



CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA

DIVISIÓN DE EDUCACIÓN

PROGRAMA DE POSGRADO

Servicios ecosistémicos y gobernanza del arbolado urbano en San José, Costa Rica

Tesis sometida a consideración de la División de Educación y del Programa de Posgrado como requisito para optar al grado de

MAGISTER SCIENTIAE

en Economía, Desarrollo y Cambio Climático

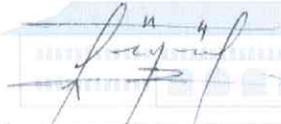
Presenta
José Félix Cercas Pérez

Turrialba, Costa Rica
Noviembre de 2021

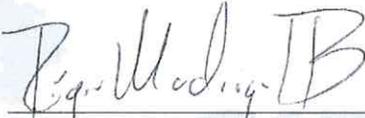
Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma por la División de Educación y la Escuela de Posgrado del CATIE y aprobada por el Comité Consejero del estudiante, como requisito parcial para optar por el grado de

**MAGISTER SCIENTIAE EN ECONOMÍA, DESARROLLO Y
CAMBIO CLIMÁTICO**

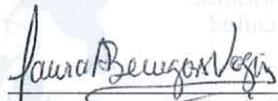
FIRMANTES:



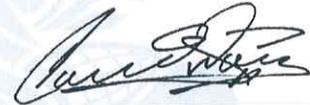
Luis Orozco Aguilar, Ph.D.
Codirector de tesis



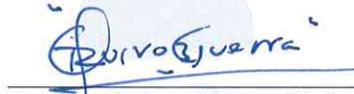
Roger Madrigal Ballester, Ph.D.
Codirector de tesis



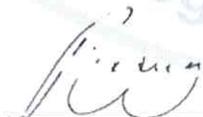
Laura Benegas Negri, Ph.D.
Miembro Comité Consejero



Camilo Ordoñez Barona, Ph.D.
Miembro Comité Consejero



Roberto Quiroz Guerra, Ph.D.
Decano, Escuela de Posgrado



José Félix Cercas Pérez
Candidato

Dedicatoria

Dedico esta tesis a mi familia, cuyos miembros son lo más sagrado que tengo, pero en especial a mi madre Julia, quien siempre creyó en mí.

A todas aquellas personas que también han depositado su confianza y fe en mí, a mis amigos, compañeros, profesores y mentores.

A mi país, México, con especial cariño, a Costa Rica y a todas aquellas personas que tienen el firme pensamiento de que los recursos naturales tienen un papel importante en nuestras vidas.

Agradecimientos

Gracias a Dios por darme esta oportunidad que muy pocos obtenemos. Gracias a mis padres, en especial a mi madre Julia, quien ha estado conmigo SIEMPRE, y a quien le debo todo lo que soy y por ser el principal motor de mis acciones.

Gracias a mi hermana Julia, quien incondicionalmente ha estado detrás de mí, diciéndome una y otra vez que puedo hacer lo impensable. A mis hermanos Enrique y Gerardo, quienes han depositado en mí su confianza. Gracias a mis hermanos Cristian y Cristina por estar al cuidado de mi madre mientras yo estaba realizando la estancia de la maestría en otro país. Gracias a mi hermanito Víctor.

Gracias a mis directores de tesis, PhD. Luis Orozco y PhD. Roger Madrigal, por la paciencia que me tuvieron en clases y en el desarrollo de la tesis. Gracias también al PhD. Camilo Ordoñez y a la PhD. Laura Benegas por sus aportes a esta obra. Gracias también muy especialmente a la Lic. Gabriela Sánchez por el apoyo tan fundamental para la culminación de esta obra.

Gracias a mis amigos de la escuela, a mis compañeros de clases Albert, Jeison, Enelvi, Stephanie y Yolanny. También a mis compañeros Cecilia, Venuz, Madeline, Sandro, Mabel, Liliam y Maria José.

Agradezco a mis mentores y profesores. Al profesor Luis Fernando Cabrera Castellanos, que en paz descanse y a la Dra. René Lozano Cortés por su soporte académico.

Agradezco al CATIE por la oportunidad de estudiar la maestría académica internacional en Economía, Desarrollo y Cambio Climático. También estoy agradecido con Costa Rica y su gente. Fue una experiencia grandiosa el estar en este país.

Y no puede faltar el agradecimiento al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y al Consejo Quintanarroense de Ciencia y Tecnología (COQCYT), por el soporte financiero y operativo que me han brindado desde el inicio de este proyecto.

De verdad les agradezco de todo corazón.

MUCHAS GRACIAS

Contenido

Índice de cuadros	vi
Índice de figuras	vi
Acrónimos	vii
Glosario	viii
Artículo: Servicios ecosistémicos y gobernanza del arbolado urbano en San José, Costa Rica	ix
Ecosystem services and governance of the urban forestry of San José, Costa Rica	x
1. Introducción	1
2. Revisión de literatura.....	2
a. Cuantificación de SE del arbolado urbano en LAC.....	2
b. Gobernanza del arbolado urbano	5
3. Metodología	7
a. Ubicación del área de estudio	7
b. Descripción del área de estudio.....	8
c. Cuantificación de los servicios ecosistémicos por medio de I-Tree Eco v6	9
d. Gobernanza y manejo del arbolado urbano en Costa Rica.....	12
4. Resultados.....	14
a. Indicadores generales de los parques seleccionados en San José, Costa Rica	14
b. Cuantificación de SE en el arbolado urbano en los cuatro distritos centrales del cantón de San José, Costa Rica	14
i. Almacenamiento de carbono	14
ii. Carbono capturado anualmente	15
iii. Producción anual de oxígeno	15
iv. Ecurrimiento superficial evitado anualmente.....	15
c. Modelo de gobernanza del arbolado urbano (MGAU).....	20
i. Marco normativo.....	20
ii. Los roles y funciones de los actores clave en el MGAU	22
iii. Interacciones de los actores clave en el MGAU.....	26
5. Discusión	27
6. Conclusiones y recomendaciones	32
a. Sobre la cuantificación de SE del arbolado urbano	32
BIBLIOGRAFÍA.....	35
ANEXO 1. Encuesta a actores del gobierno	42
ANEXO 2. Listado de los actores consultados para la encuesta semiestructurada	44

Índice de cuadros

Cuadro 1. Servicios ecosistémicos proveídos por la forestería urbana -----	2
Cuadro 2. Cuantificación de servicios ecosistémicos del arbolado urbano en distintas ciudades de Latinoamérica y el Caribe-----	5
Cuadro 3. Información geográfica y poblacional de interés para el estudio de los distritos seleccionados en el cantón de San José, Costa Rica -----	8
Cuadro 5. Parques seleccionados para la cuantificación de los servicios ecosistémicos del arbolado urbano, San José, Costa Rica -----	10
Cuadro 6. Descripción de los servicios ecosistémicos analizados con I-tree-----	10
Cuadro 7. Metodología utilizada por I-Tree para el cálculo de cada servicio ecosistémico ---	11

Índice de figuras

Figura 1 Distritos centrales del cantón de San José, Costa Rica	8
Figura 2 Método inductivo utilizado para establecer una clasificación de los roles de los actores clave en la gobernanza del arbolado urbano	13
Figura 3 Interior del Parque Nacional, distrito Carmen, San José, Costa Rica	16
Figura 4 Parque González Víquez, distrito Catedral, San José, Costa Rica	16
Figura 5 Parque Barrio México, Distrito Merced, San José, Costa Rica.....	17
Figura 6 Vista interior del parque Gral. José María Cañas, San José, Costa Rica	17
Figura 7 Gobernanza entre los actores clave en el manejo del arbolado urbano en San José, Costa Rica. 2021.....	31

Acrónimos

Acrónimo	Significado
ACC	Área de conservación central
ACRA	Asociación Costarricense de Arboricultura
CNFL	Compañía Nacional de Fuerza y Luz, Costa Rica
CB	Corredor biológico
CBI	Corredor biológico interurbano
CBMC	Corredor biológico marinos-costeros
CBM	Corredor Biológico Mesoamericano
DAP	Diámetro a la altura del pecho
GAM	Gran área metropolitana
GIZ	The Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit
INS	Instituto Nacional de Seguros, Costa Rica
INVU	Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo, Costa Rica
LAC	Latinoamérica y el Caribe
LT	Lineamiento técnico
MEA	Millennium Ecosystem Assessment
MAG	Ministerio de Agricultura y Ganadería, Costa Rica
MINAE	Ministerio de Ambiente y Energía, Costa Rica
MGAU	Modelo de gobernanza del arbolado urbano
ONG	Organizaciones no gubernamentales
PLANARBU	Plan de arborización urbana
PNDU	Política nacional de desarrollo urbano
PNCB	Programa Nacional de Corredores Biológicos, Costa Rica
SE	Servicios ecosistémicos
SyB	Servicios y beneficios
SICAP	Sistema Centroamericano de Áreas Protegidas
SINAC	Sistema Nacional de Áreas de Conservación, Costa Rica
UCR	Universidad de Costa Rica
UNED	Universidad Estatal a Distancia, Costa Rica
UNA	Universidad Nacional Autónoma, Costa Rica
UFORE	Urban Forest Effects

Glosario

Concepto	Definición
Actores clave	Se refiere al conjunto de organizaciones, instituciones tanto del estado como de la academia, públicas o privadas que tienen una injerencia importante en el proceso de gestión o que pueden influenciar significativamente en los proyectos de gobernanza.
Arbolado urbano / Foresta urbana	Conjunto de todos los individuos arbóreos que se encuentran en un territorio urbano.
Áreas verdes	Espacios disponibles a cielo abierto para la recreación formal o informal de la población. Además de poseer en su mayoría infraestructura verde como el arbolado urbano, también se encuentran elementos e instalaciones físicas recreativas instaladas para uso de la población.
Corredor biológico (CB)	Es un territorio continental, marino-costero e insular delimitado, cuyo propósito es proporcionar conectividad entre ecosistemas y paisajes, ya sea naturales o modificados, abarcando zonas rurales o urbanas, asegurando el mantenimiento de la biodiversidad y los procesos ecológicos y evolutivos y proporcionando espacios de concertación social para promover la inversión en la conservación y uso sostenible de la biodiversidad en esos espacios.
Corredor biológico interurbano (CBI)	Extensión territorial urbana que proporciona conectividad entre paisajes, ecosistemas y hábitats modificados o naturales, que interconectan microcuencas, tramos verdes de las ciudades (parques urbanos, áreas verdes, calles y avenidas arborizadas, línea férrea, isletas y bosque a orilla del río y otros) o áreas silvestres protegidas.
Gestión	Es un conjunto de acciones, tareas y procedimientos que se llevan a cabo para lograr un objetivo previamente determinado.
Gobernanza	Se refiere al proceso de participación de los actores clave en la planificación, diseño y gestión de las metas comunes o de un determinado objetivo. Su maduración se observa cuando se da la transición del concepto de gobierno local al de gobernanza local.
Modelo de gobernanza del arbolado urbano (MGAU)	Prototipo o sistema de referencia que describe todos los elementos y mecanismos de participación de los actores clave en la planificación, diseño y gestión que tienen el objetivo de aumentar el beneficio social potencial de los árboles en un sentido integral con el ecosistema en el plano territorial urbano.
Servicios ecosistémicos	Se refiere a los beneficios y funciones materiales e inmateriales que los diferentes ecosistemas ponen a disposición de la sociedad de forma natural y que además influyen directamente en el sostenimiento de la vida.
Silvicultura urbana	Disciplina que se encarga del cultivo y la ordenanza de árboles con el objetivo de aprovechar su contribución actual y potencial que estos pueden aportar a la población urbana, desde una perspectiva tanto fisiológica como social.
Sistema de información geográfica (SIG)	Sistema de información electrónica destinado a capturar, almacenar, administrar, integrar, manipular, analizar y presentar datos relacionados con la ubicación geográfica de los elementos (en este caso del arbolado urbano), que se encuentran en la superficie terrestre de interés.
Trama verde	Extensión de parques urbanos, áreas verdes, calles y avenidas arborizadas, líneas férreas, isletas y bosque a orilla de ríos en las ciudades.
Sostenibilidad	Característica con el cual se puede satisfacer las necesidades de la sociedad actual sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades.

Artículo: Servicios ecosistémicos y gobernanza del arbolado urbano en San José, Costa Rica

Cercas-Pérez, José Félix^a

Jose.cercas@catie.ac.cr

Resumen

Los servicios ecosistémicos que ofrecen los árboles de las ciudades son clave para hacer más resilientes y sostenibles a los territorios urbanos, por lo que su evaluación es clave para su gestión integral y efectiva. En el presente estudio se analiza, con ayuda del modelo I-Tree Eco, el potencial de provisión de cuatro SE de los parques con arbolado urbano ubicados en el centro de la ciudad de San José, Costa Rica. Con 1287 árboles, los parques urbanos del centro de la ciudad producen anualmente 40 toneladas de oxígeno, secuestran unas 15 toneladas de carbono y almacenan 443 toneladas de carbono. Este ejercicio puede considerarse en la toma de decisiones de los actores clave en la gobernanza del arbolado urbano, además de presentar una base que puede valorarse en el mediano o largo plazo. También se analizó, a través de entrevistas a actores clave y la revisión del marco normativo, el modelo de gobernanza del arbolado urbano que se encuentra presente en San José. Dicho modelo se encuentra en construcción y consolidación y los actores participan mediante diversas contribuciones y jugando determinados roles. El marco normativo presenta un avance al establecer algunas metas en común; sin embargo, existen aspectos importantes a desarrollar, como la descripción de cómo y cuándo accionar para preservar los espacios verdes y el alcance legal de cada entidad. También observamos el papel de la academia y como se integra en el proceso de gobernanza.

Palabras clave

Servicios ecosistémicos, gobernanza, trama verde, arbolado urbano, cuantificación de servicios ecosistémicos.

^a Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)

Ecosystem services and governance of the urban forestry of San José, Costa Rica

Cercas-Pérez, José Félix^b

Jose.cercas@catie.ac.cr

Abstract:

The ecosystem services (ES) offered by trees in cities are key to keep cities more resilient and sustainable, so their evaluation is key in their comprehensive and effective management. In this study, the supply potential of four ES of green parks with urban trees located in the center of the city of San José is analyzed with the help of the I-Tree Eco model. With 1,287 trees, urban parks in the city center produce 40 tons of oxygen annually and sequester about 15 tons of carbon and store 443 tons of carbon. This exercise can be introduced into the decision-making processes of the key actors in the governance of urban trees, in addition to presenting a basis that can be assessed in the medium or long term. The governance model of urban trees that is present in San José, Costa Rica, was also analyzed through interviews with key actors and review of the theoretical framework. This model is under construction and consolidation where the actors participate through various contributions and presenting certain roles. The regulatory framework presents an advance by establishing some common goals, however, there are important aspects to develop, such as the description of how and when to act to preserve green spaces and the legal scope of each entity. We look at the role of academia and how it is integrated into the governance process.

Keywords

Ecosystem services, governance, forestry, urban forestry, decision-making, ecosystem services quantification.

^b Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)

1. Introducción

En 2019 la población total de Latinoamérica y el Caribe (LAC), llegó a 647 millones de habitantes, de los cuales 523 millones eran población urbana (80,83%). Esto significa que al menos tres cuartas partes de la población de LAC se encuentran en zonas urbanas (Banco Mundial 2020). Aunado a esto, se prevé que para 2050 países de bajos y medianos ingresos aumentarán sus poblaciones urbanas a más del doble y el triple, respectivamente (Organización de las Naciones Unidas 2016).

La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible ha expresado a partir del Objetivo 11. *Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles*, la importancia de tomar acción en la planificación urbana en función de aumentar el bienestar de los habitantes (Organización de las Naciones Unidas 2015). La incorporación de más áreas verdes en la planificación urbana y el potencial de provisión de servicios ecosistémicos (SE) de estas áreas ayudan a llegar a este objetivo.

La baja planificación de las zonas urbanas y la sobreexplotación de los recursos naturales en los países no desarrollados y en desarrollo, produce una mayor vulnerabilidad en ellos ante los efectos del cambio climático y los fenómenos naturales extremos (Borelli *et al.* 2018). En este contexto, los bosques urbanos y periurbanos son una alternativa para las ciudades pues proporcionan SE de regulación, aprovisionamiento y culturales que permiten mejorar el bienestar de los ciudadanos y aumentan la resiliencia de las ciudades ante los efectos del cambio climático;(Dobbs *et al.* 2018 Cariñanos *et al.* 2018) Diversas iniciativas de gestión del arbolado en zonas urbanas de manera planificada producen externalidades positivas para la comunidad reflejadas en el aumento de los SE (De Bon *et al.* 2010).

