasamente (Mendes et ál. 2020). Así mismo, el potencial de la sociedad civil o la academia para contribuir al debate y la agenda de la IV y su rol como agentes de cambio no se han investigado lo suficiente (Pauleit et ál. 2021).

Aunque el número de iniciativas y proyectos de IV viene aumentando, la información sobre su estado actual, actores involucrados y grado de éxito es muy limitada, lo que ha contribuido a que el desarrollo de la IV en la región se haya dado de forma fragmentada. Como lo destacan Kabisch et ál. (2017), sigue faltando una base conceptual compartida para las zonas urbanas, e información sobre sus impulsores, logros y limitaciones encontradas para su implementación.

La metodología empleada busca analizar la implementación del concepto de IV en Latinoamérica de manera multidimensional, incluyendo entre otros, el contexto normativo e institucional, la escala de implementación y operación, el monitoreo, y los actores involucrados, con el fin de construir una base de conocimientos estructurada

y reflejar impulsores y limitaciones de la implementación basada en ejemplos de casos.

Metodología

La aplicación del concepto de infraestructura verde en áreas urbanas representa un cambio de paradigma en la planificación y el desarrollo de las ciudades. La transición de soluciones tradicionalmente grises hacia soluciones verdes, basadas en la naturaleza, o híbridas, resulta en la necesidad de crear o adaptar políticas adecuadas; también de asignar nuevas responsabilidades, capacitar instituciones y al personal de forma integral (por ejemplo, en conocimientos de ingeniería y ecología) e intersectorial, desarrollar planes e instrumentos y diseñar, implementar y evaluar soluciones en su aplicación. Por tanto, implementar IV para la gestión del agua en áreas urbanas requiere procesos transformativos.

La metodología para analizar y documentar avances en la promoción e implementación de IV en Latinoamérica

empleada en este estudio conceptualiza los procesos transformativos necesarios en distintos ámbitos que hemos agrupado en cinco dimensiones con por lo menos un indicador por cada una: (i) entorno facilitador, (ii) institucional, (iii) gestión e instrumentos, (iv) implementación y operación, y (v) monitoreo y evaluación (Tabla 1).

Se basó en el enfoque de Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH) de la Global Water Partnership (GWP 2000), que tiene tres pilares fundamentales: entorno facilitador, arreglos institucionales e instrumentos de gestión. Esta metodología, que se ha plasmado exitosamente en marcos legales, políticas nacionales, e instrumentos de gestión, se adaptó y combinó con el concepto de Sistemas de Infraestructura Acoplada (CIS, por sus siglas en inglés) de Zuniga-Teran et ál. (2020), que considera a las ciudades como sistemas socioecológicos. Esta integración permite evaluar la IV desde múltiples dimensiones de transformación: (i) infraestructuras políticas, (ii) infraestructuras construidas, (iii) infraestructuras naturales y (iv) aspectos sociales (Tabla 1).

Tabla 1. Dimensiones de transformación e indicadores utilizados para analizar avances en la promoción e implementación de infraestructuras verdes en América Latina

Dimensión	Indicadores	Ejemplos de avances
Entorno facilitador	Políticas	Reglamentación de tecnologías alternativas (IV) en obras públicas. Obligación para nuevos edificios y urbanizaciones de incluir techos y espacios verdes Cosecha de aguas pluviales y reciclaje de aguas grises en códigos de construcción. Integración de la IV en planes de transporte y diseño de calles. Ajustes de gobernanza para apoyar un enfoque más descentralizado y participativo para promover la IV.
	Financiamiento	Impuestos a superficies impermeables Subvenciones a cosecha de agua de lluvia, techos verdes.
Institucional	Desarrollo/fortalecimiento de capacidades.	Capacitación en IV Desarrollo de guías, manuales.
	Instituciones responsables de regulación y aplicación de IV.	Establecimiento de nuevas instituciones o asignar responsabilidades a aquellas existentes para regular y aplicar IV.
	Instituciones responsables de coordinación y facilitación de IV.	Establecimiento de nuevas instituciones o asignación de responsabilidades a aquellas existentes para coordinar y facilitar la implementación de IV.
Gestión e instrumentos	Infraestructuras “blandas”.	Inclusión de IV en planes de acción, ordenamiento, adaptación y mitigación del cambio climático, y participación



Implementación y operación	Desempeño de sistemas de ingeniería.	Mejoras en la resiliencia y el desempeño (climático, ecológico y económico) de infraestructura construida a través de IV.
	Conectividad ecológica/social.	Aumento de conectividad entre parches de hábitat (parques y reservas naturales) reduciendo su aislamiento y fragmentación. Provisión de múltiples servicios ecosistémicos que mejoran la calidad de vida. Conectividad a diversas escalas.
	Resiliencia social/comunitaria.	Contribución a la reducción de vulnerabilidades sociales preexistentes: Delincuencia y violencia Actividad física y salud pública. Creación de capital social y cohesión. Equidad de acceso y beneficio.
Monitoreo y evaluación	Comprobación de funcionamiento.	Sistemas de monitoreo y medición para evaluar y demostrar el funcionamiento de IV.

Fuente: adaptada de Zuniga-Teran et ál. (2020).

Nota: basada en los “Tres pilares” de la Caja de Herramientas de la GWP para la GIRH; adaptada con el concepto de Sistemas de Infraestructura Acoplada.

La metodología consistió en dos etapas. Primero se hizo una búsqueda abierta en Internet y revisión de literatura científica y gris, para identificar proyectos de promoción e implementación de IV para la gestión o tratamiento del agua en áreas urbanas en América Latina. Se identificaron veintinueve proyectos o iniciativas (Anexo 1). Posteriormente se envió una encuesta en línea a los responsables, ejecutores, o autores de las iniciativas identificadas. No obstante, la tasa de respuesta fue baja.

Por ello, en la segunda fase se optó por conformar un grupo de expertos con representantes de países destacados por sus avances en IV, identificados en la primera fase. Este grupo de expertos realizó la selección final de casos para el análisis. Se seleccionaron diez ejemplos en ocho países, que incluyeron proyectos, programas o políticas a nivel nacional, municipal o local en Latinoamérica (Tabla 2).

**Tabla 2.** Ejemplos seleccionados para analizar los avances en la promoción e implementación de infraestructuras verdes para la gestión de aguas en áreas urbanas de América Latina

Nombre del ejemplo y su fuente preliminar	Lugar	Promotor principal	Tipo de IV	Nivel de impacto
Estructura ecológica principal <a href="http://reporte.humboldt.org.co/biodiversidad/2019/cap4/404/#seccion1">http://reporte.humboldt.org.co/biodiversidad/2019/cap4/404/#seccion1</a>	Colombia	Gobierno nacional	Múltiples	Nacional/municipal
Plan de Infraestructura Verde <a href="https://sedema.cdmx.gob.mx/programas/programa/infraestructura-verde">https://sedema.cdmx.gob.mx/programas/programa/infraestructura-verde</a>	Ciudad de México, México	Gobierno subnacional/estatal	Áreas verdes urbanas, recuperación integral de cuerpos de agua y otros.	Estatat
Plan estratégico municipal “Experiencia de Gota de Agua” <a href="https://www.curridabat.go.cr/wp-content/uploads/2021/01/Plan-Estrat%C3%A9gico-Municipal-2018-2022.pdf">https://www.curridabat.go.cr/wp-content/uploads/2021/01/Plan-Estrat%C3%A9gico-Municipal-2018-2022.pdf</a>	Curridabat, Costa Rica	Gobierno municipal	Múltiples	Municipal
Regeneración urbana y restauración ecológica <a href="https://www.guayaquilsgloxxi.org/">https://www.guayaquilsgloxxi.org/</a>	Guayaquil, Ecuador	Gobierno municipal	Recuperación del espacio público y restauración del manglar en riberas del estuario.	Municipal

Paseo del Bajo <a href="https://buenosaires.gob.ar/desarrollourbano/desarrollo/paseo-del-bajo">https://buenosaires.gob.ar/desarrollourbano/desarrollo/paseo-del-bajo</a>	Buenos Aires, Argentina	Gobierno municipal	Parque lineal público	Municipal
Santiago+ Infraestructura Verde <a href="https://infraestructuraverdesantiago.cl/">https://infraestructuraverdesantiago.cl/</a>	Santiago, Chile	Academia/Gobierno regional	Múltiples	Municipal/regional
Proyecto de investigación SEE-URBAN-WATER <a href="https://www.see-urban-water.uni-hannover.de/en/">https://www.see-urban-water.uni-hannover.de/en/</a>	Heredia, Costa Rica	Academia	Biofiltros, franjas y áreas de infiltración	Nivel local/regional
Ecoparque <a href="https://www.colef.mx/ecoparque/">https://www.colef.mx/ecoparque/</a>	Tijuana, México	Academia	Parque con sbn	Nivel local/regional
Plan Yaque <a href="https://www.planyaque.org/agua-y-saneamiento/">https://www.planyaque.org/agua-y-saneamiento/</a>	Jarabacoa, República Dominicana	Organización de la Sociedad Civil	Humedales artificiales de tratamiento	Nivel local/regional
Nuevos árboles por ahí <a href="http://novasarvovoresporai.com.br/">http://novasarvovoresporai.com.br/</a>	São Paulo, Brasil	Movimientos organizados de ciudadanos/organizaciones de la sociedad civil	Jardines de lluvia	Local

Para poder obtener información detallada, sistematizar y analizar los ejemplos se elaboró un cuestionario basado en las dimensiones de transformación (Tabla 1) y los indicadores de cada dimensión (Anexo 2). Los expertos llenaron el cuestionario para cada ejemplo con información de primera mano, especificando si representaba un avance y de qué tipo. Adicionalmente, se describen los avances más significativos en cada ejemplo.

## Resultados

Los resultados se dividen en avances generales (sí/no hay avance) y avances por dimensión; se profundiza en aquellos más significativos.

### Resultados generales

La Tabla 3 presenta los resultados del primer análisis del cuestionario. Los ejemplos se organizan según su promotor principal (primera columna). Las celdas sombreadas muestran que existe algún avance en el indicador y las “x” los avances más significativos de cada ejemplo.

De los diez ejemplos presentados, uno lo promueve gobierno nacional; uno, gobierno estatal (subnacional); cuatro, gobiernos locales; dos, en conjunto con la academia; dos, Organizaciones de la Sociedad Civil (OSC) y dos, instituciones académicas, lo que demuestra la diversidad de instituciones que impulsan la infraestructura verde.

Entre los ejemplos considerados se destaca el reporte limitado de avances en el financiamiento, el monitoreo y la evaluación de IV (menos de la mitad). Los avances en el entorno facilitador e institucional los promueven fundamentalmente actores gubernamentales, mientras que los avances en el monitoreo y la evaluación los promueven exclusivamente la academia y ciudadanos/OSC. En casi todos los ejemplos se reportan avances en la gestión e instrumentos, principalmente en los gubernamentales. Implementación y operación de IV se reporta en todos los ejemplos.

Cinco ejemplos no muestran avances en el desarrollo de políticas para la creación de un entorno facilitador; en su mayoría el promotor principal es no-gubernamental.

En el caso de la iniciativa de gobierno nacional (Colombia) y en los ejemplos promovidos por la academia faltan avances en el desarrollo/establecimiento de instituciones (infraestructuras blandas) que promuevan la adopción de IV, mientras que en los ejemplos de gobiernos municipales se reportan dichos avances.

Todos los ejemplos presentan avances en el aumento de la resiliencia social/comunitaria y la conectividad ecológica/social a través de infraestructuras verdes. Sin embargo, en pocos casos hay aumento real en la conectividad (solamente en la planificación) o lo hay únicamente a nivel local y no de paisaje, sobre todo en la conectividad ecológica.

Tabla 3. Resultado del primer análisis. Avances generales

Promotor principal	Ejemplo	Avances por indicador, con X el avance más significativo del ejemplo											
Gobierno nacional	Colombia	X							X				
Gobierno subnacional/estatal	Ciudad de México	X							X	X			
Gobierno municipal	Curridabat, Costa Rica	X											
	Guayaquil, Ecuador		X										
Academia/Gobierno regional	Santiago de Chile		X						X				
	Buenos Aires, Argentina									X			
Academia	Heredia, Costa Rica									X			X
	Tijuana, México		X							X		X	X
Ciudadanos/Organización de la Sociedad Civil	Jarabacoa, República Dominicana											X	X
	São Paulo, Brasil										X	X	
	Indicadores	Políticas	Financiamiento	Institucional			Instituciones: regulación y aplicación	Instituciones: coordinación/facilitación	Infraestructuras blandas/planes	Desempeño sistemas de ingeniería	Conectividad ecológica/ social	Resiliencia social/ comunitaria	Comprobación de funcionamiento
	Dimensión de Transformación	Entorno facilitador		Institucional			Gestión e instrumentos			Implementación y operación			Monitoreo y evaluación

Nota: las celdas sombreadas destacan los avances de cada ejemplo por indicador y la “x” representa los avances más significativos.

Resultados detallados por dimensión

Dimensión entorno facilitador

El entorno facilitador se refiere a políticas públicas que promueven procesos de restauración, manejo y conservación de ecosistemas, así como capacidades para financiar políticas, procesos de organización y colaboración, e implementación a nivel de ciudad, región o nación.

Algunos países han generado políticas nacionales con conceptos innovadores como la *Estructura Ecológica Principal* (EEP) de Colombia (Alcaldía Mayor de Bogotá 2000; Minambiente 2021), y los *Derechos de la naturaleza* en Ecuador (Serra-Llobet y Hermida 2017). Costa Rica ha desarrollado *Lineamientos de resiliencia en infraestructura pública* (MOPT, MINAE y MIVAH 2020) a nivel nacional, que coinciden con instrumentos de nivel local como los planes de ordenamiento urbano y territorial, el plan estratégico cantonal, o los programas de regeneración urbana (Asamblea Legislativa de Costa Rica 1968), con un enfoque de restauración y conservación de servicios ecosistémicos urbanos, reducción de riesgos de desastres y adaptación al cambio climático.

Un factor relevante ha sido el liderazgo municipal en el desarrollo e implementación de políticas para el manejo sostenible del agua y de ecosistemas. El municipio de Curridabat en Costa Rica desarrolló, por liderazgo del alcalde, el Plan Estratégico Municipal (PEM), basado en la mejora de las denominadas “experiencias” ambientales y de calidad de vida. En este marco, la *Experiencia Gota de Agua* incorpora el concepto de manejo responsable del agua en todo diseño urbano, ya sea desarrollado por el gobierno o privado (Municipalidad de Curridabat 2019). La Tabla 4 resume los elementos claves encontrados que muestran avances en esta dimensión, en tres de los casos analizados.

Estructura Ecológica Principal: sinónimo de infraestructura verde

Colombia incorpora en la planeación urbana estratégica el concepto de *Estructura Ecológica Principal* (EEP), una red de ecosistemas naturales y elementos seminaturales que sostienen y aseguran la integridad de la biodiversidad y la provisión de servicios ambientales en un territorio (Minambiente 2021). La EEP se incluyó por primera vez en el Plan de Ordenamiento de Bogotá en el 2000, y en 2007 fue elevada a lineamiento estratégico de planeación urbana para todas las ciudades del país.

Financiamiento innovador para la Regeneración urbana

Desde el 2000 el municipio de Guayaquil inició un proceso de varias décadas denominado *Regeneración Urbana*, con el objetivo de recuperar el espacio público en las riberas del Estero Salado y el Estuario del Guayas —un complejo de ríos y humedales costeros sobre los que se asienta la ciudad—, a través de la recuperación del manglar y la creación de parques lineales para uso recreativo y social. El municipio ha sido especialmente innovador en las estrategias de financiamiento, mediante la creación de una fundación que gestiona aportaciones público-privadas y fuentes de financiamiento de la banca multilateral, y la cooperación internacional para la generación de estudios técnicos e implementación de proyectos de IV.

Tabla 4. Cuadro resumen, elementos claves en el entorno facilitador para diseño y aplicación de infraestructura verde

Elementos claves en el entorno facilitador para diseño y aplicación de infraestructura verde	
Nivel Nacional	<p><b>Colombia</b>, <i>Estructura Ecológica Principal</i>: mediante lineamientos para implementar sBN en ciudades (Figueroa-Arango 2020) se avanza hacia la articulación de las IV entre los niveles macro (ciudad) y micro (barrios-calles-estructuras) y se traza una primera hoja de ruta para su aplicación.</p> <p><b>Ecuador</b>, <i>Derechos de la naturaleza</i> y Cambio Climático: la Constitución ecuatoriana establece que la naturaleza tiene el derecho a ser restaurada, independientemente de la compensación de las comunidades que dependen de ella (Art. 72), con lo cual es deber del Estado proteger el valor intrínseco de los ecosistemas, recuperarlos, y mitigar los impactos de su degradación (Asamblea Nacional Constituyente 2008; Ávila Santamaría 2010). Adicionalmente, el Art. 414 promueve medidas transversales para reducir el riesgo y mitigar los efectos del cambio climático, incluyendo las sBN e IV.</p>
Nivel local	<p><b>Costa Rica</b>, <i>Cantón Curridabat</i>: la planificación municipal se articula alrededor del Plan Estratégico Municipal, el Plan cantonal de adaptación al cambio climático y el concepto de “Ciudad Dulce”, basados en conceptos de IV y sBN.</p>

Dimensión institucional

En la dimensión institucional más de la mitad de los ejemplos reportan avances de desarrollo/fortalecimiento de capacidades e instituciones responsables de regulación y aplicación de IV, particularmente los gobiernos

municipales, y la mitad de los ejemplos, en el establecimiento de instituciones responsables de coordinación y facilitación.

El ejemplo de nivel nacional (Colombia) traza lineamientos obligatorios que articulan políticas sectoriales y definen instituciones responsables a nivel regional y municipal. Los de nivel local se realizan por voluntad política, articulando y coordinando políticas e instituciones por medio de planes o proyectos, con capacitación y participación ciudadana, ONGs, y a veces de organismos privados y académicos (Ciudad de México, Guayaquil, Santiago, Curridabat y Buenos Aires).

Los casos de instituciones académicas son proyectos de investigación aplicados, liderados por académicos (Tijuana y Heredia), mientras que de las Organizaciones de la Sociedad Civil (OSC), una crea jardines de lluvia en el marco de planes obligatorios de manejo de agua pluvial (São Paulo), y la otra agrupa niveles de gobierno y OSC para planificar IV a escala de cuenca (Jarabacoa).