Los servicios ambientales o servicios ecosistémicos son los beneficios y funciones materiales e inmateriales que los diferentes ecosistemas ponen a disposición de la sociedad de forma natural y, además influyen directamente en el sostenimiento de la vida (MEA 2005). En el **Cuadro 1** podemos observar algunos de los tipos de SE proveídos por el arbolado urbano.

Los SE del arbolado urbano producen múltiples beneficios para la sociedad (Roy *et al.* 2012), como por ejemplo la incidencia positiva en la salud física y mental de las personas, (Maas *et al.* 2009); o su potencial para disminuir la contaminación y el uso de la energía (Brack 2002). Diariamente cada árbol tiene la capacidad de absorber hasta 380 litros de agua e incorporarla al medio ambiente (Westing *et al.* 1961). Por otro lado, se estima que en un clima templado aproximadamente un tercio del total de agua recibida por una zona (precipitación) es devuelta a la atmósfera a través del proceso de evapotranspiración provocado por los árboles (BID 2013).

Sin embargo en LAC la gestión e investigación del arbolado urbano y de los SE es limitada geográficamente y pocos países como México, Brasil, Chile y Colombia presentan un número importante de publicaciones (Dobbs *et al.* 2019; Roy *et al.* 2012); además pocas veces incluyen consideraciones sociales y económicas (Ordóñez Barona *et al.* 2020). Es decir, existe poca participación de las ciencias sociales en temas relacionados con el manejo del arbolado urbano (Aldana-Domínguez *et al.* 2017). También se considera que debe realizarse un esfuerzo mayor por conocer la percepción pública sobre el paisaje urbano para elaborar mejores estrategias de gestión y políticas públicas (Perelman y Marconi 2016). En Costa Rica, Avellan Zumbado

(2020) expresa una falta de divulgación e investigaciones sobre los beneficios y la importancia del árbol en la ciudad y su incidencia en la mejora de la calidad de vida de los residentes.

El presente estudio tiene como objetivos determinar el potencial de provisión de los servicios ecosistémicos del arbolado urbano por parte de los parques y áreas verdes en el centro de la ciudad de San José a través de la cuantificación de SE que proveen y conocer las funciones y roles y la forma en cómo se relacionan para llegar a los objetivos en la gestión del arbolado urbano, es decir, conocer el modelo de gobernanza del arbolado urbano en San José, Costa Rica.

Cuadro 1. Servicios ecosistémicos proveídos por la forestería urbana

Servicio ecosistémico	Tipo de servicio ecosistémico
Estética	Cultural
Almacenamiento y secuestro de carbono	Regulación de riesgos naturales
Espacios recreativos	Cultural
Alimentos	Provisionamiento
Madera	Provisionamiento
Protección contra rayos UV	Regulación del clima
Purificación del aire	Regulación del aire
Mitigación de inundaciones	Regulación de riesgos naturales
Mitigación de sequías	Regulación del agua
Secuestro y almacenamiento de carbono	Regulación
Purificación del agua	Regulación del agua
Regulación de la temperatura	Regulación del clima

Fuente: Elaboración propia con datos de MEA (2005) y Gómez y Gil (2014)

La presente investigación ha contribuido, además, a la divulgación científica a través del sometimiento de un artículo ante la Revista Ambientico (<https://www.ambientico.una.ac.cr/>) al presentar resultados preliminares sobre la cuantificación de servicios ecosistémicos que se observan en la presente investigación.

2. Revisión de literatura

a. Cuantificación de SE del arbolado urbano en LAC

Los árboles urbanos ofrecen múltiples SE a la sociedad (Dobbs *et al.* 2018; Ordóñez y Duinker 2013). Para poder determinar el potencial de dichos SE del arbolado urbano es necesario realizar una evaluación de la estructura arbórea pues con ello es posible cuantificar dicho potencial (Nowak 2018; Orozco-Aguilar 2019).

Algunos ecosistemas donde se practica la cuantificación además del arbolado urbano, son las áreas de conservación (Hurtado *et al.* 2010) o manglares (Lewis *et al.* 2009; Kauffman *et al.* 2013), por mencionar algunos. La metodología utilizada para la cuantificación de los SE en distintos ecosistemas difiere en algunos procesos dentro de la cuantificación y es similar en otros debido a la complejidad de la estructura de cada uno. Los manglares, por ejemplo, difieren de los bosques terrestres en su composición y estructura lo que produce diferencias en sus formas de cuantificación. Una de las diferencias más evidentes es la presencia de raíces aéreas y neumatóforos existentes de manera prominente en los manglares (Kauffman *et al.* 2013). Por eso la cuantificación de carbono almacenado en manglares no solo implica el cálculo de la biomasa de los árboles dentro de dicho ecosistema (que tienen diferente estructura que los

árboles terrestres), también implica el cálculo de biomasa de hojarasca, madera caída y el suelo (Cifuentes Jara *et al.* 2018).

La cuantificación de los SE del arbolado urbano tiene diferentes objetivos, algunos tratan de encontrar los efectos o variaciones de determinados SE proveídos por la foresta urbana tras la implementación de un proyecto de restauración o arborización urbana contrastando escenarios posibles (Palmero Barrachina 2019, Retamal 2015); otros tienen el objetivo de evaluar la situación actual o de un determinado momento en el tiempo sobre la provisión de los SE en ciertas regiones o territorios para establecer una línea base con la cual se puedan medir los cambios y tendencias de la provisión a futuro o como fuente de información para los tomadores de decisiones (Chaparro y Terrasdas 2009; Arroyave Maya *et al.* 2018; Ortiz Nunez 2020; Gallo Cabeza 2017; González Pantoja 2019; De la Concha y Reynoso 2017; de la Concha *et al.* 2017).

En la actualidad existe el consenso de que uno de los métodos más usados para este ejercicio es el modelo UFORE (Urban Forest Effects) (Nowak *et al.* 2008), actualmente adoptado bajo el programa I-Tree Eco (www.itreetools.org), donde se evalúa la estructura del bosque urbano para determinar los beneficios que aporta. Diversos estudios utilizan este método (Palmero Barrachina 2019; Retamal 2015; Arroyave Maya *et al.* 2018; Chaparro y Terrasdas 2009; Ortiz Nunez 2020; González Pantoja 2019; Kim 2016; Navarro Perez de Leon 2013).

Los principales servicios ecosistémicos estimados por este modelo se pueden observar en el **Cuadro 4**. Diversos estudios en LAC han encontrado interesantes resultados en la evaluación de la estructura del arbolado urbano como parte de la cuantificación que ejecutan. A continuación, se describen.

Coyoacán, una delegación territorial de la ciudad de México, tiene una alta concentración turística y cultural. Navarro Perez de León (2013) estimó el potencial de los SE de árboles de las calles en 12 colonias de la delegación. Se observa que el potencial de provisión de SE puede incrementarse de manera importante si los árboles llegan a ser más grandes, por lo que es sumamente importante garantizar su mantenimiento y supervivencia. Se concluye además que existe una desigual distribución de provisión de SE entre las colonias debido a la baja cobertura arbórea y al mal diseño de los vecindarios. Se sugiere procurar una mayor equidad entre los vecindarios en los planes futuros de desarrollo urbano y territoriales.

Algo parecido sucede entre los ocho distritos de la ciudad de Mérida, Yucatán en México (de la Concha *et al.* 2017), donde el promedio de árboles por hectárea es de 96,2 individuos, pero el rango es desde 42,3 hasta los 122,3 árboles por hectárea, lo que refleja las brechas del potencial de provisión de SE entre los distritos. De la Concha *et al.* (2017) indican que las condiciones de los distritos tienen relación con el nivel de desarrollo. Aquellos distritos con un nivel de desarrollo más alto poseen una mejor infraestructura arbórea. Los autores reconocen que Mérida goza de un arbolado potencialmente competitivo, pues existe una alta cantidad de árboles, sin embargo, en su mayoría son pequeños y presentan una mala distribución.

En Playa del Carmen, Quintana Roo, México, De la Concha y Reynoso (2017), realizaron un inventario por muestreo y cuantificación de SE del arbolado urbano, encontrando una población de 582 775 árboles con una cobertura de 20,2% y una densidad de 104 árboles por hectárea. Su arbolado urbano tiene el potencial de remover 54,6 toneladas de partículas contaminantes al año, secuestrar 4311 toneladas métricas de carbono al año y producir 11 497 toneladas de oxígeno por año. El estudio recomienda regular el retiro de arbolado en las nuevas construcciones e implementar un programa de cuidado para árboles de 10 a 20 cm de DAP (diámetro a la altura del pecho), que representa la mayoría de la población de los árboles.

En la zona urbana del valle de Aburrá, Medellín, Colombia, Arroyave Maya *et al.* (2018) estimaron el potencial de remoción de contaminantes por parte del componente forestal. Dicho componente tiene la capacidad de remover 228 toneladas anuales de contaminantes atmosféricos. Los autores recomiendan la selección de especies con características de copa densa, follaje permanente y alta área foliar. Además, subraya la importancia de vincular la planificación urbana, las regulaciones ambientales y las políticas públicas con la silvicultura urbana con el fin de proporcionar mejoras en la calidad ambiental de las urbes.

En el caso de República dominicana, en la ciudad de Santo Domingo, a través de un inventario de 41 426 árboles Ortiz Nunez (2020), estimó el potencial de diversos SE del arbolado en la ciudad. Encontró que el 40% de los árboles que crecen en áreas verdes y parques son pequeños (DAP menor a 20 cm), por lo que recomienda planes de cuidado y mantenimiento para garantizar su supervivencia y aumentar la capacidad de provisión de SE en el mediano y largo plazo. La cuantificación de diversos SE del arbolado urbano que se han citado en este texto se resumen en el **Cuadro 2**.

En Costa Rica, en la ciudad de Turrialba, Benegas Negri *et al.* (2021), utilizaron el modelo I-Tree para determinar los aportes y efectos de los árboles en términos de servicios ecosistémicos sobre el territorio urbano por medio de una muestra en el casco de la ciudad. Identificaron a la especie *Erythrina poeppigiana* como la de mayor contribución al almacenamiento de carbono, a *Mangifera* sp. como la de mayor secuestro de carbono y producción de oxígeno y *Veitchia* sp. como la de mayor valor estructural.

Algunos estudios recomiendan la realización de inventarios completos o por medio de parcelas representativas de los árboles de las ciudades, de manera que las evaluaciones a la estructura del arbolado puedan ser sean viables y de esa manera se determine su evolución y tendencia (Navarro Perez 2017; Gallo Cabeza 2017; González Pantoja 2019; Ortiz Nunez 2020)

El **Cuadro 2** resume varias investigaciones sobre cuantificación de SE en LAC que abarcan distintos SE y territorios los cuales presentan una población diferente por lo que la densidad también lo es. También podemos observar que ciudades con altos niveles de población y con un nivel de urbanización mayor, como Coyoacán en la ciudad de México y Mérida en Yucatán, México, disponen de menos potencial de SE que otras ciudades con población reducida como Playa del Carmen, en Quintana Roo o la península de Santurce en Puerto Rico.

Cuadro 2. Cuantificación de servicios ecosistémicos del arbolado urbano en distintas ciudades de Latinoamérica y el Caribe

País	Ciudad o localidad	Territorio (km ²)	Población	Árboles	Cobertura arbórea (%)	Servicios ecosistémicos				
						Remoción de partículas contaminantes (tm/año)	Almacenamiento de carbono (ton)	Secuestro de carbono (tm/año)	Producción de oxígeno (tm/año)	Reducción de la escorrentía superficial (m ³ /año)
México	Coyoacán, ciudad de México	54,12	628 063	125 866	*	5,05	3952	115	-	10,202
	Mérida	240,00	830 732	2 318 000	21	175 000,00	182 000	16 640	32 890	455 000
	Playa del Carmen	56,30	304924	582 775	20	52,58	50 260	5011	12 600	208 200
Puerto Rico	Península Santurce	13,57	81 251	-	35	5,80	17 890	1395	3376	73 111
República Dominicana	Santo Domingo	104,44	450 000	41 426	29	8,10	13 131	585	1374	3017
Colombia	Valle de Aburra	192,7	3 500 000	688 000	23	228,00	-	-	-	-

Fuente: Realizado con datos de Navarro Perez de Leon (2013); Ortiz Nunez (2020); De la Concha y Reynoso (2017) y Arroyave Maya *et al.* (2018)

b. Gobernanza del arbolado urbano

La gobernanza parece tener una amplia definición en la literatura. Puede determinarse como los esfuerzos y herramientas utilizadas por grupos para dirigir acciones hacia metas que tienen en común (Salbitano *et al.* 2017), así como la autogestión que descansa en las redes interorganizacionales basadas en la interdependencia, el intercambio de recursos, reglas y una significativa autonomía (Espejel Mena 2014); sin embargo se reconoce que la mayoría integra un cambio estratégico en el que el sector gubernamental y no gubernamental comparten la toma de decisiones así como la creación de normas (Konijnendijk *et al.* 2018)

En la planificación, diseño y gestión de los bosques urbanos, la participación de todos los actores interesados es fundamental para garantizar la gobernanza eficaz de una ciudad (Salbitano *et al.* 2017). Estos procesos de gobernanza han evolucionado pues transmutamos de una gobernanza ejercida por los gobiernos a una en conjunto con el gobierno (Konijnendijk 2014; Salbitano *et al.* 2017), donde se enfatiza un modelo de cooperación entre actores estatales y no estatales que inciden en redes público-privadas (Espejel Mena 2014).

Los actores clave involucrados incluyen a profesionistas, gobiernos locales, asociaciones no gubernamentales, las instituciones del estado, la comunidad en general y el sector privado,

principalmente (Salbitano *et al.* 2017). La gobernanza entonces trata de abordar cómo es que se interrelacionan y cómo se dan soporte desde sus aportaciones para llegar a sus metas conjuntas (Konijnendijk *et al.* 2018).

La gobernanza de los bosques urbanos requiere que sus departamentos de planificación tengan habilidades técnicas y el conocimiento necesario para el cumplimiento funcional y efectivo de las metas de gestión (Salbitano *et al.* 2017). Es aquí donde entra la academia en acción. Tradicionalmente la academia, que está compuesta por profesionistas, trata de sensibilizar y educar a los demás actores (Konijnendijk *et al.* 2018); sin embargo, su papel debe ser más ambicioso y entrar dentro del proceso de gobernanza en las tomas de decisiones. De hecho, los criterios científicos que aporta la academia han tenido efectos positivos, como por ejemplo, desarrollar siembras bajo criterio científico y de esa manera disminuir la cantidad de especies arbóreas no aptas para la ciudad, como las especies invasivas (Arias 2013).

La ciudadanía representa un papel activo conformándose en asociaciones y ejerciendo presión sobre los gestores para tener resultados tangibles y una mejora continua en el manejo de los recursos arbóreos. Aquí es donde se materializan de algún modo las asociaciones no gubernamentales, ya que tienen mayor cercanía y simpatía con el resto de la sociedad para tomar acciones en conjunto con la sociedad en general (Konijnendijk 2014).

La literatura también resalta de manera importante y amplificada la necesidad creciente de incorporar en este proceso de gobernanza a los actores clave del ordenamiento territorial de las urbes (Salbitano *et al.* 2017; Arias 2013), así como desarrollar el marco normativo para incorporar en los planes de ordenamiento territorial estrategias que aumenten la cobertura arbórea (Arias 2013; Flores-xolocotzi 2012). La silvicultura urbana puede contribuir de manera significativa en este aspecto pues puede aportar mecanismos y herramientas para la conformación de dicho marco legal con base técnica y científica (Calaza *et al.* 2018). En este marco regulatorio es recomendable incluir las directrices y recomendaciones internacionales (Pérez-Medina y López-Falfán 2015).

Aunque Costa Rica no cuenta con un ente institucional a nivel nacional que regule la gestión del arbolado urbano específicamente, sí cuenta con organismos no gubernamentales como la Asociación Costarricense de Arboricultura (ACRA) y The Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ), ambas con aportaciones importantes en el cuidado y preservación del arbolado urbano que actúan en ciertos espacios y bajo ciertos marcos normativos.

La ACRA es una asociación sin fines de lucro dedicada al fomento y desarrollo de las buenas prácticas de la arboricultura en Costa Rica (www.acra.cr/acra), asociada al ente líder mundial en arboricultura urbana, la Sociedad Internacional de Arboricultura (ISA, por sus siglas en inglés) (Avellan Zumbado 2020). Por su parte, GIZ apoya la coordinación y financiamiento al Programa Nacional de Corredores Biológicos (PNCB), a través de estrategias nacionales que incluye a los parques con arbolado urbano exponiendo como meta el desarrollo de la interlocución entre diversos actores para fortalecer la gobernanza; lo anterior incluye la Gran

Área Metropolitana (GIZ 2019a), así como las demás áreas urbanas que se encuentren dentro de los CBI (GIZ 2019b).