En resumen, la mayoría de los casos los impulsan el liderazgo y voluntad política o ejecutiva que articulan diversas instituciones y disposiciones legales existentes, y promueven la capacitación.

Un ejemplo de avances en la dimensión institucional es Ecoparque (México), gestionado por el Colegio de la Frontera Norte. Ecoparque es un proyecto de vinculación académica e investigación aplicada que busca aumentar la resiliencia urbana, liderado por académicos, en coordinación con el sector privado, una OSC, estudiantes y voluntarios. Consta de cinco programas interrelacionados:

reciclaje y reúso de aguas residuales (planta depuradora), Jardín Botánico Regional (vivero para especies nativas), agricultura urbana y composta, energía solar, y educación ambiental. Se aplican dos estrategias coordinadas: (i) *Dentro del Ecoparque*: construcción de modelos demostrativos, educación ambiental y capacitación, y (ii) *Fuera del Ecoparque*: cooperación y asesoría a proyectos sociales y de gobierno.

#### **Plan de Infraestructura Verde de la Ciudad de México (Gobierno estatal)**

La Ciudad de México (2019-2024), por voluntad política de la Jefa de Gobierno y la Secretaría del Medio Ambiente, aplica un plan de IV, en el marco de políticas y leyes ambientales y de Cambio Climático. Con una visión multidisciplinaria, el plan articula y coordina diversas instituciones de gobierno, grupos académicos, empresas y sociedad civil, con amplia participación ciudadana. Para ello ha sido fundamental la conformación de un equipo con profesionales de diversas áreas del gabinete, conscientes de la problemática ambiental y con alta capacidad técnica.

El plan gira en torno a dos ejes: regeneración ecológica de la ciudad y sus ecosistemas naturales y agropecuarios, y recuperación de ríos (Figura 1). Cada acción técnica se realiza con capacitaciones y campañas para que la ciudadanía asuma, valore y cuide los ecosistemas en pro de su bienestar y salud, y asuma una responsabilidad colectiva. A través de la cooperación internacional, la ciudad participa en alianzas y fortalece las capacidades técnicas y financieras.



**Figura 1.** Jardín polinizador en Centro de Cultura Ambiental Ecoguardas (izquierda). Colocación de vegetación en talud del canal nacional, Ciudad de México (derecha).

Fuente: SEDEMA (2023).



### **Dimensión: gestión e instrumentos**

De todos los ejemplos estudiados, STGO+ Infraestructura Verde de Santiago-Chile y el concepto de Estructura Ecológica Principal (EEP) (Colombia) son los más relevantes respecto a la elaboración de instrumentos de planificación específicos de IV y su integración con otros existentes. Se trata de planes de amplia escala espacial (ciudad, zonas periurbanas, áreas rurales y naturales), de carácter estratégico, y que incorporan principios de conectividad, multifuncionalidad y diversidad de la IV. Estos identifican los espacios verdes y azules naturales (humedales, bosques, ríos) y seminaturales (plazas, calles arboladas, centros deportivos) más relevantes para mantener las funciones y valores naturales en una red conectada espacial y, funcionalmente, vinculando los núcleos urbanos con parques y áreas de conservación regionales.

El plan STGO+ Infraestructura Verde se destaca por ser una iniciativa gestada y liderada por una alianza entre la academia y dos instituciones públicas, con un sello marcadamente participativo mediante procesos de codiseño con una amplia gama de instituciones públicas, de la sociedad civil y, en menor medida, del sector privado.

Por otro lado, el carácter más institucional y centralizado de la EEP y su larga historia como figura de planificación en Colombia explican en buena medida su gran impacto en la planificación urbana y territorial. Las ciudades deben incluirla en sus planes de ordenamiento y trazar planes para su conservación y ampliación, un proceso que se inició en la ciudad de Bogotá en 2000. A pesar de su formulación vertical “top-down”, la EEP ha sido apropiada por la ciudadanía y las OSC.

Ambos casos se destacan por ofrecer una mirada estratégica y espacialmente explícita, que contribuye a articular las iniciativas de diferentes actores por preservar, restaurar o desarrollar la IV en contextos urbanos.

### **STGO+ Infraestructura Verde**

El plan STGO+ Infraestructura Verde corresponde a un plan maestro de IV a escala de ciudad, de carácter indicativo y voluntario, si bien tiene el potencial de servir de insumo para la elaboración y/o modificación de planes sectoriales y de planificación urbana (con fuerza legal). El plan define objetivos estratégicos para el sistema de IV, que permiten optimizar la contribución de cada actor, intervención y componente al sistema completo.

El proceso de diagnóstico y definición participativa de objetivos se ha desarrollado por medio de talleres, cartografía social y seminarios. La planificación urbana

de Santiago se caracteriza por ser altamente fragmentada sectorial y espacialmente: el área metropolitana está compuesta por 36 municipios, sin una autoridad o institución que coordine sus acciones. Un análisis de la gobernanza del sistema de IV muestra que existen 33 actores públicos, privados y de la sociedad civil actuando de manera relativamente descoordinada. Este es uno de los aspectos que se atienden en el desarrollo de la fase de propuestas y estrategias (Figura 2).

### **Dimensión: implementación y operación**

De los diez ejemplos, SEE-URBAN-WATER (Heredia, Costa Rica), São Paulo y Plan Yaque (República Dominicana) reportaron los avances más significativos en la implementación y operacionalización de IV.

### **Desarrollo de sistemas de ingeniería (infraestructura construida)**

El proyecto SEE-URBAN-WATER (Visión Urbana del Agua, en español) desarrolló un laboratorio de la vida real en Heredia, Costa Rica, implementando prototipos con la intención de aumentar la resiliencia y reducir la contaminación por aguas residuales domésticas y la escorrentía superficial para remediar inundaciones (Fluhrer, Chapa, and Hack 2021; Pérez Rubi and Hack 2021; Chapa, Pérez, and Hack 2020; Hack and Schröter 2020). Mediante IV los prototipos mejoran el desempeño ecológico de infraestructuras construidas.

### **Aumento de conectividad para fines ecológicos o sociales**

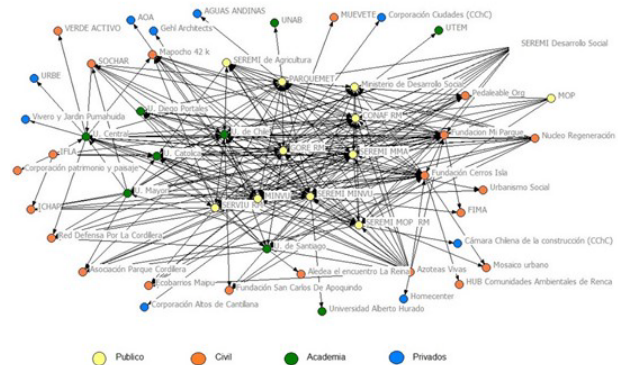
En São Paulo, la iniciativa voluntaria *Novas Árvores por aí* (Nuevos árboles por ahí) fomenta y fortalece la organización de grupos ciudadanos para la creación de espacios verdes y transformación de espacios públicos. Dos ejes claves han sido las plantaciones colectivas y la implementación de jardines que combinan captación de lluvia y producción de alimentos. La iniciativa ha establecido alianzas con actores en la esfera pública y privada y, a pesar de un apoyo institucional heterogéneo, algunas acciones han sido adoptadas por programas institucionales.

### **Aumento de la resiliencia social**

El Plan de Infraestructura Verde en la Ciudad de México gira en torno a dos ejes: regeneración de las condiciones ecológicas en la ciudad, ecosistemas naturales y agropecuarios, y la recuperación de ríos para el aprovechamiento sustentable del agua. El primer eje incluye acciones de:

- Con el segundo eje se busca permitir la infiltración y almacenamiento del agua, promoviendo formas para recolectarla, acumularla, tratarla y aprovecharla. Para ello, las acciones se orientan a la atención de ríos mediante la remoción y manejo de residuos, identificación de sitios de descarga, construcción de obras para retener el suelo

El Plan Yaque ha implementado humedales artificiales de pequeña escala (50-100 m<sup>3</sup>/día) para el tratamiento descentralizado de aguas domésticas, conjuntamente con las comunidades locales y juntas de vecinos, en alianza con instituciones públicas y cooperación internacional. Esto se complementa con monitoreo participativo de ríos urbanos y conservación de cuencas altas, constituyéndose en pilotos exitosos de gestión multisectorial, formación ciudadana, cohesión social y mayor igualdad en el acceso a saneamiento y tratamiento de aguas residuales (Figura 3).



Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía | vol. 33, n.º 1, ene. - jun. de 2024, pp. 139-160 | ISSN 0121-215X (IMPRESO) · 2256-5442 (EN LÍNEA)



### Dimensión: monitoreo y evaluación de infraestructura verde

De los diez ejemplos presentados, los proyectos SEE-URBAN-WATER (SUW), Ecoparque en Tijuana y Plan Yaque reportaron avances en el monitoreo y evaluación de IV. SUW y Ecoparque han sido promovidos por la academia y Plan Yaque en República Dominicana ha sido una iniciativa de OSC y ciudadanos.

#### SEE-URBAN-WATER, Heredia, Costa Rica – Monitoreo de prototipos experimentales

En el área de estudio (laboratorio de la vida real) se estableció una red de monitoreo hidrometeorológico para estudiar el comportamiento de IV a nivel de vecindario. El monitoreo y análisis detallado del área de estudio permitió simular diversos escenarios usando IV a nivel de vecindario y de cuenca urbana (Chen et ál. 2021; Wiegels, Chapa, and Hack 2021; Singh, Sarma, and Hack 2020; Towsif Khan, Chapa, and Hack 2020; Aparicio Uribe, Bonilla Brenes, and Hack 2022; Arthur and Hack 2022; Bonilla Brenes, Vega, and Hack 2022). Además, se instalaron prototipos de IV para comprobar su funcionamiento técnico y su rendimiento socioeconómico (Neumann y Hack 2022; Pérez y Hack 2021; Chapa, Pérez y Hack 2020). La experiencia del proyecto se tradujo en guías para la promoción e implementación de IV en áreas urbanas (Hack et ál. 2023) (disponibles en [guiasverdes.org](https://guiasverdes.org)).

### Plan Yaque, República Dominicana – Sistemas comunitarios para tratamiento de aguas domésticas

En la República Dominicana el desarrollo de IV es todavía incipiente. En la ciudad de Jarabacoa, Plan Yaque desarrolla actividades de restauración de cuencas altas, monitoreo de cantidad y calidad de agua en ríos, quebradas, y humedales artificiales (ver dimensión implementación y operación), y formación de voluntarios no expertos.

#### Ecoparque, Tijuana. Parque demostrativo para la resiliencia urbana

En Ecoparque se realizan actividades de monitoreo de la calidad del agua en varias fases de tratamiento de una planta depuradora de baja tecnología. El efluente obtenido de aguas residuales domésticas y comerciales se usa para riego, y cumple con los límites máximos de contaminantes fijados por la legislación mexicana para el reuso de agua en servicios públicos.

Un segundo monitoreo se realiza en el jardín botánico regional. Desde 2013 el número de especies nativas ha aumentado gracias a su reproducción en el Ecoparque. Se cuenta con un inventario detallado de la vegetación y se busca utilizar la herramienta *i-tree* para calcular los servicios ecosistémicos que presta (eliminación de contaminación, secuestro de carbono, escorrentías pluviales, etc.) (Figura 4).



**Figura 4.** Vista aérea del Ecoparque; invernadero de plantas nativas y agricultura urbana; y humedal artificial. Fotografía de Ojeda-Revah, diciembre de 2021.

Discusión

La poca documentación de avances en la implementación de infraestructura verde en América Latina sigue siendo una limitante para su evaluación sistemática y cuantitativa. Debido a la escasez de información y datos

sobre la implementación de IV, este estudio se concentra en avances que han sido documentados y para los cuales se ha contado con expertos que pudieran evaluarlos con criterios metodológicos claros. En la Tabla 5 se comparan dichos ejemplos, mostrando elementos claves por cada dimensión de transformación, discutidos a continuación.

Tabla 5. Ejemplos analizados y elementos clave por cada dimensión de transformación

Promotor principal	Ejemplo	Elementos claves para la implementación de infraestructura verde en Latinoamérica					
Gobierno nacional	Colombia	Lineamientos nacionales	Centralizado	Combinación coordinada de diferentes instrumentos de planificación ya existentes.	Limitación en provisión de financiamiento.	Limitación en la falta de planificación y provisión de financiamiento para monitoreo y evaluación.	
Gobierno estatal	Ciudad de México	Liderazgo y voluntad política	Cooperación centralizada				
Gobierno municipal	Curridabat, Costa Rica						
	Guayaquil, Ecuador	Lineamiento nacional (Constitución política) + liderazgo local.					
Academia/ Gobierno local	Santiago de Chile	Liderazgo	Plataforma multiactor				
	Buenos Aires, Argentina		Cooperación centralizada				
Academia	Heredia, Costa Rica		Laboratorios de la vida real				
	Tijuana, México						
Ciudadanos/ Organización de la Sociedad Civil	Jarabacoa, Republica Dominicana		Plataforma multiactor				
	São Paulo, Brasil		Poder ciudadano				
Dimensión de transformación			Entorno facilitador	Institucional/ Gobernanza	Gestión e instrumentos	Implementación y operación	Monitoreo y evaluación

Oportunidades y barreras a las iv en la región

La mayoría de los ejemplos presentados los impulsan el liderazgo y la voluntad, ya sea política (gobiernos locales) o ejecutiva (OSC, Academia), articulando diversas instituciones y disposiciones legales ya existentes y promoviendo la formación de capital humano por medio de la capacitación. Se menciona al liderazgo como uno de los facilitadores para la implementación de IV, aunque su continuidad no se pueda asegurar con los cambios de gobierno (Croeser et ál. 2021). En los casos

de voluntad política (Curridabat, Colombia, Guayaquil, Ciudad de México), más que la creación de nuevas instituciones responsables o de instrumentos particulares, la mayoría dejan ver una “combinación coordinada de diferentes instrumentos de planificación” ya existentes (Pauleit et ál. 2019). El desarrollo y fortalecimiento de capacidades es el principal impacto reportado en la mayoría de los ejemplos; refleja la necesidad de superar la falta de recursos humanos adecuados y de conciencia y conocimiento (Pauleit et ál. 2019).

La puesta en práctica de IV en la región se manifiesta en la dimensión de implementación y operación. Los casos presentados ejemplifican la diversidad de iniciativas de promoción de IV impulsadas por diversos actores, a diferentes escalas espaciales y con diferentes objetivos y muestran la variedad de interpretaciones y aplicaciones que el concepto de IV tiene (Vásquez et ál. 2019; Pauleit et ál. 2021). Como lo mencionan Pauleit et ál. (2019), esta diversidad de iniciativas “en conjunto determinan el funcionamiento y la efectividad de la IV”.

Por otro lado, una debilidad recurrente es el monitoreo y evaluación de IV, solamente reportado por la academia y una OSC (Plan Yaque), ya que son parte de los objetivos de las intervenciones pilotos o experimentales. Los ejemplos de intervenciones piloto (Ecoparque y SEE URBAN WATER) buscan ser replicables, exhibir prácticas y estimular el aprendizaje mutuo. Sin embargo, también ejemplifican la distancia existente entre la investigación y las políticas de diferentes gobiernos locales. Esto demuestra una falta de “actitud receptiva y facilitadora hacia iniciativas ciudadanas” y de su “reconocimiento formal” (Buijs et ál. 2019) o la limitada influencia de los profesionales (Pauleit et ál. 2019). La debilidad en el monitoreo y la evaluación de IV puede tener relación con las escalas temporales en las que se desarrollan los proyectos y con el hecho de que más de la mitad de los ejemplos reportan falta de provisión de financiamiento, una barrera reportada para la implementación de IV (Pauleit et ál. 2021).

La conectividad y la multifuncionalidad son principios clave de la IV (Pauleit et ál. 2021). La diversidad de orígenes, objetivos y escalas de los ejemplos representados sugiere una contribución a la multifuncionalidad. También pueden contribuir a la inclusión social (Vásquez et ál. 2019) y a la resiliencia ambiental, social e institucional de las ciudades (Buijs et ál. 2019). Sin embargo, solo los ejemplos de Buenos Aires y Guayaquil se realizan a escala de red, y en Colombia y Santiago la implementación avanza lentamente, por lo que todavía es prematuro evaluar la contribución al principio de conectividad (Buijs et ál. 2019).

### **Arreglos institucionales y esquemas de gobernanza en la promoción de IV**

Los principios de multifuncionalidad y conectividad de la IV suponen un enorme reto de gobernanza de los espacios urbanos. En particular, persiste la pregunta de cómo combinar exitosamente una planificación a largo plazo, conducente a una red de espacios verdes que provea múltiples beneficios sociales y ecológicos, con iniciativas

ciudadanas bien adaptadas a las necesidades y condiciones locales, pero no necesariamente articuladas entre sí (Buijs et ál. 2019).

Entre los ejemplos presentados se identificaron en total cinco esquemas de gobernanza que utilizan la tipología de Zingraff-Hamed et ál. (2021). De ellos, el más exitoso en términos de la implementación de IV es el de *cooperación centralizada*, caracterizado por la colaboración entre diversas instituciones públicas, privadas y OSC, pero con un proceso de planeación controlado por alcaldías, gobiernos locales (Buenos Aires, Guayaquil, Curridabat) o estatales (Ciudad de México). Entre tanto, el esquema de *plataforma multiactor* (Plan Yaque y Santiago+) es el que mejor consigue articular los intereses de diversos grupos de la sociedad, mediante un enfoque más participativo y horizontal. Como mencionan Buijs et ál. (2019), se requiere de estilos de gobernanza habilitantes y estimulantes, que aprovechen el potencial transformador de la ciudadanía activa y logren alinearla con la planificación de la IV.

La relativa autonomía normativa y presupuestal de la que gozan los gobiernos municipales en gran parte de Latinoamérica ha hecho posible que a este nivel se ejecuten políticas urbanas innovadoras y proyectos de IV de pequeña y mediana escala, aun cuando a nivel nacional no exista un marco regulatorio favorable. Estos gobiernos municipales actúan como pioneros en sus respectivos países, creando espacios demostrativos y haciendo desarrollos legales importantes (por ejemplo, Curridabat y su propuesta de planeación municipal alrededor del agua) que sirvan de base para su posterior escalamiento. Este rol pionero de algunas autoridades y líderes locales ha mostrado jugar un papel político decisivo en la adopción de nuevos enfoques como las SBN (Martin et ál. 2019; Zingraff-Hamed et ál. 2021).