En LAC existen pocos estudios que abarcan de manera específica el análisis de gobernanza (Ordoñez-Barona *et al.* 2020), en los modelos de gestión del arbolado urbano como el caso de Santo Domingo, República Dominicana (Rojas-Mancebo 2021) o Cochabamba, Bolivia (Konijnendijk *et al.* 2018); es decir, que analicen la forma en cómo los actores clave de la gestión se interrelacionan y logran en conjunto sus objetivos. Es importante mencionar que en Estados Unidos, Europa (Ambrose-oji *et al.* 2017; Marot *et al.* 2015) y Australia (Ordóñez *et al.* 2020) llevan la delantera en este sentido.

Sin embargo, si hay distintos estudios o esfuerzos que son parte del proceso de gobernanza, como las herramientas técnicas, científicas y normativas desarrolladas que pueden abonar al momento de estudiar los distintos modelos a partir de esa información. Los estudios son diversos, existen sobre estructura arbórea (Escobedo *et al.* 2006), proyectos de ley de protección de áreas verdes urbanas y planes de manejo integral (Asamblea Nacional de Panamá 2021; Mendoza 2021; Alcaldía de Panamá 2019; Congreso del Estado Quintana Roo 2017). En México, se han realizado diversos estudios de composición y estructura del arbolado urbano en sitios de interés en el país (Benavides Meza y Young Fernández Grandizo 2012, Alanís *et al.* 2014, Alanis 2005, Leal Elizondo *et al.* 2018), e inclusive estudios de ingobernabilidad analizando sus causas (Espejel Mena 2014).

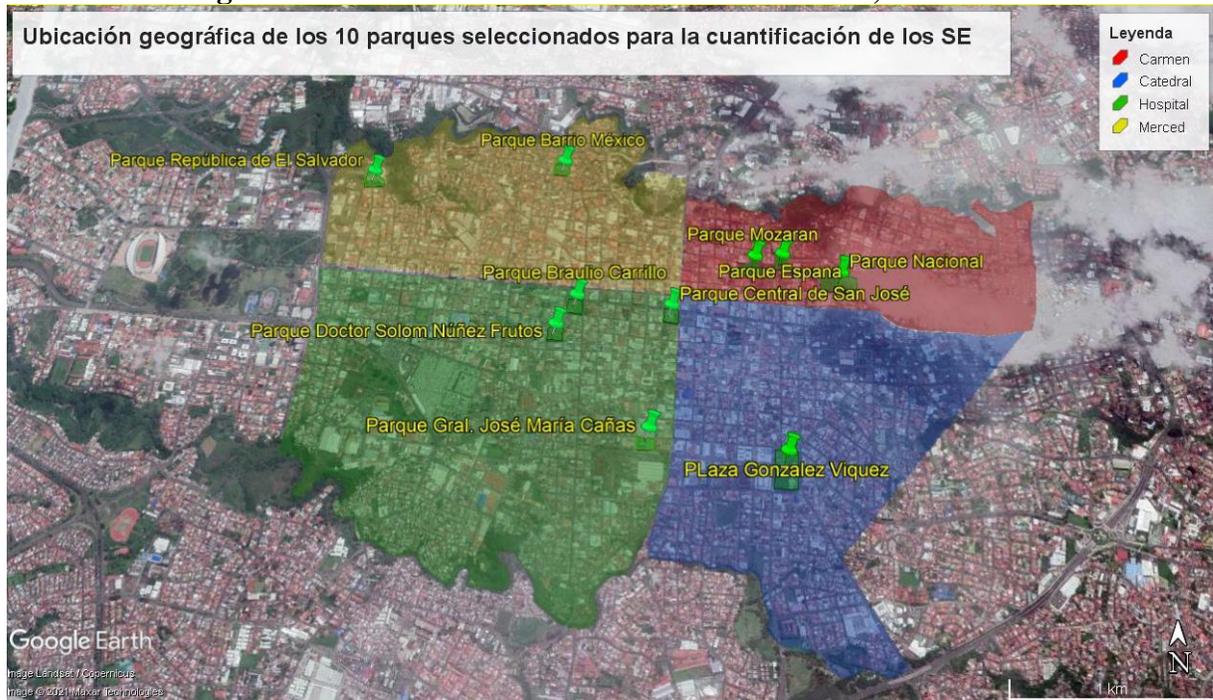
Aunque ya encontramos algunos planes maestros de gestión del arbolado que incorporan procesos de gobernanza en LAC (Asamblea Nacional de Panamá 2021; Alanis 2005), todavía en Costa Rica hace falta ese eslabón (Avellan Zumbado 2020). Aún queda mucho trabajo en el aspecto de estudiar los modelos de gobernanza en el marco de la gestión del arbolado urbano en LAC (Konijnendijk *et al.* 2018). Precisamente este estudio tratará de llenar ese vacío en el espectro investigativo, entender que hace cada actor en el proceso de gobernanza de la gestión del arbolado urbano, cómo lo hacen y cómo se interrelacionan. En la presente investigación vamos a analizar los avances de cada uno de estos actores clave.

3. Metodología

a. Ubicación del área de estudio

La cuantificación de los SE del arbolado urbano del cantón de San José, se aplicó a los parques y áreas verdes en los cuatro distritos centrales de dicho cantón: Merced, Carmen, Catedral y Hospital. (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). San José es el cantón número uno de la provincia de San José, capital del país. Tiene una extensión territorial de 44,62 km² representando un 0,9% del territorio costarricense (Municipalidad de San José 2016). La extensión territorial de cada uno de los distritos seleccionados, la superficie territorial relativa respecto al territorio cantonal, así como el área urbanizada cada uno de los distritos se observan la **Cuadro 3**.

Figura 1 Distritos centrales del cantón de San José, Costa Rica



Fuente: Elaboración propia con Google Earth Pro v7.3.3.7786

b. Descripción del área de estudio.

En el **Cuadro 3** se describen las principales características y datos de cada uno de los distritos seleccionados (Knowg *et al.* 2017). Se muestra la extensión territorial en kilómetros cuadrados, el número de habitantes total y mayor a 15 años y el área urbanizada y no urbanizada en kilómetros cuadrados.

Los distritos seleccionados tienen un área de 9,47 km² y representan un 21,35% del territorio del cantón de San José. La población de este territorio asciende a 53 914 habitantes. El área urbanizada es de 890 hectáreas frente a 50 hectáreas no urbanizadas, lo que significa que el área urbanizada representa el 94% de territorio estudiado.

Cuadro 3. Información geográfica y poblacional de interés para el estudio de los distritos seleccionados en el cantón de San José, Costa Rica

Distrito	Merced	Carmen	Hospital	Catedral	TOTAL
Extensión (km ²)	2,29	1,49	3,38	2,31	9,47
Porcentaje de área respecto al territorio cantonal	5,13	3,36	7,58	5,18	21,25
Población (mayor a 15 años)	9655	2431	15 096	10 742	37 924
Población	14 078	3174	21 807	14 855	53 914
Área urbanizada (ha)	191,7	143,6	321,1	233,2	889,60
Superficie con predios construidos (ha)	140,3	106,2	40,5	165,6	452,6
Superficie con vialidades (ha)	46,6	35,0	70,7	64,4	216,7
Superficie sin predios construidas (ha)	4,8	2,4	9,9	0,2	17,3
Área no urbanizada (ha)	28,6	5,9	10,8	4,3	49,6

Fuente: Elaboración propia con datos de Knowg *et al.* (2017) y Municipalidad de San José (2016)

c. Cuantificación de los servicios ecosistémicos por medio de I-Tree Eco v6

Existen dos tipos de enfoques para la cuantificación de los SE del arbolado urbano: el primero, un enfoque aéreo, de arriba hacia abajo, en donde se recolectan parámetros básicos sobre la cobertura arbórea; el segundo, un enfoque basado en el suelo, donde se toman y miden los atributos físicos de la estructura forestal; estos datos se obtienen a través de inventarios forestales. (Nowak 2018) afirma que (...) “aunque actualmente se están investigando y desarrollando diversos enfoques de tipo aéreo para obtener información específica de los árboles, el mejor enfoque actual para calcular muchas variables arbóreas es la medición de campo.”; es decir, el enfoque de suelo mediante la toma de mediciones y atributos biofísicos de los árboles. Por lo anterior es ideal utilizar un modelo que incluya dichas mediciones.

El modelo de I-Tree Eco v6 (www.itreetools.org/), utiliza información de la estructura de los bosques urbanos y datos biofísicos (como, por ejemplo, especie arbórea, diámetro a la altura del pecho, altura del árbol y estado fitosanitario), para estimar el aporte de cada SE que se desea analizar.

Cuadro 4. Principales atributos del arbolado urbano cuantificados por I-Tree Eco

Efecto en el ecosistema	Atributo	Cuantificación por I-Tree Eco
Atmósfera	Consumo de energía en edificios	●
	Captura de carbono	●
	Almacenamiento de carbono	●
	Eliminación de la contaminación	●
Terrestre	Plantas invasivas	●
	Hábitat de flora y fauna	●
Agua	Escorrentía evitada	●
	Intercepción de precipitaciones	●
	Calidad del Agua	●

Fuente: Nowak (2018)

Fuente de los datos: inventario de la foresta urbana en San José (2010)

En 2004 la municipalidad de San José desarrolló el plan de arborización urbana y con ello generó el inventario de la foresta urbana de todos sus parques y áreas con trama verde (Sánchez y Artavia 2013). Dicho inventario permite conocer la cantidad de árboles y arbustos de las áreas verdes del cantón, además de ciertas características de sanidad. Cada árbol fue tratado como individuo y posee una ficha técnica que indican el nombre científico, altura, diámetro, estado fitosanitario, manejo silvicultural recibido o que debe recibir, daños/conflictos con la infraestructura urbana que ha causado el individuo y georreferenciación de cada uno.

El inventario abarca 47 901 individuos entre árboles, arbustos y palmas, conformados por 485 especies distribuidas en 101 familias. El 58% de las especies son exóticas y el 42% nativas. Estos datos se conformaron en una base de datos disponible y sus resultados están publicados en la edición 232-233 de la Revista Ambientico (Sánchez y Artavia 2013).

Se seleccionaron los inventarios completos de árboles de los 10 parques (**Cuadro 4**), localizados en los cuatro distritos seleccionados (**Cuadro 3**). La **Figura 1** muestra la distribución geográfica de los parques seleccionados.

Una vez tabulados los datos en la hoja de cálculo electrónica, se introdujeron al programa I-Tree Eco V6 creando un proyecto de evaluación por parque; se realizaron en total 10 proyectos. En cada proyecto se le indicó al I-tree que el tipo de proyecto es un inventario completo, el lugar del proyecto (Costa Rica) y la población de los cuatro distritos. Se seleccionaron los datos de temperatura y lluvia disponible del año 2018 a partir de la estación meteorológica del Aeropuerto Internacional Juan Santamaría.

Cuadro 4. Parques seleccionados para la cuantificación de los servicios ecosistémicos del arbolado urbano, San José, Costa Rica

Distrito	Parque	Superficie total del parque (m ²)	Cantidad de árboles
Merced	República de El Salvador	9697	46
	Barrio México	7044	12
Hospital	Braulio Carrillo (La Merced)	7442	70
	Doctor Solom Núñez Frutos (Ministerio de Salud)	7011	50
	Gral. José María Cañas	6164	26
	Parque Central de San José	6907	30
Catedral	Plaza González Víquez	26 148	85
Carmen	España	7459	167
	Morazán (templo de la música)	10 318	125
	Nacional	23 421	676
Totales		111 611	1287

Primero, se ingresó al modelo I-Tree Eco los campos de datos requeridos: ID, brigada (en este caso por distrito), altura en metros y DAP en centímetros. Después se procedió a realizar una revisión de los datos para solventar problemas de formato en numeración. Después se procesaron los datos para obtener los resultados requeridos. Los servicios ecosistémicos seleccionados a cuantificar se observan en el **Cuadro 5**.

Cuadro 5. Descripción de los servicios ecosistémicos analizados con I-tree

Servicio ecosistémico	Descripción del servicio ecosistémico
Almacenamiento de carbono	Conforme un árbol crece, almacena más carbono sujetándolo en su tejido. Cuando el árbol se muere y descompone, nuevamente libera la mayoría del carbono almacenado a la atmósfera. Por lo tanto, el almacenamiento de carbono es una indicación del balance de carbono en una ciudad. (Cariñanos <i>et al.</i> 2018; Borelli <i>et al.</i> 2018; Nowak <i>et al.</i> 2002).
Secuestro de carbono	El secuestro de carbono es la eliminación del dióxido de carbono del aire por las plantas. Ayuda a mitigar los efectos del cambio climático, como por ejemplo a disminuir la intensidad de las islas de calor en las ciudades que provocan estrés a la población (Cariñanos <i>et al.</i> 2018; Dobbs <i>et al.</i> 2018; Calaza y Hiemstra 2018).
Producción de oxígeno	La producción de oxígeno es considerada como uno de los servicios ecosistémicos más importantes por parte del arbolado urbano. La producción de oxígeno neta al año de un árbol se relaciona directamente con la cantidad de biomasa y carbono que secuestra (Cariñanos <i>et al.</i> 2018)
Escurrimiento evitado	Un árbol grande puede interceptar hasta 190 litros de agua durante un episodio de lluvias, con lo que reduce la escorrentía y el riesgo de que se produzcan inundaciones y desprendimientos de tierra.

La metodología utilizada por el modelo I-Tree Eco para cada servicio ecosistémico se observa en el **Cuadro 6**.

Cuadro 6. Metodología utilizada por I-Tree para el cálculo de cada servicio ecosistémico

Servicio ecosistémico	Metodología utilizada en I-Tree ¹
Almacenamiento de carbono	<p>Para obtener el almacenamiento de carbono que aporta el arbolado urbano, se calcula cuánto carbono almacena cada uno de los árboles. Para ello se utilizan ecuaciones alométricas de la literatura. Las ecuaciones que calculan la biomasa aérea se convierten en biomasa de árboles enteros. Para el caso de árboles maduros se realiza un ajuste, ya que tienden a tener menos biomasa que la que predicen las ecuaciones alométricas de la literatura. Este ajuste se realiza multiplicando la biomasa resultante por 0,80. La biomasa total de peso seco de los árboles se convierte en carbono total almacenado multiplicándolo por 0,05.</p> <p>En caso de no encontrarse en la base de datos una ecuación alométrica de una especie en particular, el programa utiliza el promedio de los resultados de las ecuaciones del mismo género de árboles. Si no se encuentra un género en específico, se procede a utilizar un promedio de los resultados de todas las ecuaciones de hoja ancha o coníferas.</p>
Secuestro de carbono	<p>I-Tree calcula la cantidad de secuestro bruto de carbono anualmente por medio de mediciones en el crecimiento y evolución de cada árbol. El crecimiento medio del diámetro y la clase de diámetro se agregó al diámetro del árbol existente (año X) para estimar el diámetro del árbol en el año $x + 1$.</p> <p>Para los árboles en usos de la tierra con una estructura similar a un parque, el crecimiento promedio en DAP^c fue 0,61 centímetros por año. La diferencia en las estimaciones de almacenamiento de carbono entre el <i>año x</i> y <i>año x + 1</i> es la cantidad bruta de carbono secuestrado anualmente.</p>
Producción de oxígeno	<p>La cantidad de oxígeno producido se calcula con base al secuestro de carbono con respecto a sus pesos atómicos: liberación neta de O₂ (kg/año) = secuestro neto de C (kg/año) x 32/12. Para calcular el índice de secuestro neto de carbono, la cantidad de carbono secuestrado como resultado del crecimiento del árbol se reduce por la cantidad perdida que resulta de la mortalidad del árbol.</p>
Escurrimiento evitado	<p>El escurrimiento superficial evitado anual se calcula con base en las precipitaciones interceptadas por la vegetación, en particular la diferencia entre el escurrimiento anual con y sin vegetación. Únicamente toma en cuenta la precipitación interceptada por las hojas de la vegetación. Para el cálculo, se analizan dos escenarios, uno real y otro hipotético.</p> <p>En ambos casos se asume que el 74,5% del área urbana es permeable y el restante 25,5% es superficie impermeable. En el escenario real, se estima el potencial del escurrimiento evitado por medio de la intercepción que la lluvia tiene con las hojas y en el escenario hipotético se estima el escurrimiento que existe sin las hojas de los árboles. Como en este caso solo se estima la intersección de las hojas y no así de las demás partes del árbol, los resultados podrían tener una subestimación sobre las cifras reales.</p>

d. Gobernanza y manejo del arbolado urbano en Costa Rica

Para alcanzar el objetivo segundo de esta investigación se plantearon dos preguntas: ¿Cuál es la estructura institucional sobre la planificación, diseño y gestión en el marco de la gobernanza del arbolado urbano en San José, Costa Rica? y ¿Cuáles son las funciones, roles, actividades, alcances y cómo dichas instituciones y organizaciones se ven involucradas en la planificación, diseño y gestión del arbolado urbano en San José, Costa Rica?