No obstante, el diseño e implementación por parte de las municipalidades tiende a hacerse de forma compartimentada a través de las oficinas municipales existentes (departamentos de medio ambiente, obras públicas, aguas). Así, la coordinación no siempre eficiente entre las instancias involucradas dificulta que el proceso de planeación integre adecuadamente aspectos ecológicos, económicos, culturales y paisajísticos, lo que compromete el carácter multifuncional de las IV. Otro rasgo común es que ninguna de las iniciativas de *cooperación centralizada* ha derivado en estrategias de gobernanza nuevas, sino que se han limitado a la coordinación entre oficinas municipales, o entre el gobierno estatal y ministerios (Ciudad de México) u organizaciones no gubernamentales (Guayaquil).



Precisamente estos vacíos son los que los esquemas de *plataforma multiactor* apuntan a resolver. En ellos, un actor central, ya sea una institución académica o una OSC, cataliza la creación de un espacio de coordinación municipal (Santiago+) o regional (Plan Yaque) que no existía previamente, alrededor de una base conceptual integradora como las IV o la gestión sostenible de cuencas hidrográficas. Este rol mediador resulta fundamental, ya que permite conciliar visiones divergentes entre los actores y alcanzar un conjunto nuevo de valores comunes (Follador, Duarte y Carrier 2018; O'Brien 2012).

Otros dos esquemas de gobernanza, en extremos opuestos del espectro de participación, son el de *poder ciudadano* y el *centralizado*. En el primero (São Paulo), la planificación e implementación ocurren en niveles más pequeños que las municipalidades y las realizan directamente por OSC. Este esquema ha sido exitoso en la medida en que moviliza ampliamente a las comunidades locales y goza de mayor legitimidad, pero carece de una visión estratégica en términos de la planeación y distribución espacial (se tiende a intervenir donde es posible, lo que no necesariamente incide donde es más necesario), limitando su impacto en la conectividad de la IV.

En contraste, en el esquema *centralizado* las regulaciones o proyectos los decide y financia el gobierno nacional (Colombia) o municipal (Buenos Aires, Curridabat). En el caso colombiano, la obligatoriedad de incorporar la IV en los planes maestros municipales ha favorecido un cambio de paradigma institucional hacia un mayor énfasis en la protección y recuperación de ecosistemas urbanos, su conectividad y multifuncionalidad. Sin embargo, la ausencia de presupuestos específicos y la falta de articulación institucional ha hecho que el paso del papel a la realidad sea lento y en extremo dependiente de la voluntad política de los gobiernos locales de turno, y así mina su alcance y continuidad. Por su parte, el músculo presupuestal y ejecutivo de Buenos Aires, sumados a su capacidad de adquirir predios y modificar los usos del suelo urbano, han hecho posible la creación de un corredor verde de gran escala, siendo el único caso de estudio que consigue aplicar exitosamente los principios de conectividad y multifuncionalidad a diferentes escalas.

Finalmente, en el esquema de *Laboratorios de la vida real* (Ecoparque y SEE URBAN WATER), una institución o actor académico externo al municipio inicia un proyecto piloto con el objetivo de evaluar la viabilidad de una intervención, al cual se pueden sumar progresivamente más actores y potencialmente escalar al nivel de

*plataforma multiactor*, con mayor probabilidad cuando se suman actores gubernamentales o exista apoyo de ellos.

Estos dos últimos esquemas, aunque todavía incipientes, resultan prometedores en la medida en que podrían ser la clave para lograr una mayor participación ciudadana, con diseños de IV que respondan mejor a las necesidades de la sociedad y una mejor articulación de las intervenciones micro con los planes de desarrollo, municipales y nacionales. No obstante, estas iniciativas enfrentan aún retos importantes en términos de su continuidad a largo plazo y su sostenibilidad presupuestal, al no contar con fuentes de financiamiento estables en el tiempo.

### Integración multiescala y multinivel

Por su condición de red, una IV robusta requiere la planificación de elementos a diferentes escalas, con intervenciones a nivel micro y barriales conectadas entre sí y a áreas de conservación regionales y nacionales. Dicha integración multiescala presenta una compleja relación entre los actores relevantes (liderazgo y poder) a nivel supranacional, nacional, regional y local.

Organizaciones supranacionales que movilizan recursos económicos y asistencia técnica a través de la cooperación internacional marcan tendencias y promueven acciones en los asuntos climáticos. Estos actores internacionales se articulan a todos los niveles nacionales, pero con preferencia en los niveles locales en que se busca la implementación de IV y medir el impacto de sus acciones. Ejemplos son los proyectos de adaptación basados en ecosistemas en México, Ecuador y Colombia, de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) o el caso de corredores biológicos interurbanos por la Cooperación Alemana (GIZ) en Costa Rica. Estos actores internacionales contribuyen a mejorar la colaboración multiescala y pueden promover iniciativas que mejoren la conectividad (Potthast y Geppert 2019).

A nivel nacional hay también instituciones que determinan las políticas y establecen mecanismos de coordinación con las instituciones subnacionales. Este nivel es posiblemente uno de los más difíciles de establecer o de articular en la región. El concepto de IV se ha ido incorporando en las políticas de planificación urbana en América Latina, ya sea de forma explícita o implícita al considerar los principios que la determinan (Vásquez, et ál. 2019). Tales son los casos de Costa Rica (*Lineamientos generales de resiliencia en infraestructura pública*), Colombia (*Estructura Ecológica Principal*) y Ecuador (*Derechos de la naturaleza*), si bien se presentan con nombres y objetivos principales diferentes. A estos casos de escala nacional recientemente

se une México, con nuevas guías y lineamientos federales para la elaboración de Programas Municipales de Desarrollo (Marambio et ál. 2017a). En esta estrategia, con una visión de ecología del paisaje y de servicios ambientales, se vincula el enfoque ambiental con el urbano y se priorizan las áreas verdes en red como elemento ordenador del desarrollo urbano. Con ello, aunque no se hace referencia explícita al término de IV, se pretende superar la fragmentación espacial-jurisdiccional y sectorial asociada a la ordenación territorial (Vásquez et ál. 2019). En los casos de México, Colombia, Ecuador, Chile y Costa Rica, el marco de una normativa nacional basada en ecología o ecosistemas ha dejado abierto el camino para que gobiernos subnacionales puedan incluir los conceptos de sbn e IV. Sin embargo, el reto es establecer un trabajo coordinado entre estos dos niveles y con diferentes sectores. El desarrollo de (nuevos) marcos normativos es a menudo un proceso lento que no corresponde a las urgencias de los problemas a resolver.

La escala local se materializa generalmente con la articulación en el interior de las instituciones, por ejemplo, articulación interdepartamental, así como con otros actores locales o OSC. Debido al carácter multifuncional de la IV, la coordinación desde la escala local es crucial para su implementación. El ejemplo de Curridabat, Costa Rica, muestra que la IV puede ser un tema de colaboración transversal al considerar ecosistemas compartidos por varias municipalidades, como en el caso de los biocorredores urbanos. Con un enfoque transversal es posible lograr mayor impacto y soluciones multifuncionales con diferentes escalas espaciales, por ejemplo, local: recreación, salud/bienestar; regional: reducción de amenazas naturales y contaminación de recursos naturales, protección de biodiversidad.

Conectar y coordinar actividades entre actores gubernamentales y la sociedad civil puede resultar más efectivo para lograr el desarrollo estratégico del carácter de red de la IV. En este proceso todos los tipos de actores supranacionales tanto como el sector académico y las OSC pueden jugar un papel importante.

## Conclusiones

Con base en la literatura revisada y los ejemplos estudiados de América Latina se puede concluir que el concepto de IV se ha ido incorporando progresivamente en las políticas de planificación urbana durante la última década, con diferentes nombres o de forma implícita, a diferentes escalas sociopolíticas y con distintos objetivos, a través

de la articulación del marco legal y de instrumentos ya establecidos para su aplicación. Esto ha conducido a una gran variedad de interpretaciones del concepto. Sin embargo, la mayoría los impulsa el liderazgo político o ejecutivo, lo que pone en duda su continuidad en caso de cambios de gobierno o líderes de OSC.

La mayoría de las iniciativas promueven la participación ciudadana y la formación de capital humano por medio de capacitación, con diferentes grados de éxito, siendo las plataformas multiactor y los laboratorios de la vida real las que más exitosamente logran articular los intereses de diversos sectores y actores.

En términos de gobernanza, la implementación de IV requiere que se diseñe a diferentes escalas, con la intervención de diversos sectores e instituciones gubernamentales coordinados (incluyendo la participación ciudadana) y de un presupuesto asignado. Esto podría lograrse si en la legislación nacional se considerara a la IV como un concepto común explícito y de acciones coordinadas vinculantes, pero lo suficientemente flexible para incorporar condiciones regionales y locales. Otra vía menos formal es la adoptada por Chile en forma de un plan estratégico de carácter indicativo y voluntario.

Además de iniciativas gubernamentales existen otras impulsadas por OSC y la academia. Estas, a pesar de partir de motivaciones y metodologías de planeación muy diversas, tienen en común una escala de implementación más pequeña en comparación con los proyectos estatales, debido a que en general no cuentan con recursos económicos estables, capacidad para modificar los usos del suelo urbano, y marcos normativos que garanticen una mayor incidencia de actores no gubernamentales. Las iniciativas de OSC y la academia representan un gran potencial para el desarrollo e implementación de IV adaptada a condiciones locales. Estas iniciativas muchas veces responden a necesidades locales que podrían aprovecharse si se desarrollaran mecanismos de gobernanza cooperativa y se incorporaran en la planificación territorial. A partir de ellas, se puede aprender mucho sobre las necesidades legislativas, de investigación científica y de participación ciudadana.