Para contestar dichas preguntas se realizaron dos procedimientos de investigación de enfoque cualitativo. El primero fue la aplicación de entrevistas a distintos gestores y tomadores de decisiones de instituciones académicas, asociaciones no gubernamentales y del estado que tuvieran incidencia en algún grado en el manejo del arbolado urbano. El segundo enfoque fue la revisión de las normas, leyes y reglamentos del país que dictan medidas con algún grado de manejo del arbolado urbano. Se incluyó la Constitución Política de Costa Rica, diferentes leyes orgánicas, decretos presidenciales, así como planes nacionales y reglamentos institucionales a nivel cantonal. Se utilizó la página oficial de la Asamblea Legislativa de Costa Rica y el Poder Judicial para descargar los textos normativos de interés y realizar los análisis.

Se contactaron 15 gestores de diferentes instituciones públicas y privadas del país con incidencia en el manejo y gestión del arbolado urbano entre diciembre de 2020 y junio de 2021. Se realizaron 13 entrevistas de las cuales 11 se desarrollaron en su totalidad: tres universidades nacionales (Universidad de Costa Rica (UCR), Universidad Nacional Autónoma (UNA) y la Universidad Estatal a Distancia (UNED)); cuatro organizaciones no gubernamentales sin fines de lucro (Rutas Naturbadas, Río Urbano, Amigos del Río Torres y la Asociación Costarricense de Arboricultura); los restantes fueron entidades del gobierno (Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo (INVU), Instituto Nacional de Seguros (INS), Municipalidad de San José, Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) y Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL). También se realizó entrevista a personal de las áreas de manejo de parques y áreas públicas de las municipalidades de Goicoechea, Montes de Oca, Curridabat, Tibás y Alajuelita.

Las entrevistas (Anexo 1), fueron semiestructuradas y aplicadas vía videollamada a través de la plataforma Teams (debido a la contingencia sanitaria COVID-19 que aquejaba al momento de la realización de este estudio), con una breve introducción que explicaba el motivo de la entrevista, los objetivos del estudio y buscaba el consentimiento informado. De las entrevistas se obtuvieron, en una primera parte, datos generales del entrevistado como nombre, institución, cargo, sexo y profesión. En la segunda parte se realizaron preguntas sobre su papel en la planificación, diseño y control del arbolado urbano, basado en cinco ejes: tipo de institución, el grado de participación de la entidad, el nivel territorial de involucramiento, los espacios que la entidad puede gestionar y si las actividades están fundamentadas en un marco normativo escrito o es por orden consuetudinario. En un tercer apartado se hicieron preguntas relacionadas con las relaciones que tienen con otras instituciones en sus funciones con respecto al manejo de los árboles en la ciudad.

La información recopilada de las entrevistas se examinó mediante un análisis temático de tipo inductivo (Mireles Barrera *et al.* 2012) (Figura 2), a través de una matriz de información que se tabuló en hojas de cálculo. Este enfoque permitió clasificar la información para establecer una tipología en las funciones y roles de cada agente examinado. Al realizar la captura de la información de las entrevistas se respetó el lenguaje del entrevistador. Se verificó que las oraciones clasificadas tuvieran coherencia y presentaran relevancia para el tema seleccionado.

Se procedió a realizar una lectura horizontal para determinar las funciones que pudieran mencionarse a lo largo de toda la entrevista. De esta manera se formaron oraciones sobre las funciones que desarrollan cada uno de los agentes a partir de la información aportada.

Al establecer la clasificación de los roles se tomaron ideas particulares en las descripciones de las actividades de cada actor y se procedió a estructurar roles que pudieran englobar esas actividades para cada uno de tal manera que dieran una idea más general. Estas ideas permitieron tener una tabla de roles aplicables a los actores, en donde un actor pudiera tener uno o más roles y cada rol pudiera funcionar con una o más actividades específicas.

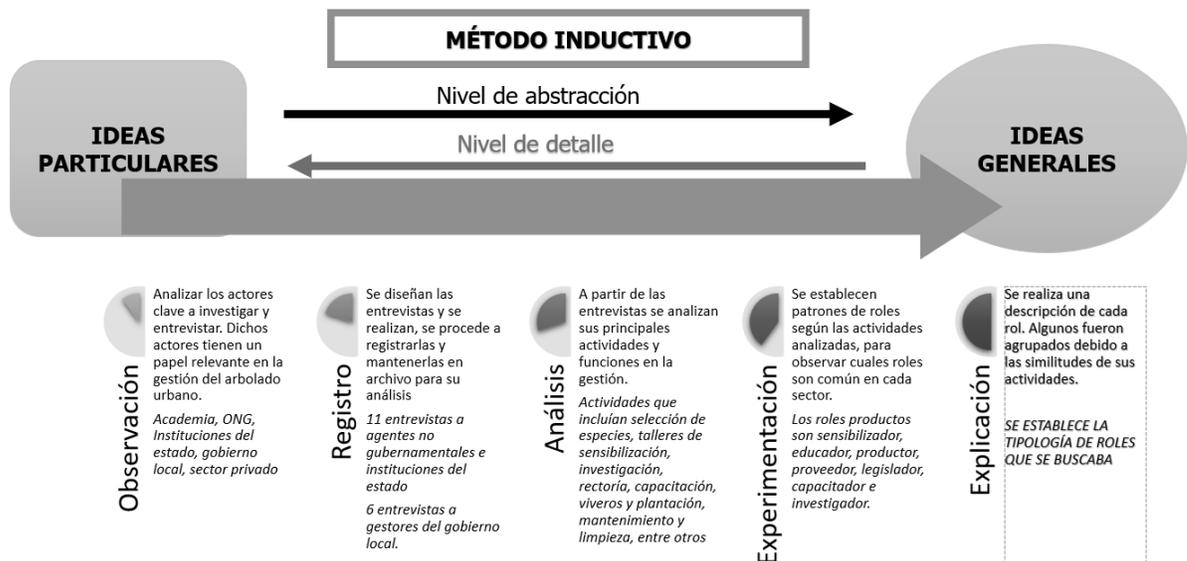


Figura 2 Método inductivo utilizado para establecer una clasificación de los roles de los actores clave en la gobernanza del arbolado urbano

4. Resultados

a. Indicadores generales de los parques seleccionados en San José, Costa Rica

El centro de la ciudad de San José consta de cuatro distritos de los once que posee el cantón. Esta zona posee una población total de 47 165 habitantes (2016). En este territorio se evaluaron 10 parques urbanos con arbolado con una superficie total de 9,47 km y una cobertura arbórea media de 3900 m². Las especies arbóreas más abundantes fueron *Ficus benjamina* (exótica), *Ligustrum lucidum* (exótica), *Tabebuia rosea* (nativa), *Phoenix roebelenii* (exótica) y *Citharexylum* (nativa). La cantidad de árboles, uno de los indicadores más importantes al analizar la estructura arbórea, se observa de manera importante en el distrito del Carmen, siendo el Parque Nacional el principal parque pues alberga 676 árboles, lo que representa el 52% de todos los árboles de los 10 parques seleccionados.

En el caso de la cobertura arbórea, el distrito del Carmen tiene dos veces más cobertura (20 777 m²) que la suma de los distritos restantes (9116 m²); el distrito Catedral también presenta una cobertura arbórea importante con respecto a los demás distritos (6406 m²). Sin embargo, los distritos de La Merced y Catedral presentan una cobertura reducida con 10,84% y 3,43%, siendo Barrio México y Plaza González Víquez los parques con las coberturas más bajas (menos del 4%). Al observar la cobertura arbórea como porcentaje del área del parque urbano, los distritos Carmen y Hospital presentan buenos indicadores con 50% y 23,27% respectivamente. En el caso del distrito del Carmen, el parque Nacional y España presentan buena cobertura (más del 50%) en contraste con el parque Morazán (26%).

b. Cuantificación de SE en el arbolado urbano en los cuatro distritos centrales del cantón de San José, Costa Rica

Se puede observar que el atributo más importante para entender el potencial de provisión de SE del arbolado urbano es el área foliar (Nowak 2018), pues al aumentar esta variable también aumenta la oferta de SE que los árboles urbanos proveen. Así mismo, se puede apreciar que los parques del distrito Carmen tienen una mayor provisión de SE debido a que cuentan con 968 árboles, seguido de los parques del distrito Hospital (176 árboles), Catedral (85 árboles) y La Merced (58 árboles). Los SE que se cuantificaron son almacenamiento y captura de carbono, producción de oxígeno y escurrimiento evitado. A continuación, se enlistan los resultados encontrados para cada SE.

i. Almacenamiento de carbono

El almacenamiento de carbono es un indicador de la cantidad que se puede liberar a la atmósfera, si se permite que los árboles mueran y se descompongan. (i-Tree Manual de Usuario 2017). Los resultados muestran que en los 10 parques evaluados existe un *stock* de 443,25 toneladas métricas de carbono que debe ser conservado mediante una buena silvicultura y gestión del arbolado.

Si desagregamos el nivel de carbono almacenado por parque, observamos que el Parque Nacional almacena más que cualquier otro considerado en el estudio debido, evidentemente, a la cantidad de árboles registrados. Sin embargo, el parque Braulio Carrillo (70 árboles) a pesar de estar por debajo en cantidad de árboles que los parques España (167 árboles) y Morazán (125), presenta un mayor *stock* de carbono (66,78 toneladas), debido a que sus árboles son maduros y tiene un DAP mayor (es decir, son predominantemente más grandes). El *stock* del carbono de un parque depende del número y tamaño de los árboles (Navarro Perez de Leon 2013). Las especies arbóreas con mayor aporte al *stock* de carbono fueron *Spathodea campanulata*, *Ficus benjamina* y *Erythrina poeppigiana*, que en conjunto almacenan unas 141 toneladas, lo que representa un 30% del total de todos los parques.

ii. Carbono capturado anualmente

Los árboles reducen la cantidad de carbono en la atmosfera al secuestrar carbono con cada año de crecimiento. El reporte de I-tree estimó una tasa de acumulación de 14,85 toneladas métricas de carbono al año en los 10 parques evaluados.

La capacidad de secuestro de carbono de los parques depende tanto del número de árboles como de las tasas de crecimiento de las especies presentes. Las tres especies con mayor contribución a la captura de carbono son *Spathodea campanulata*, *Ficus benjamina* y *Cupressus lusitanica*.

iii. Producción anual de oxígeno

La producción de oxígeno es uno de los beneficios de los árboles con mayor reconocimiento entre los expertos forestales urbanos (i-Tree Manual de Usuario 2017). La producción anual de oxígeno de un árbol se encuentra ligada directamente con la cantidad de carbono que es secuestrado, la cual a su vez se vincula con la acumulación de biomasa. Se estimó que en los 10 parques evaluados en los cuatro distritos seleccionados (Merced, Hospital, Catedral y Carmen), se genera un total de 40 toneladas métricas de oxígeno anualmente.

Al igual que en el caso de captura de carbono, las tres especies con mayor producción de oxígeno son *Spathodea campanulata* (presente en los parques Ministerio de Salud, Parque Central de San José, Parque González Víquez, Parque España y Parque Nacional), *Ficus benjamina* (presente en los parques El Salvador, Barrio México, Braulio Carrillo, Ministerio de Salud, José María Cañas) y *Cupressus lusitanica* (Ubicada únicamente en el Parque Nacional).

iv. Escurrimiento superficial evitado anualmente

El escurrimiento superficial es la cantidad de la precipitación que llega al suelo y no se filtra. En las ciudades las grandes extensiones superficiales impermeables aumentan la cantidad de escurrimiento superficial; sin embargo, los árboles urbanos reducen este efecto. Los árboles interceptan la precipitación con la cobertura foliar y, por otro lado, el sistema de raíces de los árboles promueve la infiltración y el almacenamiento del agua en el suelo. Se estimó que el volumen de escurrimiento superficial evitado en los 10 parques fue de 985 metros cúbicos anuales.

También observamos la importancia de los inventarios del arbolado urbano, pues son el recurso fundamental para realizar el análisis sobre la estructura arbórea con datos precisos. Esta opinión

es compartida por varios autores (Navarro Perez 2017; Gallo Cabeza 2017; González Pantoja 2019; Ortiz Nunez 2020). En el **Cuadro 8** podemos observar los principales indicadores obtenidos en el análisis por parque urbano y por distrito. En las **figuras 3, 4, 5 y 6** podemos observar a algunas fotografías de los diferentes parques estudiados.

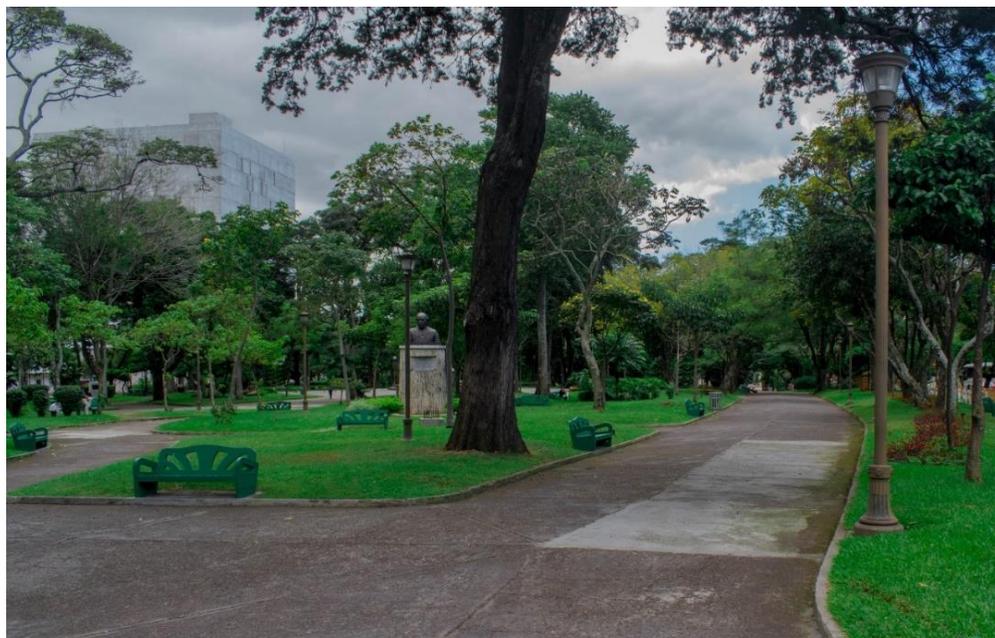


Figura 3 Interior del Parque Nacional, distrito Carmen, San José, Costa Rica
(Tomada el 18 de diciembre de 2020 por José Félix Cercas)



Figura 4 Parque González Víquez, distrito Catedral, San José, Costa Rica
(Tomada el 2 de febrero de 2021 por Daniel Corrales Sancho)



Figura 5 Parque Barrio México, Distrito Merced, San José, Costa Rica
(Tomada el 18 de diciembre de 2020, por José Félix Cercas)



Figura 6 Vista interior del parque Gral. José María Cañas, San José, Costa Rica
(Tomada el 18 de diciembre de 2020 por José Félix Cercas)

Cuadro 8. Principales indicadores biofísicos de los 10 parques del cantón central de San José, Costa Rica

Distrito	Parque o zona con arbolado urbano	Población total ⁻¹	Extensión territorial (km ²)	Árboles por habitantes	Superficie verde per-cápita (área verde m ² / habitantes)	Superficie total del parque (m ²)	Cantidad de árboles	% de árboles con DAP menor a 6" (15,2 cm)	Cobertura arbórea (m ²)	Cobertura arbórea / área de parque
Merced	República de El Salvador	12 257	2,29	0,00	1,36	9697,00	46	43,5	1540	15,88%
	Barrio México					7044,00	12	66,7	274	3,89%
						16 741,00	58	55,1	1814	10,84%
Hospital	Braulio Carrillo (La Merced)	19 270	3,38	0,01	1,42	7442,00	70	54,3	2075	27,88%
	Doctor Solom Núñez Frutos					7011,00	50	26,0	2538	36,20%
	Gral. José María Cañas					6164,00	26	61,5	904	14,67%
	Parque Central de San José					6,907,00	30	10,0	889	12,87%
						27 524,00	176	37,9	6406	23,27%
Catedral	Plaza González Víquez	12 936	2,31	0,01	2,02	26 148,00	85	78,8	896	3,43%
						26 148,00	85	78,8	896	3,43%
Carmen	España	2702	1,49	0,35	15,25	7459,00	167	50,3	4620	61,94%
	Morazán (templo de la música)					10 318,00	125	56,0	2687	26,04%
	Nacional					23 421,00	676	63,3	13470	57,51%
						41 198,00	968	56,5	20 777	50%
Totales		47 165	9	0	20	111611	1,287	57,0	29 893	26,78%

Cuadro 9. Cuantificación de los cuatro servicios ecosistémicos seleccionados en los cuatro distritos centrales de San José, Costa Rica

Distrito	Parque con arbolado urbano	Especies más comunes	No de árboles	SERVICIOS ECOSISTÉMICOS			
				Almacenamiento de carbono (tonelada métrica)	Secuestro de carbono (tonelada métrica/año)	Producción de oxígeno (tonelada métrica/año)	Escurrimiento evitado (metro cúbico/año)
Merced	República de El Salvador	<i>Yucca guatemalensis, Bauhinia monandra, Erythrina poeppigiana</i>	46	42,20	0,89	2,38	49,76
	Barrio México	<i>Cedrela odorata, Ficus benjamina, Parkinsonia aculeata</i>	12	3,11	0,16	0,43	9,17
			58	45,31	1,05	2,81	58,93
Hospital	Braulio Carrillo (La Merced)	<i>Ficus benjamina, Murraya paniculata, Ligustrum lucidum</i>	70	66,78	1,21	3,21	67,24
	Doctor Solom Núñez Frutos (Ministerio de Salud)	<i>Tabebuia rosea, Casuarina equisetifolia, Plumbago auriculata</i>	50	26,55	1,01	2,70	89,30
	Gral. José María Cañas	<i>Callistemon salignus, Ligustrum lucidum, Eucalyptus citriodora</i>	26	9,24	0,41	1,10	28,80
	Parque Central de San José	<i>Roystonea oleracea, Tabebuia rosea, Diphysa carthagenensis</i>	30	11,50	0,45	1,18	31,13
			176	114,07	3,07	8,19	216,47
Catedral	Plaza González Víquez	<i>Lagerstroemia speciosa, Hibiscus rosa-sinensis, Phoenix roebelenii</i>	85	8,67	0,40	1,06	27,92
			85	8,67	0,40	1,06	27,92
Carmen	España	<i>Citharexylum, Phoenix roebelenii, Spathodea campanulata</i>	167	60,62	2,27	6,06	149,60
	Morazán (templo de la música)	<i>Citharexylum, Jacaranda mimosifolia, Rhododendron arboreum</i>	125	36,28	1,36	3,63	87,53
	Nacional	<i>Schefflera samoensis, Duranta erecta, Citharexylum tristachyum</i>	676	178,30	6,69	17,85	444,30
			968	275,20	10,33	27,54	681,43
Totales			1287	443,25	14,85	39,60	984,75

c. Modelo de gobernanza del arbolado urbano (MGAU)

A continuación, se describen los resultados sobre la conformación del MGAU en San José, Costa Rica. Primero se describe el avance actual del marco normativo, después se enlistan las funciones y los roles que han tomado cada uno de los actores involucrados en la gestión del arbolado urbano, finalmente, se ejemplifica la red de interacciones que tienen los actores. Todo lo anterior nos permite esquematizar el modelo actual de gobernanza del arbolado urbano.

i. Marco normativo

La constitución Política de Costa Rica, en el artículo 50, establece la base para el desarrollo de política nacional que asegure la proliferación de ambientes ecológicos y equilibrados en todo el territorio del país, incluyendo las ciudades, dado que dicho artículo dice a la letra que "*... Toda persona tiene derecho a un ambiente sano y ecológicamente equilibrado. Por ello, está legitimada para denunciar los actos que infrinjan ese derecho y para reclamar la reparación del daño causado.*"

Esta directriz se encuentra reforzada en el artículo 28 de la Ley Orgánica del Ambiente 7554 y la Ley de la Planificación Urbana No. 4240, que dotan de facultad tanto al Estado como a las municipalidades de emitir y promulgar normatividad e instrumentos para conseguir un ambiente sano y equilibrado donde se logre la armonía entre el mayor bienestar de la población, el aprovechamiento de los recursos naturales y la conservación del ambiente. También la Ley de la Biodiversidad No. 7788, en su artículo décimo, decreta que la política nacional se deberá encaminar a conservar la biodiversidad y el uso sostenible de los recursos naturales, lo que indudablemente incluye a los árboles de las zonas urbanas.

Recientemente, mediante la implementación de la Política Nacional de Desarrollo Urbano 2018-2030 (PNDU 2018-2030), algunos lineamientos técnicos (LT) como el LT 221, establecen que los gobiernos locales deben encargarse del mantenimiento de áreas verdes y recreativas en las ciudades. El LT 229 indica que el diseño de áreas verdes y recreativas, incluyendo zonas arboladas, son fundamentales para contribuir en la mejora de la seguridad pública mediante la disminución de la delincuencia debido a la integración de espacios públicos.

Un primer ejercicio del gobierno de Costa Rica para reconocer explícitamente en sus leyes el término del arbolado urbano es la promulgación del decreto No. 40043 MINAE en el año 2006, que presenta un marco regulatorio para instalar, operar y evaluar los correderos biológicos (CB), incorporando dentro de ellos los corredores biológicos interurbanos (CBI). Dentro de este documento, al establecer los CBI, se establece en el artículo quinto el concepto de *trama verde* en territorios urbanos, la cual está compuesta por parques urbanos, áreas verdes, calles y avenidas arborizadas, línea férrea, isletas y bosque a orilla del río.

En resumen, el marco normativo-legal para la gobernanza del arbolado urbano en San José está conformado por la constitución política nacional, la política nacional de desarrollo urbano, cuatro leyes de ámbito nacional, cuatro reglamentos y tres decretos. El **Cuadro 10** nos muestra los instrumentos en la normatividad desarrollados hasta ahora en Costa Rica para el manejo del

arbolado urbano desde el alcance a nivel nacional hasta aquellos casos específicos a nivel municipal.

Cuadro10. Marco legal actual en materia de manejo de arbolado urbano, Costa Rica

Instrumento	Tipo	Objeto en materia ambiental y manejo del arbolado urbano
Constitución Política de Costa Rica	Constitución Nacional	Establecer la obligación del Estado de procurar el mayor bienestar a los habitantes de la nación. Además, establece el derecho de todas las personas a tener un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, el cual será garantizado, defendido y preservado por el Estado.
Ley Orgánica del Ambiente 7554	Ley	Dotar a los costarricenses y al Estado de instrumentos necesarios para conseguir un ambiente sano y ecológicamente equilibrado.
Ley de Biodiversidad N.º 7788	Ley	Conservar la biodiversidad y el uso sostenible de los recursos, así como distribuir en forma justa los beneficios y costos que se deriven.
Ley planificación urbana No. 4240	Ley	Instalar, ejecutar y evaluar el Plan Nacional de Desarrollo Urbano a través de la expansión ordenada de los centros urbanos; el equilibrio satisfactorio entre el sector urbano y rural; el desarrollo eficiente de las áreas urbanas mediante el mejor uso de los recursos naturales y humanos; y orientar la inversión en mejoras públicas.
Decreto No. 40043 MINAE	Decreto nacional	Presentar un marco regulatorio en la instalación, operación y evaluación coordinada por el SINAC de los corredores biológicos interurbanos donde se tipifica el concepto de trama verde por primera vez.
Decreto No. 38320	Decreto nacional	Eliminación y corta de los árboles peligrosos y enfermos en el "Parque La Sabana" por efecto de la evaluación realizada
Ley forestal No. 7575	Ley	Velar por la conservación, protección y administración de los bosques naturales y por la producción, el aprovechamiento, la industrialización y el fomento de los recursos forestales del país destinados a ese fin, con el principio de uso adecuado y sostenible de los recursos naturales
Política nacional de desarrollo urbano 2018-2030	Política nacional	Promover el ordenamiento de las ciudades de Costa Rica a través de un enfoque de desarrollo urbano sostenible, orientado hacia la mejora de la calidad de vida de sus habitantes y a la defensa de las ciudades como sistemas productivos determinantes para la competitividad nacional.
Decreto N° 41136-MIVAH-PLAN-MINAE-MOP	Decreto	Oficializar la operación y ejecución de la PNDU 2018-2030 y su primer Plan de acción 2018-2022.
Plan de descarbonización	Plan nacional	Guiar la planificación para la descarbonización y establecer una ruta en áreas claves con efecto de revertir el crecimiento de emisiones de gases de efecto invernadero, así como fomentar la modernización y dinamización de la economía bajo una visión de crecimiento verde. Se deben verificar las metas actuales y el 2050 congruentes con el cumplimiento de los objetivos de la Agenda 2030 y el Acuerdo de París.
Protocolo de Reforestación para la Rehabilitación y Mantenimiento de Áreas de Protección de la GAM	Protocolo de acciones	Poseer un conjunto de lineamientos técnicos que permitan la rehabilitación ecológica en las diferentes áreas de protección de la GAM, permitiendo la protección, conservación y manejo de estas, potenciando los servicios ecosistémicos que estas brindan a la sociedad.
Reglamento de Fraccionamientos y Urbanizaciones del INVU	Reglamento	Fijar los principios y elementos que deben ser considerados para la división y habilitación urbana de los predios donde se proyecten realizar fraccionamientos, urbanizaciones y conjuntos residenciales
Reglamento para la gestión de trama verde y su manejo (en construcción)	Reglamento	Definir las competencias y procedimientos en cuanto a los procesos de arborización, restauración y/o rehabilitación de parques, áreas verdes y áreas de protección, que permita maximizar los servicios ecosistémicos de la trama verde en la ciudad.
Reglamento para la Arborización y Recuperación Ambiental ...en el cantón de Santa Ana	Reglamento municipal	Normar los procesos y procedimientos, en relación con la recuperación y establecer los procedimientos y compromisos que asumirán los propietarios en el cantón, para la recuperación ambiental de los espacios degradados en coordinación con la administración municipal.
Reglamento de Arborización Urbano Cantonal y Reforestación de Zonas Verdes y de Protección del cantón de Belén	Reglamento municipal	Normalizar la arborización, aprovechamiento, tala, poda, trasplante o reubicación del arbolado en el perímetro urbano público del cantón de Belén y definir las competencias y responsabilidades de las entidades distritales en relación con la materia.

El Programa Nacional de Corredores Biológicos (PNCB), a través de su plan estratégico 2018-2025 establece la meta de aumentar la cobertura natural dentro de los CB en al menos 2% a finales de 2025. Para ello dispone de acciones estratégicas que establecen que en los primeros tres años se debe determinar la meta de restauración de la trama verde, determinar los sitios prioritarios de intervención, y para los años posteriores (de 2021 a 2025), propone sensibilizar a los consejos municipales y unidades de gestión ambiental sobre los beneficios obtenidos por la trama verde (SINAC 2018).

Para el caso de zonas arboladas que se encuentren en las riberas de los ríos y quebradas en zonas tanto rurales como urbanas, la Ley Forestal 7575, en su artículo 33, les da el estatus de zonas de protección y, además, decreta la prohibición de la tala de árboles en las mismas en su artículo 34. En el caso de estas zonas, concretamente existe un mecanismo conocido como “Protocolo de reforestación para la rehabilitación y mantenimiento en área de protección de la GAM (Gran Área Metropolitana)”, el cual fue aprobado por el Área de Conservación Central (ACC). Este protocolo describe los procedimientos de rehabilitación ecológica de esas zonas.

En el caso de las nuevas zonas seleccionadas para construcción de edificios y nuevos fraccionamientos urbanos, en el “Reglamento de Fraccionamientos y Urbanizaciones” del INVU en los artículos 58, 63, 64, 67, 80, 82, 89, 90, 91, 92 y 94, se hacen recomendaciones de arborización de los espacios de uso público como áreas infantiles, franjas verdes, calles, aceras, vías férreas, vías primarias y secundarias de uso residencial, zonas de uso comercial y de uso mixto.

En Costa Rica a nivel municipal, los cantones de Belén y Santa Ana son los únicos que han promulgado reglamentos municipales para el manejo de áreas verdes en sus zonas urbanas. Aunque es importante destacar que actualmente se está elaborando un mecanismo denominado “Reglamento para la gestión de trama verde y su manejo”, que constituye un parteaguas importante en el campo de la gestión del arbolado urbano para las áreas urbanas en Costa Rica. Este reglamento tiene como objetivo definir las competencias y procedimientos en cuanto a los procesos de arborización, restauración y/o rehabilitación de parques, áreas verdes y áreas de protección; su alcance será importante para las municipalidades. Este reglamento se está desarrollando de manera conjunta entre el INVU, CNFL y la municipalidad de San José a través del programa de cuencas hidrográficas.

En síntesis, el actual marco normativo en Costa Rica otorga a los gestores, a través de diversos instrumentos jurídicos, la capacidad de desarrollar mecanismos reglamentarios que contribuyan al buen manejo de los recursos arbóreos en las ciudades.

ii. Los roles y funciones de los actores clave en el MGAU

En el presente trabajo clasificamos los roles de los actores clave en el MGAU a partir del análisis de las principales funciones desarrolladas por cada actor y derivado del resultado de las entrevistas. Cada rol puede englobar una o más funciones dentro del modelo de MGAU.

Investigador (IN): apoya la gobernanza mediante estudios y contribuciones científicas que aumentan la generación de conocimiento que se tiene dentro de la gestión del arbolado urbano.

Capacitador y facilitador (CF): cuando un actor ejerce este rol, es porque facilita la transmisión de conocimientos y capacita al personal hasta un nivel técnico que tenga algún grado de relación con la gobernanza del arbolado urbano.

Sensibilizador y educador (SD): actor cuyo rol es sensibilizar y educar a la población sobre la importancia de los árboles en el contexto urbano, dando a conocer información importante de los árboles, como por ejemplo la contribución de los beneficios de los SE del arbolado urbano a la sociedad.

Productor y proveedor (PP): este rol se mantiene cuando el actor cultiva material vegetativo para los procesos de arborización urbana y rehabilitación ecológica; además de reproducir ciertas especies arbóreas funge como proveedor de este material a los demás actores de la gobernanza.

Legislador (DI): el actor tiene el rol de legislador cuando participa en la elaboración de directrices sobre la gestión del arbolado urbano. Además, participa de manera activa en el diseño de política pública a través de leyes, decretos, reglamentos o lineamientos estratégicos para la conservación, protección y manejo del arbolado urbano.

El MGAU está compuesto por 10 actores o entes, provenientes de tres sectores: academia, instituciones estatales y ONG. En la academia todos los actores son públicos, en el grupo de los entes estatales se combinan entidades de accionar nacional y gobiernos municipales y en el grupo de las ONG todos son actores nacionales. En el **Cuadro 11** podemos observar el conjunto de roles y actividades que realizan cada uno de los actores involucrados en el MGAU.

Cuadro 11. Roles y funciones de los actores en la gobernanza del arbolado urbano, San José, Costa Rica

Tipo de institución	Institución	Roles					Funciones
		IN	CF	SD	PP	DI	
Academia 	UCR	X		X	X	X	-Representación académica en los comités de gestión del arbolado urbano en el país y gestor de programas de financiamiento para el manejo de bosque urbano. - Viveros y plantaciones de árboles. - Talleres de sensibilización a la población estudiantil. -Gestión en áreas verdes de los campus de la universidad y contribución científica en silvicultura urbana.
	UNED	X	X				-Gestión del arbolado urbano en las áreas verdes de la universidad. -Diseño de herramientas para la gestión del arbolado en la ciudad, como planificación de sombra y esquemas de compensación ambiental. - Capacitación al personal de la universidad sobre gestión.
	UNA	X	X		X		-Selección y reproducción de especies con potencial de uso urbano. -Servicio de arborización urbana a condominios. -Contribución científica sobre la silvicultura urbana. -Capacitación en silvicultura urbana.
Instituciones del estado costarricense 	MINAE					X	- Velar y promover la protección del arbolado y zonas verdes dentro de las áreas de protección en zonas urbanas. - Coadyuvar en la formulación de directrices y normas en la gestión de zonas protegidas, incluidas aquellas que tienen árboles en zonas urbanas.
	INVU					X	-Vinculación de la gestión del arbolado urbano en el ordenamiento territorial en línea con el corredor biológico interurbano (CBI). -Diseño de herramientas para la planificación del arbolado urbano en la ciudad. -Desarrollo de reglamentos y normativas para la incorporación del componente arbóreo al esquema de vivienda urbana.
	INS					X	- Brigadas de limpieza y plantación de árboles en las áreas verdes cerca de los ríos en la ciudad. - Gestión de plantación de árboles a orilla de los ríos de la ciudad. - Participación en el comité interurbano y se integra a la conformación del CBI.
	SINAC					X	- Rectoría de la línea estratégica nacional de restauración de foresta urbana a través del CBI. - Auxiliar en la restauración arbórea en zonas urbanas. -Desarrollo de reglamentos y normativas para el manejo del arbolado urbano.
	CNFL				X		- Producción de plantas en viveros - Asistencia técnica para plantaciones y manejo silvicultural. - Mapeo de la foresta urbana por sistemas SIG
	MUN (gobierno local)	X	X	X		X	- Mantenimiento y monitoreo de áreas verdes a su cargo (limpieza, mantenimiento, plantaciones). - Identificación de áreas verdes por intervenir (rehabilitación arbórea). - Poseedora de los parques y zonas arboladas dentro de su territorio.
ONG 	Rutas Naturbadas			X			- Desarrollo de rutas con área verde en las calles de la ciudad para conectar diferentes áreas verdes principales. - Aumentar la cohesión social para el cuidado del medio ambiente en la ciudad.
	Río Urbano		X	X			- Capacitación para un adecuado manejo ambiental. - Brigadas de limpieza en ríos y quebradas a través del voluntariado. - Campanas de sensibilización y difusión de información sobre los beneficios del cuidado del medio ambiente.
	ACRA		X	X			- Promover la práctica profesional de la arboricultura urbana. - Sensibilizar a la ciudadanía sobre los beneficios del arbolado y como medida de adaptación al cambio climático. - Capacitación técnica en el campo de la silvicultura urbana.
	Amigos del Río Torres			X			- Plantación de árboles para recuperar áreas definidas y rehabilitación de áreas verdes degradadas. -Difusión de información científica sobre SE -charlas y campañas de sensibilización a la sociedad sobre la importancia de los ríos y árboles urbanos. -Apoyo a la ciudadanía sin hogar que vive en los alrededores de los ríos para su reubicación.