Todas las iniciativas contribuyen a la multifuncionalidad, servicios ecosistémicos, inclusión social y resiliencia ambiental y social de las ciudades. Sin embargo, su contribución al principio de conectividad sigue siendo limitada. Los pequeños proyectos de IV, a pesar de estar aislados, pueden promover el cambio hacia estrategias a escala de ciudad, sobre todo cuando se logran asociar con multiplicadores; por ejemplo, a través de organizaciones nacionales, regionales o supranacionales.

Resaltan las iniciativas de instituciones académicas como ejemplos de intervención piloto experimental, ya que pueden ser replicables, servir como espacios demostrativos y estimular el aprendizaje. Estos ejemplos, por lo general, son documentados, aunque a menudo dicha documentación está dirigida a un público académico y técnico. Estrategias de comunicación y divulgación hacia un público más amplio, incluyendo diferentes grupos de la sociedad civil y políticos, son importantes para lograr mayor aprovechamiento de los conocimientos académicos y facilitar la implementación de IV. Un ejemplo de ello es la plataforma [guiasverdes.org](https://guiasverdes.org), un producto del proyecto de investigación SEE-URBAN-WATER, en el cual se han traducido las experiencias adquiridas en un compendio de guías con instrucciones prácticas para facilitar la adopción y replicación de IV.

Por otro lado, se destacan la falta de monitoreo y evaluación de las iniciativas, solo realizados por la academia y una OSC, lo que puede deberse a problemas de

financiamiento y consolidación. Este vacío puede resultar crítico en el caso de implementaciones de IV que requieren un manejo adaptativo y mantenimiento continuo. El involucramiento activo de actores claves en las distintas etapas de implementación (identificación del problema, diseño de soluciones, construcción) puede incidir en una mayor apropiación y disposición para el mantenimiento a largo plazo.

Se requiere también de una mayor coordinación de todas las iniciativas y estrategias, así como de responsabilidades claras para poder contribuir a la conectividad de la IV, junto con marcos normativos que garanticen recursos y una mayor capacidad de incidencia en esquemas de gobernanza multisectoriales.

A partir del análisis presentado en este estudio se sugiere una serie de recomendaciones para promover la implementación de IV en Latinoamérica. La Tabla 6 resume estas recomendaciones para cada dimensión de transformación incluida en el análisis.

**Tabla 6.** Resumen de recomendaciones para promover la implementación de IV en América Latina por cada dimensión de transformación incluida en el análisis

Recomendaciones para la implementación de infraestructura verde en América Latina				
Dimensión de transformación				
Entorno facilitador	Institucional/gobernanza	Gestión e instrumentos	Implementación y operación	Monitoreo y evaluación
Aprovechar/desarrollar lineamientos nacionales para promover/motivar el liderazgo local.	Promover la cooperación centralizada, un modelo de gobernanza exitoso para implementar IV.	Articular instituciones y disposiciones legales ya existentes.	Integrar principios de conectividad y multifuncionalidad de IV en su implementación.	Los actores gubernamentales deben promover/planificar el monitoreo y la evaluación de la IV construida.
Incluir las IV en las figuras de planificación y las normativas nacionales.	Coordinar acciones entre diferentes instituciones a escalas ciudad/regional.	Promover y financiar de manera sostenible el fortalecimiento de capacidades por medio de capacitación.	Crear espacios demostrativos o proyectos pilotos para estimular aprendizaje transdisciplinario y ganar experiencias con tecnologías alternativas.	El involucramiento activo de actores claves en las distintas etapas de implementación podría incidir en una mayor apropiación y disposición para el mantenimiento, monitoreo y sostenibilidad a largo plazo.
Combinar iniciativas <i>top-down</i> y <i>bottom-up</i> que contribuyan a coordinar y hacer más eficientes los esfuerzos de diferentes actores por preservar, restaurar o desarrollar la IV en contextos urbanos.	Crear espacios de coordinación municipal o regional alrededor de una base conceptual integradora como las IV.	Coordinar desde la escala local, en el interior de las instituciones, transversal e interdepartamental, favoreciendo la multifuncionalidad de IV.	Aprovechar el apoyo y acompañamiento de la academia y/o OSC.	Aprovechar el apoyo y acompañamiento por la academia y/o OSC.
Articular los intereses de diversos sectores y actores.	Establecer/crear espacios multiactor (temporales o permanentes) en los cuales conciliar visiones divergentes entre los diferentes actores y alcanzar un conjunto nuevo de valores comunes.	Elaborar instrumentos de planificación específicos de IV y su integración con otros existentes.	Responder a necesidades de la sociedad.	
Fomentar una actitud receptiva y facilitadora hacia iniciativas ciudadanas.	Establecer responsabilidades claras, con marcos normativos que garanticen recursos.	Desarrollar e implementar planes estratégicos con objetivos y principios explícitos de IV.	Acompañar la implementación con estrategias de comunicación y divulgación.	
	Desarrollar esquemas de gobernanza trans/multisectoriales y multinivel.			

## Referencias

- Alcaldía Mayor de Bogotá. 2000. "Decreto 619 de 2000. Por el cual se adopta el Plan de Ordenamiento Territorial para Santa Fe de Bogotá, Distrito Capital". Colombia: Consultado el 22 de noviembre de 2021. <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=3769&dt=S>
- Aparicio Uribe, Carlos H., Ricardo Bonilla Brenes y Jochen Hack. 2022. "Potential of Retrofitted Urban Green Infrastructure to Reduce Runoff - A Model Implementation with Site-Specific Constraints at Neighborhood Scale". *Urban Forestry & Urban Greening* 69 (marzo): 127499. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2022.127499>
- Arthur, Nils y Jochen Hack. 2022. "A Multiple Scale, Function, and Type Approach to Determine and Improve Green Infrastructure of Urban Watersheds". *Urban Forestry & Urban Greening* 68 (febrero): 127459. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2022.127459>
- Asamblea Legislativa de Costa Rica. 1968. "Ley 4240 de 1968 - Ley de Planificación Urbana - Costa Rica". Consultado el 04 de diciembre de 2023. <https://www.cne.go.cr/CEDO-CRID/pdf/spa/doc1203/doc1203-6b.pdf>
- Asamblea Nacional Constituyente. 2008. "Constitución Política de la República del Ecuador. Asamblea Nacional Constituyente". Registro Oficial 449. Consultado el 04 de diciembre de 2023. <https://pdba.georgetown.edu/Parties/Ecuador/Leyes/constitucion.pdf>
- Ávila Santamaría, Ramiro Fernando. 2010. "El derecho de la naturaleza: fundamentos". *Investigaciones: Secretaría de Investigación de Derecho Comparado* 15 (1): 33-59.
- Benedict, Mark A. y Edward T. McMahon. 2002. "Green Infrastructure: Smart Conservation for the 21<sup>st</sup> Century". *Renewable Resources Journal* 20: 12-17.
- Bonilla Brenes, Jose Ricardo, Rafael Oreamuno Vega y Jochen Hack. 2022. "A Width Parameter Estimation Through Equivalent Rectangle Methodology for Hydraulic Modeling Applications". *Journal of Water Management Modeling*. <https://doi.org/10.14796/JWMM.C493>
- Breen, Anya, Emanuel Giannotti, Muriel Flores Molina y Alexis Vásquez. 2020. "From 'Government to Governance'? A Systematic Literature Review of Research for Urban Green Infrastructure Management in Latin America". *Frontiers in Sustainable Cities* 2: 572360. <https://doi.org/10.3389/frsc.2020.572360>
- Buijs, Arjen, Rieke Hansen, Sander Van der Jagt, Bianca Ambrose-Oji, Birgit Elands, Emily Lorance Rall, Thomas Mattijssen, Stephan Pauleit, Hens Runhaar, Anton Stahl Olafsson y Maja Steen Møller. 2019a. "Mosaic Governance for Urban Green Infrastructure: Upscaling Active Citizen-ship from a Local Government Perspective". *Urban Forestry and Urban Greening* 40: 53-62. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2018.06.011>
- Buijs, Arjen, Rieke Hansen, Sander Van der Jagt, Bianca Ambrose-Oji, Birgit Elands, Emily Lorance Rall, Thomas Mattijssen, Stephan Pauleit, Hens Runhaar, Anton Stahl Olafsson y Maja Steen Møller. 2019b. "Mosaic Governance for Urban Green Infrastructure: Upscaling Active Citizen-ship from a Local Government Perspective". *Urban Forestry and Urban Greening* 40: 53-62. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2018.06.011>
- Chapa, Fernando, María Pérez Rubi y Jochen Hack. 2020. "Experimenting Transition to Sustainable Urban Drainage Systems—Identifying Constraints and Unintended Processes in a Tropical Highly Urbanized Watershed". *Water* 12 (12): 3554. <https://doi.org/10.3390/w12123554>
- Chapa, Fernando, María Pérez Rubi y Jochen Hack. 2023. "A Systematic Assessment for the Co-Design of Green Infrastructure Prototypes—A Case Study in Urban Costa Rica". *Sustainability* 15 (3): 2478. <https://doi.org/10.3390/su15032478>
- Chen, Valerie, Jose Ricardo Bonilla Brenes, Fernando Chapa y Jochen Hack. 2021. "Development and Modelling of Realistic Retrofitted Nature-Based Solution Scenarios to Reduce Flood Occurrence at the Catchment Scale". *Ambio* 50: 1462-1476. <https://doi.org/10.1007/s13280-020-01493-8>
- Cohen-Shacham, Emmabuelle, Gretchen Marie Walters, Christine Janzen y Stewart Maginnis, eds. 2016. *Nature-Based Solutions to Address Global Societal Challenges*. Gland: IUCN. <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2016.13.en>
- Croeser, Thami, Georgia E. Garrard, Freya M. Thomas, Trinh Duc Tran, Ian Mell, Sarah Clement, Raúl Sánchez y Sarah Bekessy. 2021. "Diagnosing Delivery Capabilities on a Large International Nature-Based Solutions Project". *Npj Urban Sustainability* 1: 32. <https://doi.org/10.1038/s42949-021-00036-8>
- Figueroa-Arango, Carolina. 2020. *Guía para la integración de las Soluciones Basadas en la Naturaleza en la planificación urbana. Primera Aproximación para Colombia*. Bogotá: Ecologic - Instituto Humboldt. Consultado el 04 de diciembre de 2023. <https://acortar.link/ssRf6e>
- Fletcher, Tim D., William Shuster, William F. Hunt, Richard Ashley, David Butler, Scott Arthur, Sam Trowsdale, Sylvie Barraud, Annette Semadeni-Davies, Jean-Luc Bertrand-Krajewski, Peter Steen Mikkelsen, Gilles Rivard, Mathis Uhl, Danielle Dagenais y Maria Viklander. 2015. "SUDS, LID, BMPs, WSUD and More – The Evolution and Application of Terminology Surrounding Urban Drainage". *Urban*



- Water Journal* 12 (7): 525-542. <https://doi.org/10.1080/1573062X.2014.916314>
- Fluhrer, Tanja y Jochen Hack. 2020. "A Methodology for Assessing the Implementation Potential for Retrofitted and Multifunctional Urban Green Infrastructure in Public Areas". *Sustainability* 13 (1): 384. <https://doi.org/10.3390/su13010384>
- Follador, Débora, Fábio Duarte y Mario Carrier. 2018. "Informal Institutions and Path Dependence in Urban Planning: The Case of Curitiba, Brazil". *Journal of Urban Affairs* 44 (1): 2-21. <https://doi.org/10.1080/07352166.2018.1495040>
- Guerry, Anne, Stephen Polasky, Jane Lubchenco, Rebecca Chaplin-Kramer, Gretchen C. Daily, Robert Griffin, Mary Ruckelshaus, Ian J. Bateman, Anantha Kumar Duraipappah, Thomas Elmquist, Marcus W. Feldman, Carl Folke, Jon Hoekstra, Peter Kareiva, Bonnie Keeler, Shuzhuo Li, Emily McKenzie, Zhiyun Ouyang, Belinda Reyers, Taylor Ricketts, Johan Rockström, Heather Tallis y Bhaskar Vira. 2015. "Natural Capital and Ecosystem Services Informing Decisions: From Promise to Practice". *Proceedings of the National Academy of Sciences* 112 (24): 7348-7355. <http://doi.org/10.1073/pnas.1503751112>
- Hack, Jochen y Barbara Schröter. 2020. "Nature-Based Solutions for River Restoration in Metropolitan Areas - The Example of Costa Rica". En *The Palgrave Encyclopedia of Urban and Regional Futures*, editado por Robert C. Brears, 1-10. Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-87745-3\\_166](https://doi.org/10.1007/978-3-030-87745-3_166)
- Hack, Jochen, Maria Perez Rubi, Manuel Beissler, Jose Fernando Chapa, Veronica Neumann y Conrad Schiffmann. 2023. *Guías verdes: infraestructura verde para la ciudad, sus ciudadanos y sus ríos*. Hannover: Visión Urbana del Agua. <http://doi.org/10.15488/14474>
- Kabisch, Nadja, Horst Korn, Jutta Stadler y Aletta Bonn. 2017. "Nature-Based Solutions to Climate Change Adaptation in Urban Areas — Linkages between Science, Policy and Practice". En *Nature-Based Solutions to Climate Change Adaptation in Urban Areas. Theory and Practice of Urban Sustainability Transitions*, editado por N. Kabisch, H. Korn, J. Stadler y A. Bonn, 1-11. Cham: Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-56091-5\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-56091-5_1)
- Marambio, Alejandro, Yraida Romano, María Crespo y Nicola Colaninno. 2017a. *Lineamientos conceptuales. Elaboración y actualización de programas municipales de desarrollo urbano. Guía metodológica: elaboración y actualización de programas municipales de desarrollo urbano (PMDUs)*. Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU), Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), en colaboración con Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ). [https://www.giz.de/en/downloads/PMDU2017\\_Lineamientos.pdf](https://www.giz.de/en/downloads/PMDU2017_Lineamientos.pdf)
- Maliva, Robert y Thomas Missimer. 2012. "Integrated Water Resources Management". En *Arid Lands Water Evaluation and Management. Environmental Science and Engineering*. Springer, Berlin, Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-29104-3\\_35](https://doi.org/10.1007/978-3-642-29104-3_35)
- Marambio, Alejandro, Yraida Romano, Maria Concepción Crespo, and Nicola Colaninno. 2017b. *Guía metodológica: elaboración y actualización de Programas Municipales de Desarrollo Urbano (PMDUs)*.
- Martin, Juliette, JoAnne Bayer, Wei Liu y Anna Scologib. 2019. "NBS In-Depth Case Study Analysis of the Characteristics of Successful Governance Models". Deliverable 5.1 of the PHUSICOS project. Deliverable Work Package Leader: International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA) [https://pure.iiasa.ac.at/id/eprint/17250/1/D5\\_1\\_NBS-in-depth-case-study-analysis\\_Final.pdf](https://pure.iiasa.ac.at/id/eprint/17250/1/D5_1_NBS-in-depth-case-study-analysis_Final.pdf)
- Mendes, Rúben Tiago, Teresa Fidélis, Peter Roebeling y Felipe Teles. 2020. "The Institutionalization of Nature-Based Solutions - a Discourse Analysis of Emergent Literature". *Resources* 9 (1). <http://doi.org/10.3390/resources9010006>
- Minambiente (Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible). 2021. "Estructura ecológica en áreas urbanas". Asuntos ambientales, sectoriales y urbana. Consultado el 11 de junio de 2021. <https://www.minambiente.gov.co/asuntos-ambientales-sectorial-y-urbana/estructura-ecologica-en-areas-urbanas/>
- MOPT, MINAE y MIVAH (Ministro de Obras Públicas y Transportes, Ministro de Ambiente y Energía, y Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos). 2020. "Decreto N° 42465 Poder Ejecutivo de Costa Rica. Lineamientos generales para la incorporación de las medidas de resiliencia en infraestructura pública". Consultado el 04 de diciembre de 2023. [https://www.cne.go.cr/recuperacion/proyectos\\_obras\\_ejecucion/documentos\\_emergencia\\_declarada/reconstruccion/Decreto%20resiliencia%202020%20D-42465.pdf](https://www.cne.go.cr/recuperacion/proyectos_obras_ejecucion/documentos_emergencia_declarada/reconstruccion/Decreto%20resiliencia%202020%20D-42465.pdf)
- Municipalidad de Curridabat. 2019. *Sistema de monitoreo de la biodiversidad y los servicios de los ecosistemas en el cantón de Curridabat*. Curridabat, Costa Rica. [https://www.researchgate.net/publication/337647437\\_Estado\\_de\\_la\\_biodiversidad\\_y\\_los\\_servicios\\_de\\_los\\_ecosistemas\\_en\\_el\\_canton\\_de\\_Curridabat](https://www.researchgate.net/publication/337647437_Estado_de_la_biodiversidad_y_los_servicios_de_los_ecosistemas_en_el_canton_de_Curridabat)
- Nesshöver, Carsten, Timo Assmuth, Katherine N. Irvine, Graziela M. Rusch, Kerry A. Waylen, Ben Delbaere, Dagmar Haase, Lawrence Jones-Walters, Hans Keune, Eszter Kovacs, Kinga Krauze, Mart Kùlvik, Freddy Rey, Jiska van Dijk, Odd Inge Vistad, Mark E. Wilkinson y Heidi Wittmer. 2017. "The Science, Policy and Practice of Nature-Based