ACADEMIA

Al observar los actores clave y sus roles en el MGAU, la academia participa principalmente como contribuyente en avances científicos en el campo de la ecología urbana, a través de diversos escritos de investigación, trabajos de tesis, artículos científicos y conferencias, con lo cual van formulando un compendio de avances en este campo. También trabajan en el diseño técnico de herramientas para la gestión del arbolado en las ciudades, como la implementación de los sistemas de información geográfica donde geolocalizan el arbolado urbano y brindan seguimiento a los datos. Las universidades también tienen un papel activo en la formación de capital humano a través de la capacitación a diferentes gestores involucrados en el MGAU. En este rol algunas ONG también participan capacitando a algunos gestores y sectores de la población sobre el manejo y cuidado de los árboles que incluye zonas de protección (zonas ribereñas).

El rol que engloba la sensibilización y educación a la población sobre la importancia y los beneficios del arbolado urbano se observa principalmente en ONG que participan activamente con el sector popular de la población, donde utilizan diversas herramientas tecnológicas para su desarrollo. Estos mecanismos conllevan a que el sector popular tenga una mayor participación e involucramiento en el MGAU aumentando la cohesión social en el cuidado de los árboles de la ciudad. En este sentido las municipalidades, y de manera importante la municipalidad de San José ha trabajado en la difusión sobre el cuidado, plantación e importancia de los SE y los CBI como una estrategia de mitigación al cambio climático.

INSTITUCIONES DEL ESTADO

Las instituciones del estado tienen un papel activo desde los roles legislador y rector, pues en conjunto desarrollan reglamentos y normatividad para la gestión del arbolado urbano. También identifican áreas objetivo para ser rehabilitadas y reforestadas incluyendo áreas protegidas que son parte de la ciudad. Las municipalidades, quienes son las administradoras de los territorios, tienen una amplia lista de funciones y roles en el actual MGAU. Las municipalidades juegan un papel importante y activo en el cuidado de dichas áreas verdes dado que realizan actividades de cuidado, protección y conservación de los árboles de la ciudad; también realizan inversiones para fortalecer la trama verde, en la cual están contenidos los árboles urbanos.

La CNFL interactúa en varias direcciones y temáticas con los gobiernos locales entre las que podemos señalar: 1) la producción de plantas en viveros, 2) proporciona asistencia técnica para plantaciones y manejo silvicultural y 3) aplica el uso de sistemas de información geográfica en el marco de la gestión. Las instituciones estatales también interactúan con el gobierno local a través de la implementación de directrices y lineamientos. La CNFL se ha posicionado como un actor importante e imprescindible en el proceso de gobernanza, pues es proveedor de material vegetativo hacia las municipalidades y organizaciones en forma de donaciones que son de gran ayuda a los gobiernos locales.

ONG

Las ONG interactúan con las municipalidades principalmente en actividades de voluntariado como actividades de plantación, limpieza en parques y áreas de protección (zonas ribereñas). También apoyan actividades de educación y sensibilización de la población de los diferentes cantones. Además, algunas ONG (Río Urbano, Amigos del Río Torres y ACRA), también ofrecen capacitación a las municipalidades en diversas técnicas orientadas al mantenimiento y cuidado del recurso arbóreo.

iii. Interacciones de los actores clave en el MGAU

Los diferentes actores que integran el MGAU presentan un conjunto de relaciones entre ellos ante los procesos de gestión del arbolado urbano. Para el análisis de estas relaciones e interacciones se realizó una clasificación que se puede observar en la **Cuadro 12**. Podemos ver que las municipalidades o gobiernos locales, quienes a su vez son los administradores de las zonas con arbolado urbano, son el principal actor en el modelo.

En el caso de la academia, compuesta por las principales universidades públicas y privadas del país, interactúan con los gobiernos locales a través de la contribución en estudios de diferentes campos. Podemos observar también que las universidades interactúan entre ellas en el intercambio de opiniones, información y otros recursos en el desarrollo de las investigaciones. Lo anterior permite establecer interacciones de educación, capacitación y difusión de información hacia el gobierno local determinante para la toma de decisiones.

En el caso de las instituciones del estado, las interacciones dependen de cada uno y de su objeto de actividades. El MINAE y el SINAC interactúan a través de la aportación de herramientas y acompañamiento técnico hacia las municipalidades. El INS interactúa con las municipalidades a través de una alianza público - privada, por medio de la compra de árboles de importancia ecológica.

La **Figura 7** resume las principales interacciones entre los diferentes actores clave en el MGAU actualmente. Los actores no solo interactúan con las administraciones de los territorios del arbolado urbano, sino que algunos también lo hacen entre ellos en función de lo que deseen producir.

Finalmente, las municipalidades, administradoras de los espacios donde se encuentra la trama verde, son el principal actor clave en la gobernanza del arbolado urbano. Estas a través de la colaboración de diferentes instituciones académicas, ONG e institutos del estado, ejecutan sus actividades de gestión del arbolado urbano. En este caso observamos un proceso desarrollado de gobernanza donde los sectores institucionales, académico y el de las distintas ONG convergen para poder generar un sistema de gobernanza que según se observa tiene logros alcanzables en materia de cuidado y manejo del arbolado urbano, todo en el marco de los CBI.

Cuadro 12. Clasificación de interacciones en la gobernanza de la gestión del arbolado urbano, San José, Costa Rica

Interacción	Descripción de la interacción
Investigación y desarrollo	- Investigación académica, protocolos sobre material vegetativo adecuado, recomendaciones técnicas, forestales, agronómica, apoyo técnico en giras de investigación.
Voluntariado	- Actividades de plantación, limpieza de residuos sólidos, limpieza a orilla de río y en área de parques.
Capacitación técnica	- Capacitación técnica en diferentes materias como manejo silvicultural (podas, procesos de rehabilitación ecológica, procesos de arborización, entre otros), manejo de programas de sistema de información geográfica (SIG).
Material vegetativo	- Provisión de material vegetativo (árboles y arbustos) de importancia ecológica para procesos de arborización y rehabilitación ecológica.
Diretrizes y lineamientos	- Representación en comités dictaminadores, conformación de normas, reglamentos, decretos y acuerdos o convenios entre las instituciones.
Mantenimiento del arbolado urbano	- Corta y poda de árboles, plantación, limpieza de residuos verdes, seguimiento técnico a plantaciones.
Educación ambiental	- Talleres de información y sensibilización con respecto al manejo y protección de los recursos naturales en las ciudades para mejorar la calidad ambiental y de vida de los habitantes y visitantes.

5. Discusión

La cuantificación de SE como herramienta de gestión

Al observar la superficie verde per-cápita se aprecia una diferencia importante entre el distrito del Carmen con 15,25 m² por habitante y los demás distritos con entre 1,3 y 2 m² por habitante. Las brechas en los diferentes indicadores que hemos descrito se deben particularmente a la distribución desigual de parques urbanos con arbolado en cada distrito en función de su población.

La desigualdad que se observa en este estudio también se presenta en otras ciudades de LAC como en Coyoacán, ciudad de México, donde Navarro Perez de Leon (2013) indica que existe una desigual distribución de provisión de SE entre las colonias, y en Mérida, Yucatán (de la Concha *et al.* 2017), donde los resultados demostraron que el arbolado urbano presenta una desigual distribución entre los distritos de la ciudad. Una alternativa a este problema común sería atender la recomendación de Arroyave Maya *et al.* (2018) quienes destacan la integración de la planificación urbana y la política pública con la silvicultura urbana con el fin de obtener mejoras en la capacidad de los territorios para brindar SE a la población habitante.

También destacamos la importancia de los inventarios del arbolado urbano, pues son el recurso fundamental para realizar el análisis sobre la estructura arbórea con datos precisos. Este descubrimiento es señalado también por varios autores (Navarro Perez 2017; Gallo Cabeza 2017; González Pantoja 2019; Ortiz Nunez 2020). En el Cuadro 8 podemos observar los principales

indicadores obtenidos en el análisis por parque urbano y por distrito. En las figuras 3, 4, 5 y 6 se observan algunas fotografías de los diferentes parques estudiados.

I-Tree, una alternativa de cuantificación de SE aceptada aun con limitaciones

La estructura forestal es una variable clave porque es el elemento que los gestores forestales manipulan para influir en los beneficios y valores del bosque (Nowak 2018). I-Tree Eco es la herramienta principal del conjunto de programas de I-Tree. Un modelo usado ampliamente en todo el mundo el cual emplea datos provenientes de inventarios forestales o muestras representativas de árboles (como mínimo se requiere la especie, diámetro a la altura del pecho y la altura), así como datos ambientales locales para evaluar y proyectar la estructura, los beneficios, las amenazas y los valores del bosque para cualquier población de árboles (Nowak *et al.* 2008).

Con este modelo se han realizado evaluaciones de los bosques urbanos y periurbanos en diversas ciudades y países como Barcelona, España; Calles, México; Chicago, Estados Unidos; Londres, Reino Unido; Medellín, Colombia; Milán, Italia; Nueva York, Estados Unidos; Perth, Australia; Porto, Portugal; Santiago, Chile; Seúl, República de Corea y Toronto, Canadá (Chaparro y Terrasdas 2009; Nowak *et al.* 2012; Nowak y Dwyer 2007; Kenton Rogers *et al.* 2015) .

Sin embargo, es importante el reconocimiento de ciertas limitantes. Por ejemplo, no existen suficientes ecuaciones alométricas para las especies tropicales y puede no encontrarse parámetros para medir el potencial de ciertas especies arbóreas. Otra limitante se refiere al hecho de que las estimaciones no toman en cuenta la frecuencia y severidad de pudrición de la madera en árboles urbanos, por lo que se aplica de manera estándar un factor de descuento que afecta a toda la estimación (Orozco-Aguilar 2019). Lo anterior produce desde luego, inexactitud en las cuantificaciones, sobre todo aquellas que tienen que ver con la capacidad de almacenar carbono.

Como la salud de la copa es un dato desconocido, el modelo elige la opción predeterminada de 13% de muerte regresiva (condición de 87%), además de que determina que todos los árboles están sanos y creciendo. Bajo este escenario es posible una sobreestimación de algunos resultados, como por ejemplo el secuestro de carbono y consecuentemente el almacenamiento (<https://www.itreetools.org/>, 2020).

La cuantificación del SE de escurrimiento evitado no refleja la transpiración del suelo a través de la vegetación, ni la interceptación del tronco y la corteza de los árboles (Navarro Perez 2017), ni la resistencia del suelo y la profundidad del nivel freático que limitan la infiltración, ni la topografía de la tierra y las direcciones de los flujos de agua (Despujols y Benegas 2020). También existe incertidumbre por la idoneidad territorial, ya que no sabemos si tiene aplicación para territorios tropicales (Benegas Negri *et al.* 2021).

Sin embargo, diversas evaluaciones han tomado la decisión de incluir el escurrimiento evitado dentro de sus resultados debido a la interesante información que representa (de la Concha *et al.* 2017, De la Concha y Reynoso 2017, Ortiz Nunez 2020, Arroyave Maya *et al.* 2018, Navarro Perez de Leon

2013), por lo cual por practicidad de este estudio, se ha optado por indicar los resultados de escurrimiento evitado, una vez acotadas sus limitaciones.

Observamos que I-Eco es una buena alternativa ante la necesidad de cuantificar los SE del arbolado urbano a pesar de sus limitantes, pues ha sido utilizada en varias partes del mundo y hasta el momento no se ha logrado sustituir a los inventarios forestales tradicionales, por lo que es necesario seguir utilizando modelos como estos para generar información de cuantificación por un periodo de tiempo prolongado.

El MGAU de San José, en construcción y consolidación

Algunos elementos normativos del MGAU en San José, Costa Rica, se encuentran en su fortalecimiento, como sucede en algunas ciudades de Colombia (Tovar Corzo 2007; Tovar-Corzo 2013); República Dominicana (Rojas-Mancebo 2021) y Panamá (Asamblea Nacional de Panamá 2021). Cumple con la situación inicial de dar capacidad a los gobiernos locales de proteger y conservar los recursos naturales a través del diseño e implantación de reglamentos y normativas, como lo sugieren Calaza *et al.* 2018 y Alfaro-Rojas (2020), aunque carece de una figura nacional rectora en la gestión de estos espacios públicos y de una política pública por parte del gobierno central (Avellan Zumbado 2020). Aunado a ello, no queda claro sobre si se incluyen normativas y recomendaciones internacionales con base a la silvicultura urbana, según las recomendaciones de algunos autores (Pérez-Medina y López-Falfán 2015).

En el caso de la intervención de entes internacionales, podemos observar esfuerzos por parte de GIZ (GIZ 2019 y 2021) para el financiamiento de ciertas acciones de cuidado del arbolado urbano a través de proyectos de los CBI del país; sin embargo, estos apoyos se dan a los proyectos y políticas que el país desarrolla, las cuales según hemos analizado van por buen camino, pero faltan algunos aspectos por atender, como su obligatoriedad de aplicación y la integración de directrices internacionales. En el caso de la ACRA, afiliada a la ISA puede dotar información y capacitación a las municipalidades y dar conocimiento sobre las directrices a nivel internacional, por lo que su involucramiento debe ser más alto.

También es importante mencionar que algunas medidas son únicamente recomendaciones (como es el caso del Reglamento de Fraccionamientos y Urbanizaciones del INVU), y por lo tanto los gestores y actores involucrados pueden o no atender las medidas necesarias para aumentar la provisión de SE a través de la rehabilitación ecológica. En este sentido, el estado deberá repensar estas medidas y formular requerimientos obligatorios mínimos para asegurar la disposición de espacios verdes para la población, sobre todo ante el establecimiento de más zonas habitacionales.

Podemos notar también que no existe un plan maestro de manejo de arbolado urbano, ya sea por ciudades o por regiones como la GAM. Esto es probablemente la mayor diferencia en los procesos de gestión entre las ciudades de Latinoamérica y algunos ejemplos de ciudades en los países de Estados Unidos (Brenneis *et al.* 2012, Trees for Seattle 2020, USDA Forest Service 2013, City of Charlottesville 2011) y Canada (Ordóñez y Duinker 2013). Es decir que en LAC nos falta desarrollar en un sentido más amplio planes de gestión del arbolado urbano que puedan estar confabulados con la gobernanza de esos sitios. El desarrollo del *reglamento para la gestión de trama verde y su manejo* puede servir de base para que cada ciudad o región empiece a elaborar sus planes de gestión de

arbolado urbano y obtener mejores resultados de la gestión de este recurso, como sucede en Norteamérica y Europa principalmente.

También podemos acotar que se encontraron diferencias entre los distritos sobre el potencial de provisión de SE, por lo que es posible que tengan la misma tendencia de ser mayores en aquellos distritos con estratos sociales más elevados, como es el caso de Bogotá, Colombia (Escobedo *et al.* 2015) o el de Santiago de Chile (Escobedo *et al.* 2006). Este aspecto puede ser una hipótesis importante de probar para futuras investigaciones.

Recientemente en Panamá se ha presentado un anteproyecto de ley de protección, conservación y fomento de arbolado y áreas verdes en zonas urbanas y rurales ante la asamblea nacional (Asamblea Nacional de Panamá 2021). Algunas ciudades como Colón (Mendoza 2021) y Panamá (Alcaldía de Panamá 2019), presentan planes de manejo de arbolado urbano aunque a nivel de valoración, lo cual muestra que en este país existe un interés creciente en la gestión y gobernanza del recurso arbóreo.