- Solutions: An Interdisciplinary Perspective". *Science of The Total Environment* 579 (Febrero): 1215-1227. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.11.106>
- Neumann, Veronica Alejandra y Jochen Hack. 2022. "Revealing and Assessing the Costs and Benefits of Nature-Based Solutions within a Real-World Laboratory in Costa Rica". *Environmental Impact Assessment Review* 93 (marzo): 106737. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2022.106737>
- O'Brien, Marg. 2012. *Review of Collaborative Governance: Factors Crucial to the Internal Workings of Collaborative Process*. Research Report prepared for the Ministry for the Environment. <https://environment.govt.nz/assets/Publications/Files/review-of-collaborative-governance.pdf>
- Pauleit, Stephan, Bianca Ambrose-Oji, Erik Andersson, Barbara Anton, Arjen Buijs, Dagmar Haase, Birgit Elands, Rieke Hansen, Ingo Kowarik, Jakub Kronenberg, Thomas Mattijssen, Anton Stahl Olafsson, Emily Rall, Alexander P.N. van der Jagt, Cecil Konijnendijk van den Bosch. 2019. "Advancing Urban Green Infrastructure in Europe: Outcomes and Reflections from the GREEN SURGE Project". *Urban Forestry & Urban Greening* 40: 4-16. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2018.10.006>
- Pauleit, Stephan, Alexis Vasquéz, Sreetheran Maruthaveeran, Li Liu y Sarel S. Cilliers. 2021. "Urban Green Infrastructure in the Global South". En *Urban Ecology in the Global South. Cities and Nature*, editado por C. M. Shackleton, S. S. Cilliers, E. Davoren y M. J. Du Toit, 107-143. Cham: Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-67650-6\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-030-67650-6_5)
- Pérez Rubí, María y Jochen Hack. 2021. "Co-Design of Experimental Nature-Based Solutions for Decentralized Dry-Weather Runoff Treatment Retrofitted in a Densely Urbanized Area in Central America". *Ambio* 50 (8): 1498-1513. <https://doi.org/10.1007/s13280-020-01457-y>
- Potthast, Maike y Sabrina Geppert. 2019. "Corredores biológicos interurbanos: fusionando el capital construido y el capital humano de la ciudad". *Ambientico. Revista Trimestral sobre la Actualidad Ambiental* 272: 5-12.
- Rigolon, Alessandro, Matthew Browning, Kangjae Lee y Seunguk Shin. 2018. "Access to Urban Green Space in Cities of the Global South: A Systematic Literature Review". *Urban Science* 2 (3): 67. <https://doi.org/10.3390/urbansci2030067>
- SEDEMA (Secretaría del Medio Ambiente). 2023. "Infraestructura Verde". Consultado el 04 de diciembre de 2023. <https://sedema.cdmx.gob.mx/programas/programa/infraestructura-verde>
- Serra-Llobet, Anna, y M. Augusta Hermida. 2017. "Opportunities for Green Infrastructure under Ecuador's New Legal Framework". *Landscape and Urban Planning* 159:1-4. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.02.004>
- Singh, Apoorva, Arup Kumar Sarma y Jochen Hack. 2020. "Cost-Effective Optimization of Nature-Based Solutions for Reducing Urban Floods Considering Limited Space Availability". *Environmental Processes* 7 (1): 297-319. <https://doi.org/10.1007/s40710-019-00420-8>
- Towsif Khan, Sami, Fernando Chapa y Jochen Hack. 2020. "Highly Resolved Rainfall-Runoff Simulation of Retrofitted Green Stormwater Infrastructure at the Micro-Watershed Scale". *Land* 9 (9):339. <https://doi.org/10.3390/land9090339>
- Vásquez, Alexis, Emanuel Giannotti, Elizabeth Galdámez, Paola Velásquez y Carolina Devoto. 2019. "Green Infrastructure Planning to Tackle Climate Change in Latin American Cities". *Urban Climates in Latin America*, editado por C. Henríquez y H. Romero, 329-354. Cham: Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-97013-4\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-319-97013-4_13)
- Wiegels, Rebecca, Fernando Chapa y Jochen Hack. 2021. "High Resolution Modeling of the Impact of Urbanization and Green Infrastructure on the Water and Energy Balance". *Urban Climate* 39 (septiembre): 100961. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2021.100961>
- Zingraff-Hamed, Aude, Frank Hüesker, Christian Albert, Mario Brillinger, Joshua Huang, Gerd Lupp, Sebastian Scheuer, Mareen Schlätel y Barbara Schröter. 2021. "Governance Models for Nature-Based Solutions: Seventeen Cases from Germany". *Ambio* 50 (8): 1610-1627. <https://doi.org/10.1007/s13280-020-01412-x>
- Zuniga-Teran, Adriana A., Andrea K. Gerlak, Brian Mayer, Tom P. Evans y Kevin E. Lansey. 2020. "Urban Resilience and Green Infrastructure Systems: Towards a Multidimensional Evaluation". *Current Opinion in Environmental Sustainability* 44: 42-47. <http://doi.org/10.1016/j.cosust.2020.05.001>

**Jochen Hack**

Doctor en Ingeniería Ambiental e Ingeniero Civil por la Universidad Técnica de Darmstadt. Profesor de Planificación Ambiental Digital de la Universidad de Hannover, Alemania. De 2018 a 2022 fue profesor de Ingeniería Ecológica de la Universidad Técnica de Darmstadt, Alemania. Es experto en la modelación ambiental y de soluciones basadas en la naturaleza, sistemas de geoinformación, el análisis de datos de teledetección, la infraestructura verde y servicios ecosistémicos.

**Lina Ojeda-Revah**

Doctora en Medio Ambiente y Desarrollo por la Universidad Autónoma de Baja California. Maestría en Ecología por la Universidad Nacional Autónoma de México y Bióloga por la Universidad Autónoma Metropolitana. Profesora-investigadora en El Colegio de la Frontera Norte, Tijuana, Baja California, México. Realiza investigación sobre áreas verdes urbanas e infraestructura verde, abordada desde diversas perspectivas (planeación, calidad, equidad, percepción, legislación, salud). Coordina y realiza trabajo aplicado en el laboratorio de resiliencia urbana Ecoparque.

**María Pérez Rubí**

Bióloga con Especialidad en Administración de Recursos Naturales por la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN) Managua. Magíster en Ciencias Ambientales y Calidad de Agua del IHE Delft Institute for Water Education. Ha trabajado en proyectos de investigación para el manejo de aguas residuales domésticas. Se ha desempeñado como funcionaria de la Autoridad Nacional de Agua de Nicaragua, involucrándose en el sector de agua y saneamiento. Actualmente es parte del Grupo SEE-URBAN-WATER trabajando iniciativas para restablecer la calidad de los recursos hídricos en ciudades de Centroamérica.

**Gonzalo Pradilla**

Doctorando en Ecología Urbana y Ciudades Sostenibles en la Universidad Leibniz de Hannover, Alemania. Maestría en Gestión Integrada de Recursos Hídricos y Biólogo por la Universidad Nacional de Colombia. Especialista en Gestión Integrada de Recursos Hídricos en Alemania. Su trabajo investigativo gira alrededor de la restauración de ríos en contextos urbanos y la interrelación entre la infraestructura verde, las soluciones basadas en la naturaleza, y la planeación urbana en Latinoamérica.

**Mercy J. Borbor-Córdova**

Oceanógrafa con un Ph.D. en ciencias ambientales del College of Environmental Science and Forestry de la State University of New York. Profesora de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL, Ecuador) e Investigadora Senior del Centro Internacional del Pacífico para la reducción del Riesgo de Desastres (ESPOL). Ha sido investigadora y funcionaria pública involucrada en procesos de toma de decisiones a nivel local, regional y nacional en áreas de gestión ambiental, salud y cambio climático. Es autora líder del Grupo III Mitigación del Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC).

**Gabriel Burgueño**

Doctor en Urbanismo por la Universidad de Buenos Aires. Licenciado en Planificación y Diseño del Paisaje por la misma universidad. Técnico en Jardinería por la Escuela Técnica Cristóbal María Hicken. Asesor en temas de planificación del paisaje natural en áreas naturales protegidas. Profesor Titular de Planificación y Diseño del Paisaje (I-IV) en Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo FADU-UBA. Trabaja sobre infraestructura azul y verde, especies invasoras, plantas endémicas y temas relacionados. Su último libro Plantas invasoras del Cono Sur (2022).

**Ana Alice Eleuterio**

Profesora adjunta del curso de Desarrollo Rural y Seguridad Alimentaria y del Posgrado en Biodiversidad Neotropical de la Universidad Federal de Integración Latinoamericana (UNILA, Brasil). Profesora colaboradora de la Especialización en Biología de la Conservación de la Universidad Nacional de Misiones (UNAM, Argentina). Doctora en Ecología por la Universidad de Florida (EE.UU., 2011). Coordinadora del Grupo de Investigación Análisis y Gestión de Sistemas Socio ecológicos/UNILA. Desarrolla investigaciones en el área de Sistemas Socio ecológicos, Ecología Urbana, Manejo Forestal, Agroecología y Ciencia Ciudadana.

**Daniela Rivera**

Ingeniera Ambiental del Tecnológico de Costa Rica, con Maestría en Ingeniería y Gerencia de Aguas Urbanas del IHE-Delft y especialidad en Liderazgo en Ingeniería de la Universidad de British Columbia. Se ha desempeñado como consultora en manejo de aguas y riesgo urbano en la Municipalidad de Curridabat. Actualmente es consultora en la Environmental Resources Management Consultancy, Canadá (ERM). Sus líneas de trabajo son la gestión integrada de aguas urbanas y planificación de infraestructura resiliente.

**Alexis Vásquez**

Investigador y académico del Departamento de Geografía de la Universidad de Chile. Su trabajo involucra investigación, asesoría y docencia en el campo de la planificación y sustentabilidad de paisajes urbanos y naturales. Se ha adjudicado fondos de investigación y asesoría nacionales e internacionales en este campo durante 15 años. Ha sido autor de varios artículos indexados en revistas científicas de alto impacto, capítulos en libros de alta circulación internacional y reportes técnicos y divulgación.