En México se han realizado diversos estudios de composición y estructura del arbolado urbano en diversos sitios de interés (Benavides Meza y Young Fernández Grandizo 2012, Alanís *et al.* 2014, Alanis 2005, Leal Elizondo *et al.* 2018); pero hay un avance limitado en el estudio de la gobernanza en la gestión de este recurso (Pérez-Medina y López-Falfán 2015), a pesar de ser un país geográficamente grande y con una población de más de 129 millones de habitantes, debido en parte a la ingobernabilidad por falta de dotación de legalidad y legitimidad y de recursos políticos, administrativos y económicos a las instituciones del estado mexicano (Espejel Mena 2014). Los avances son pocos y se dan de manera dispersa a nivel estatal como Colima y Quintana Roo (Congreso del Estado Quintana Roo 2017).

Las interacciones que se generan al interior del país por parte de los diversos actores clave que se encuentran involucrados en el MGAU, han generado una mayor aceptación de buenas prácticas en la gestión del arbolado urbano (Konijnendijk *et al.* 2018), lo cual se debe en parte a que la red de actores se encuentran en un espacio pequeño lo que les permite interactuar con mayor frecuencia y permite tener una interacción interdisciplinaria e interinstitucional más sólida.

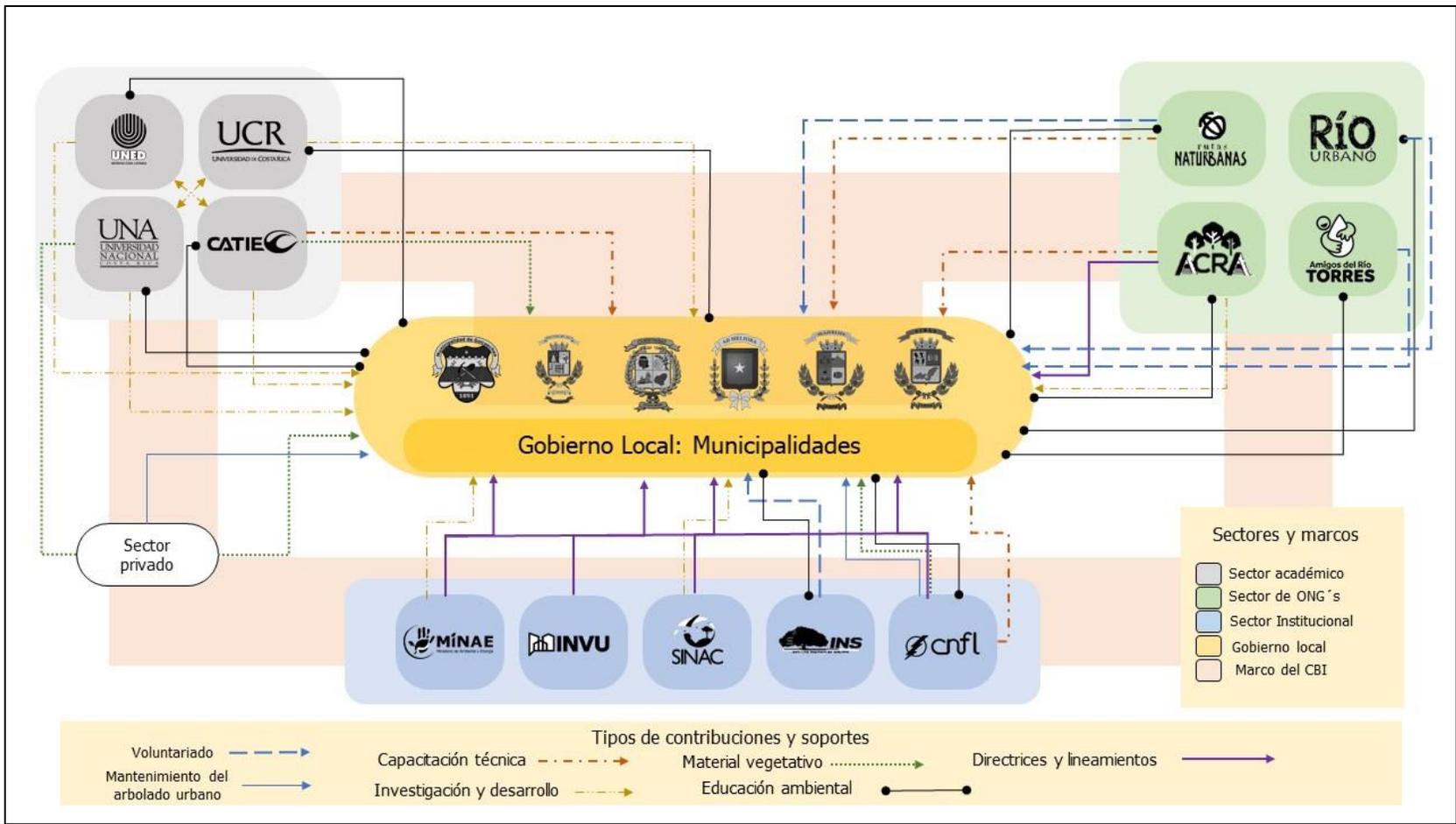


Figura 7 Gobernanza entre los actores clave en el manejo del arbolado urbano en San José, Costa Rica. 2021

6. Conclusiones y recomendaciones

a. Sobre la cuantificación de SE del arbolado urbano

Los parques con arbolado urbano en el centro de la ciudad de San José representan una fuente importante de SE para la ciudad y son de vital importancia para enfrentar los efectos adversos del cambio climático y ofrecer a la población mayor resiliencia. Los cuatro SE valorados en el estudio representan un ejercicio modelo que puede servir como una herramienta incipiente dentro el proceso de gobernanza. Este ejercicio de cuantificación podrá establecer una línea base para poder realizar futuras cuantificaciones y determinar tendencias para la toma de decisiones por parte de los actores involucrados. Con un total de 1287 árboles, los parques urbanos del centro de la ciudad producen anualmente 40 toneladas de oxígeno y secuestran unas 15 toneladas de carbono. Los tejidos de estos árboles almacenan 443 toneladas de carbono. El modelo también nos dice que estos parques tienen el potencial de disminuir la escorrentía en casi mil metros cuadrados.

El distrito Carmen resalta al ofrecer el potencial de provisión de SE sobre los demás distritos del estudio, debido a que incluye los parques Nacional y España, los cuales tiene una alta diversidad y abundancia de árboles lo que deriva en una alta cobertura arbórea y, por ende, en un gran potencial de provisión de servicios ecosistémicos. Estos parques podrán ser ejemplos para las demás municipalidades sobre el manejo que se debe dar a la trama verde.

Ficus benjamina representa una especie importante en el arbolado de los parques del centro de la ciudad de San José, pues además de ser una de las especies más comunes en los parques, también presenta una contribución significativa al *stock* de carbono, debido a que estos árboles son de gran tamaño. Sin embargo, es importante pensar en su reemplazo en el mediano o largo plazo debido a que, según algunos autores, son especies dañinas. Esta información debe ser considerada por los responsables de los parques urbanos para escoger mejores las especies a establecer.

También podemos concluir que los ejercicios de cuantificación de SE en Latinoamérica han ido incrementándose en número, y tienen diversos objetivos como el de comparar ciertos escenarios o el de establecer una base para analizar su evolución. Además de que no obedecen a un criterio homogéneo, sino que se efectúan de acuerdo con el objetivo y necesidad del autor, a cada región, sus características y la disponibilidad de datos que tengan como por ejemplo el nivel pluvial o nivel de contaminación. Se concluye además que el modelo presenta ciertas limitaciones; sin embargo, sigue siendo una de las mejores alternativas de medición, ya sea que subestime o sobreestime los indicadores obtenidos.

La municipalidad de San José ha comenzado a trabajar positivamente en el proceso de gestión pues ha obtenido información sobre el estado sanitario que guarda el arbolado urbano, ya que dispone de un inventario de todos los árboles de la ciudad en áreas públicas. Es recomendable que estos inventarios se puedan actualizar e incrementar en alcance para poder renovar también

otros resultados como la cuantificación del potencial los SE y los indicadores de interés de la foresta urbana. lo anterior contribuirá a evaluar la tendencia del potencial de los SE.

Se recomienda a todas las municipalidades con arbolado urbano ejecutar censos de población arbórea para iniciar con el proceso de gestión, como parte de la gobernanza. Junto con algunas organizaciones y la academia, es posible establecer inclusive muestras representativas para análisis del universo arbóreo. Se sugiere diseñar e implementar un plan de mantenimiento de los árboles que existen en los 10 parques evaluados para que puedan crecer más rápido y sanos para maximizar el potencial de almacenamiento y secuestro de carbono.

Por último, es importante que los gobiernos locales consideren esta información como referencia para integrar y mejorar sus planes de trabajo en el marco del manejo del arbolado urbano, pues representa un beneficio intangible e importante para la sociedad.

Sobre la gobernanza en la gestión del arbolado urbano

El modelo de gobernanza del arbolado urbano de la ciudad de San José, Costa Rica, contiene múltiples actores que pueden abarcar a los gobiernos locales, las instituciones del estado, las organizaciones no gubernamentales, la academia y en menor medida el sector privado. Estos actores tienen gran capacidad funcional.

En el proceso de gobernanza los actores clave presentan diversas funciones y una variedad de roles dentro de la toma de decisiones de la gestión del arbolado urbano. Al momento de interrelacionarse y poder llegar a objetivos que están encaminados al aumento de provisión de SE del arbolado urbano, estos actores usan diversas herramientas y operan en diferentes esquemas.

La rápida urbanización y la creciente demanda de los espacios verdes en las ciudades son un desafío para los actores locales, por lo que es necesario que las decisiones puedan tomarse de manera conjunta, tanto zona nivel gubernamental como no gubernamental. Observamos que las distintas entidades, sean del gobierno o no, presentan una gran red de cooperación que hace que las metas sean más efectivas. Sin embargo, en el marco normativo (aunque ya existe un estado primario), es necesario generar más directrices para que las entidades trabajen con total certidumbre en el marco de la gobernanza. En este sentido se recomienda a las municipalidades principalmente, poder organizarse con las demás partes interesadas y generar mayor política pública que contribuya a esta certidumbre, pues las leyes le dan esta facultad a los gobiernos locales.

Se observa entonces la importancia de un marco legal robusto para hacer los procesos de gobernanza más rápidos y efectivos. El marco del CBI y el PNCB son ejemplos de plataformas que contribuyen a la cooperación a nivel nacional entre los actores clave. Observamos que las metas se encuentran claras, sin embargo, existen lagunas legales cuando se quiere determinar quiénes y cómo se van a realizar ciertas actividades para llegar a un objetivo común ya

preestablecido. Aquí es donde el desarrollo del marco legal puede sumar a los procesos de gobernanza. Investigaciones futuras deberían analizar el marco legal que pueda ser efectivo siempre que sea acorde a las capacidades de cada uno de los actores clave involucrados. En las entrevistas gran parte de los participantes manifestaron que es necesario desarrollar más el marco normativo en el cual trabajan, pues muchas de sus funciones son de orden consuetudinario.

La participación del sector privado se encuentra acotada a solo funciones de limpieza o mantenimiento y, en su gran mayoría, se dan bajo esquemas de subcontratación. Los entrevistados mencionaron poca participación de este actor dentro del proceso de gobernanza, por lo cual la implementación de estrategias donde se observe una mayor penetración e integración del sector privado en la gestión del arbolado urbano y el aporte a sus soluciones puede ser una gran opción por parte de los gobiernos locales en el desarrollo de sus directrices.

Se observa que la academia ha sido un actor importante en la toma de decisiones dentro del modelo. Existe un interés general por parte de los actores clave de que la academia se incorpore cada vez más al proceso de gobernanza con la contribución de su rol como educador por medio de las investigaciones y el desarrollo de las técnicas en el campo de la silvicultura urbana. También observamos que las universidades autogestionan sus espacios verdes y ponen en práctica la silvicultura urbana.

Los actores clave también están sumergidos en una gran red de cooperación a nivel nacional que les permite mantener cierto contacto entre ellos y poder ayudarse mutuamente para poder llevar a cabo objetivos como la rehabilitación ecológica. El gobierno local, compuesto por las diversas municipalidades, son las tenedoras de los territorios de los parques urbanos y junto con el sector académico, el sector de ONG y las instituciones pueden lograr metas acordes a sus capacidades.

BIBLIOGRAFÍA

- Alanís, E; Jiménez, J; Mora-Olivo, A; Canizales, P; Rocha, L; Victoria, C. 2014. Estructura y composición del arbolado urbano de un campus universitario del noreste de México (en línea). *Revista Iberoamericana de Ciencias* 1(7):93-101. Disponible en www.reibci.org.
- Alanis, G. 2005. El arbolado metropolitano de Monterrey. *Ciencia Uanl* VIII(1):20-32.
- Alcaldía de Panamá. 2019. Programa de arborización para el arbolado urbano. Panamá, Alcaldía de Panamá. 103 p.
- Aldana-Domínguez, J; Montes, C; Martínez, M; Medina, N; Hahn, J; Duque, M. 2017. Biodiversity and Ecosystem Services Knowledge in the Colombian Caribbean: Progress and Challenges. *Tropical Conservation Science* 10. DOI: <https://doi.org/10.1177/1940082917714229>.
- Alfaro-Rojas, C. 2020. Propuesta técnica de manejo para el arbolado urbano del distrito de San Vicente del Cantón de Moravia, San José, Costa Rica. Trabajo final de graduación. Catrtafo, Costa Rica, TEC :71 p.
- Ambrose-oji, B; Jagt, A Van Der; Stewart, A; Branquinho, C; Buijs, A; Buizer, M; Delshammar, T; Fors, H; Ger, É; Hansen, R; Havik, G; Nastran, M; Pauleit, S; Rall, E; Santos, A; Steen, M; Száraz, L; Tosics, I; Vierikko, K. 2017. The governance of urban green spaces in selected eu-cities. (January 2015):1-97.
- Arias, J. 2013. Arborización urbana y ordenamiento territorial en la ciudad de San José: fallos y necesidades (en línea). *Ambientico*. (232-233):20-25. Disponible en <http://www.ambientico.una.ac.cr>.
- Arroyave Maya, MDP; Posada Posada, MI; Nowak, DJ; Hoehn, RE. 2018. Remoción de contaminantes atmosféricos por el bosque urbano en el valle de Aburrá. *Colombia forestal* 22(1):5-16. DOI: <https://doi.org/10.14483/2256201x.13695>.
- Asamblea Nacional de Panamá. 2021. Proyecto de protección, conservación y fomento de arbolado y areas verdes en proyectos residenciales, zonas, urbanas, rurales y sus municipios. Panama, s.e. 10. p.
- Avellan Zumbado, MJ. 2020. Gestión del arbolado urbano en Costa Rica: desafíos y oportunidades. *Revista Ambientico* 275:30-35.
- BID (Banco Interamericano de Desarrollo). 2013. ¿ Cuántos arboles tiene tu ciudad ? (en línea, sitio web). Consultado 23 jun. 2021. Disponible en <https://blogs.iadb.org/ciudades-sostenibles/es/cuantos-arboles-tiene-tu-ciudad/>.
- Banco Mundial. 2020. Población urbana - Latin America & Caribbean. Disponible en <https://datos.bancomundial.org/indicador/SP.URB.TOTL?locations=ZJ>
- Benavides Meza, HM; Young Fernández Grandizo, D. 2012. Estructura del arbolado y caracterización dasométrica de la segunda sección del Bosque de Chapultepec. *Madera Bosques* 18(2):51-71. DOI: <https://doi.org/10.21829/myb.2012.182352>.
- Benegas Negri, L; Rojas, A; Irahera, A; Cárdenas, J. 2021. Análisis del componente arbóreo y su

contribución a los servicios ecosistémicos en la ciudad de Turrialba, Costa Rica. *Ecosistemas* 30(2):1-10.

De Bon, H; Parrot, L; Moustier, P. 2010. Sustainable urban agriculture in developing countries. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 30(1):21-32. DOI: <https://doi.org/10.1051/agro:2008062>.

Borelli, S; Conigliaro, M; Pineda, F. 2018. Los bosques urbanos en el contexto global. *Unasyuva* 69(1):3-10.

Brack, CL. 2002. Pollution mitigation and carbon sequestration by an urban forest. *Environmental Pollution* 116(SUPPL. 1). :5195-5200 DOI: [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(01\)00251-2](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(01)00251-2).

Brenneis, L; Wheeler, J; Priebe, B; Baird, J; Jones, A. 2012. Urban Forest Management Plan. Edmonton, USA, s.e. United States of America, Banister Research & Consulting INC.

Calaza, P; Cariñanos, P; Escobedo, F; Schwab, J; Tovar, G. 2018. Crear paisajes urbanos e infraestructura verde (en línea). *Unasyuva* 69(250):11-21. Disponible en www.fao.org/forestry/unasyuva.

Cariñanos, P; Calaza, P; Hiemstra, J. 2018. El papel de los bosques urbanos y periurbanos para reducir riesgos y gestionar desastres. 69:53-58.

Chaparro, L; Terrasdas, J. 2009. Ecological Services of Urban Forest in Barcelona (en línea). Barcelona, España, Universidad Autónoma de Barcelona.

Cifuentes Jara, M; Brenes, C; Leandro, P; Molina, O; Romero, TE; Torres, D. 2018. Manual Centroamericano para la medición de carbono azul en manglares. Turrialba, Costa. Rica. CATIE. DOI: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.27873.61282>.

City of Charlottesville. 2011. Urban Forest Management Plan: Charlottesville City, Virginia (en línea). s.l., s.e. Disponible en http://forestry.alaska.gov/pdfs/community_news/Sitka_AK-UFMP_7-19-13_FINAL.pdf.

Congreso del Estado Quintana Roo. 2017. Ley de conservación, mantenimiento, protección y desarrollo del arbolado urbano del estado de Quintana Roo (en línea). *Diario Oficial de la Federación*. . Mexico, s.e. 26. p. Disponible en <http://documentos.congresoqroo.gob.mx/leyes/L191-XV-16082018-741.pdf>.

Despujols, H; Benegas, L. 2020. Assessment of tree-based ecosystem services for urban Supervisors : Assessment of tree-based ecosystem services for urban resilience. s.l., CATIE. 196 p.

Dobbs, C; Eleuterio, AA; Amaya, JD; Montoya, J; Kendaly, D. 2018. Beneficios de la silvicultura urbana y periurbana (en línea). *Unasyuva* 69(250):22-29. Disponible en www.fao.org/forestry/unasyuva.

Dobbs, C; Escobedo, FJ; Clerici, N; de la Barrera, F; Eleuterio, AA; MacGregor-Fors, I; Reyes-Paecke, S; Vásquez, A; Zea Camaño, JD; Hernández, HJ. 2019. Urban ecosystem Services in Latin America: mismatch between global concepts and regional realities? *Urban Ecosystems* 22(1):173-187. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11252-018-0805-3>.

- Escobedo, FJ; Clerici, N; Staudhammer, CL; Corzo, GT. 2015. Socio-ecological dynamics and inequality in Bogotá, Colombia's public urban forests and their ecosystem services (en línea). *Urban Forestry and Urban Greening* 14(4):1040-1053. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2015.09.011>.
- Escobedo, FJ; Nowak, DJ; Wagner, JE; De la Maza, CL; Rodríguez, M; Crane, DE; Hernández, J. 2006. The socioeconomic and management of Santiago de Chile's public urban forests. *Urban Forestry and Urban Greening* 4(3-4):105-114. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2005.12.002>.
- Espejel Mena, J. 2014. Gobernabilidad, gobernanza y urbanización en México. *Revista Iberoamericana de Ciencias* 1(1):15-28.
- Flores-xolocotzi, R. 2012. Incorporando desarrollo sustentable de áreas verdes urbanas Incorporating sustainable development and governance to the management and planning of urban green areas. *Frontera norte* 24(48):165-190.
- Gallo Cabeza, ME. 2017. Servicios ecosistémicos del arbolado urbano del Carmen de Bolívar, Departamento de Bolívar. s.l., Universidad de Sucre. 138 p. DOI:
- GIZa. (Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit) 2019. Biological Corridors Project: Implementation of the National Program of Biological Corridors within the framework of the National Biodiversity Strategy. San José, Costa Rica. 2 p.
- GIZb (Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit). 2019 . Biodiver _ City Project : Establishment of Interurban Biological Corridors.
- Gómez, NS; Gil, ZER. 2014. La evaluación de servicios ambientales de soporte. *Revista I3+* 1(2):102-127. DOI: <https://doi.org/10.24267/23462329.67>.
- González Pantoja, A. 2019. Evaluación de la remoción de contaminantes atmosféricos y la captura de carbono por parte de los cerros Nutibara y Volador de Medellín. Colombia, Universidad EIA.
- Hurtado, A; Santamaría, M; Matallana, C. 2010. Plan de Investigación y Monitoreo del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (Sinap). Bogotá, Colombia, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 146 p.
- i-Tree Manual de Usuario. 2017. https://www.itreetools.org/documents/196/EcoV6_UsersManual.es.pdf.
- Kauffman, BJ; Donato, D; Adame, MF. 2013. Protocolo para la medición, monitoreo y reporte de la estructura, biomasa y reservas de carbono de los manglares. Bogor, Indonesia, CIFOR. 48 p. (Documento de Trabajo 117).
- Kenton Rogers; Sacre, K; Goodenough, J; Doick, K. 2015. Valuing London's Urban Forest. s.l., s.e. 84 p.
- Kim, G. 2016. Assessing urban forest structure, ecosystem services, and economic benefits on vacant land. *Sustainability* 8(7) :1-18.. DOI: <https://doi.org/10.3390/su8070679>.
- Knowg, J; Mendoza, A; Díaz Ramirez, L; Fait Alfaro, S; Navarro, A. 2017. Uso de suelo y ordenamiento del territorio : El estado de la cuestión, Costa Rica, Universidad Latinoamérica de

Ciencia y Tecnología Costa Rica. 61 p.

Konijnendijk, C; Rodbell, P; Salbitano, Fabio; Sayers, K; Jiménez, S; Yokohari, M. 2018. La evolución en la gobernanza de los bosques urbanos (en línea). *Unasylva* 69(1):37-42. Disponible en www.fao.org/forestry/unasylva.

Konijnendijk, CC. 2014. From Government to Governance : Contribution to the Political Ecology of Urban Forestry. *In* Sandberg, A; Bardekjian, A; Butt, S (eds.). *Urban Forests, Trees and Greenspace - A political ecology perspective*. New York, United States of America, earthscan. p.35-46

De la Concha, H; Reynoso, R. 2017. Resultados del inventario urbano de Playa del Carmen, Q. Roo re alizado de noviembre 2016 a abril 2017 (en línea). Playa del Carmen, Quintana Roo., s.e. Disponible en https://www.itreetools.org/resources/reports/Inventario_Urbano_de_Playa_del_Carmen_QR.pdf <http://www.agrinet.mx/images/agrinet/archivos/InventarioPlayaDelCarmen.pdf>.

De la Concha, H; Roche Cano, L; García Burgos, A. 2017. Inventario del Arbolado Urbano de la ciudad de Mérida (en línea). Mérida, Yucatan, s.e. Disponible en <http://marefateadyan.nashriyat.ir/node/150>.

Leal Elizondo, CE; Leal Elizondo, N; Alanís Rodríguez, E; Pequeño Ledezma, MA; Mora Olivo, A; Buendia Rodríguez, E. 2018. Estructura, composición y diversidad del arbolado urbano de Linares, Nuevo León. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 9(48) :252-270. DOI: <https://doi.org/10.29298/rmcf.v8i48.129>.

Lewis, SL; Lopez-Gonzalez, G; Sonké, B; Affum-Baffoe, K; Baker, TR; Ojo, LO; Phillips, OL; Reitsma, JM; White, L; Comiskey, JA; Djuikou K, MN; Ewango, CEN; Feldpausch, TR; Hamilton, AC; Gloor, M; Hart, T; Hladik, A; Lloyd, J; Lovett, JC; Makana, JR; Malhi, Y; Mbago, FM; Ndangalasi, HJ; Peacock, J; Peh, KSH; Sheil, D; Sunderland, T; Swaine, MD; Taplin, J; Taylor, D; Thomas, SC; Votere, R; Wöll, H. 2009. Increasing carbon storage in intact African tropical forests. *Nature* 457(7232):1003-1006. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature07771>.

Maas, J; Verheij, RA; De Vries, S; Spreeuwenberg, P; Schellevis, FG; Groenewegen, PP. 2009. Morbidity is related to a green living environment. *Journal of Epidemiology and Community Health* 63(12):967-973. DOI: <https://doi.org/10.1136/jech.2008.079038>.

Marot, N; Golobič, M; Müller, B. 2015. Green infrastructure in Central, Eastern and South Eastern Europe: A universal solution to current environmental and spatial challenges? *Urbani Izziv* 26:S1-S12. DOI: <https://doi.org/10.5379/urbani-izziv-en-2015-26-supplement-000>.

MEA (Millennium Ecosystem Assessment). 2005. *Millenian Ecosystem Ssessment, Ecosystems and Human well-being biodiversity synthesis*. Washington, D.C, United States of America.

Mendoza, L. 2021. Proyecto de manejo del arbolado urbano de la ciudad de Colón. Ciudad de Colón, Panamá.

Mireles Barrera, MD; Tonon, G; Alvarado Salgado, SV. 2012. Investigación cualitativa : el análisis temático para el tratamiento de la información desde el enfoque de la fenomenología social. *Universitas Humanística* 74:195-225.

- Municipalidad de San José. 2016. Diagnóstico cantonal 2016 (en línea). San José, Costa Rica. Disponible en https://www.msj.go.cr/MSJ/Municipalidad/Lists/DiagnosticoCantonal/DispForm.aspx?ID=2&Source=https%3A%2F%2Fwww.msj.go.cr%2FMSJ%2FMunicipalidad%2FSitePages%2FSJC_diagnostico_cantonal.ASPX&ContentTypeId=0x0100455673D594F2D14DADEBA26DA2A907DA.
- Navarro Perez de Leon, NM. 2013. Assessment of ecosystem services and perceived benefits of street trees: A case study in Coyocan, Mexico City. s.l., THE UNIVERSITY OF BRITISH COLUMBIA. 110 p. DOI: <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>.
- Navarro Perez, NM. 2017. Assessment of ecosystem services and perceived benefits of street trees. A case study in Coyoacan, Mexico city, México, Universidad Nacional Autonoma de Mexico. 1-127 p. DOI: <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>.
- Nowak, DJ. 2018. Mejorar los bosques urbanos a través de la evaluación, la modelización y el seguimiento. *Unasylva* 69(1):30-36.
- Nowak, DJ; Crane, DE; Stevens, JC; Hoehn, RE; Walton, JT; Bond, J. 2008. A ground-based method of assessing urban forest structure and ecosystem services. *Arboriculture and Urban Forestry* 34(6):347-358.
- Nowak, DJ; Dwyer, JF. 2007. Understanding the Benefits and Costs of Urban Forest Ecosystems. *In* Kuser, JE (ed.). *Urban and Community Forestry in the Northeast*. New York, United States of America, Springer Science. p. 11-25.
- Nowak, DJ; Iii, REH; Bodine, AR; Greenfield, EJ; Endreny, TA; Henry, R; Yang, Y; Zhou, T. 2012. *Assessing Urban Forest Effects and Values : Toronto ' s Urban Forest*. United States of America USDA.
- Nowak, DJ; Stevens, JC; Sisinni, SM; Luley, C. 2002. Effects of urban tree management and species selection on atmospheric carbon dioxide. *Journal of Arboriculture* 28(3):113-122.
- Ordonez Barona, C; Dobbs, C; Aguilar, LO; Baptista, MD; Navarro, NM; da Silva Filho, DF; Escobedo, FJ. 2020. Trends in Urban Forestry Research in Latin America & The Caribbean: A Systematic Literature Review and Synthesis (en línea). *Urban Forestry and Urban Greening* 47(May 2019):126544. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2019.126544>.
- Ordóñez, C; Duinker, PN. 2013. An analysis of urban forest management plans in Canada: Implications for urban forest management. *Landscape and Urban Planning* 116:36-47. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2013.04.007>.
- Ordóñez, C; Threlfall, CG; Livesley, SJ; Kendal, D; Fuller, RA; Davern, M; van der Ree, R; Hochuli, DF. 2020. Decision-making of municipal urban forest managers through the lens of governance (en línea). *Environmental Science and Policy* 104(May 2019):136-147. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2019.11.008>.
- Organización de las Naciones Unidas. 2015. *Objetivos del Desarrollo Sostenible*. The world bank 13689:130b - 131. DOI: https://doi.org/10.1596/978-1-4648-0484-7_post_2015_development_agenda.
- Organización de las Naciones Unidas. 2016. *World Cities Report 2016*. 21. Kenya, s.e. DOI:

<https://doi.org/10.1097/NCM.0000000000000166>.

Orozco-Aguilar, L. 2019. *Forestería urbana en Latinoamérica*. CATIE-Turrialba, C.R, s.e. p. 33.

Ortiz Nunez, FA. 2020. *Servicios ecosistémicos y gestión del arbolado urbano en Santo Domingo, República Dominicana*. Thesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 67 p.

Palmero Barrachina, J. 2019. *Servicios ecosistémicos de la infraestructura verde: cuantificación y estimación económica del almacenamiento de carbono y flujos de agua en un proyecto piloto en Benicalap*. (en línea). Trabajo fin de grado. Valencia, España, Universitat Politècnica de València. 48 p. Disponible en <https://riunet.upv.es:443/handle/10251/125045>.

Perelman, PE; Marconi, PL. 2016. *Percepción del verde urbano en parques de la ciudad de Buenos Aires*. Perception of urban green in parks of the City of Buenos Aires. (en línea). *Multequina : Latin American Journal of Natural Resources* 25(1):13-22. Disponible en http://www.scielo.org.ar/pdf/multeq/v25n1/v25n1a02.pdf%0Ahttp://www.scielo.org.ar/pdf/multeq/v25n1/v25n1a02.pdf%0Ahttp://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1852-73292016000100002.

Pérez-Medina, S; López-Falfán, I. 2015. *Áreas verdes y arbolado en Mérida, Yucatán. Hacia una sostenibilidad urbana*. *Economía Sociedad y Territorio* xv:1. DOI: <https://doi.org/10.22136/est002015552>.

Retamal, CA. 2015. *Cuantificación de servicios ecosistémicos urbanos en cerro Isla"*. El Proyecto de Parque Urbano para el cerro Chena, Santiago, Chile. Tesis Magíster. Chile, Universidad Católica de Chile. .

Rojas-Mancebo, Y. 2021. *Apropiación y soporte social de la política ambiental de arborización y áreas verdes del Distrito Nacional, República Dominicana*. Thesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. . 70 p.

Roy, S; Byrne, J; Pickering, C. 2012. *A systematic quantitative review of urban tree benefits, costs, and assessment methods across cities in different climatic zones* (en línea). *Urban Forestry and Urban Greening* 11(4):351-363. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2012.06.006>.

Salbitano, F; Borelli, S; Conigliaro, M; Chen, Y. 2017. *Directrices para la silvicultura urbana y periurbana*. Roma, Italia, FAO. 176 p. (Estudio FAO: Montes 178).

Sánchez, G; Artavia, R. 2013. *Inventario de la foresta en San José: Gestión Ambiental Urbana* (en línea). *Ambientico*. Revista mensual sobre la actualidad ambiental (232-233):26-33. Disponible en <http://www.ambientico.una.ac.cr>.

SINAC. (Sistema Nacional de Áreas de Conservación, Costa Rica) 2018. *Plan Estratégico 2018-2025 del Programa Nacional de Corredores de Costa Rica (Informe Final)*. San José, Costa Rica, 52 p.

Tovar-Corzo, G. 2013. *An approximation urbanistic silviculture in Colombia [Aproximación a la silvicultura urbana en Colombia]* (en línea). *Bitacora Urbano Territorial* 22(1):119-136. Disponible en <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84890545275&partnerID=40&md5=8ce5825ba729e546ab655c206dbc1202>.

Tovar Corzo, G. 2007. Manejo del arbolado urbano en Bogotá (en línea). Territorios (16-17):149-173. Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=35701709>.

Trees for Seattle. 2020. 2020 Urban Forest Management Plan: City of Seattle. Seattle, United States of America, Trees for Seattle.

USDA Forest Service. 2013. Urban Forestry Strategic Management: Kirkland. Kirkland, United States of America.

Westing, AH; Kramer, PJ; Kozlowski, TT. 1961. Physiology of Trees. The Journal of Wildlife Management 25(3):349. DOI: <https://doi.org/10.2307/3797872>.

ANEXO 1. Encuesta a actores del gobierno

Lugar y fecha	____/____/____					 <p style="font-size: small;">Solutions for environment and development Soluciones para el ambiente y desarrollo</p>				
Nombre										
Institución										
Cargo										
Sexo	Mujer	<input type="radio"/>	Hombre	<input type="radio"/>						
Tipo de institución	Pública	<input type="radio"/>	Privada	<input type="radio"/>	ONG	<input type="radio"/>	Otro:	<input type="radio"/>		
Nivel de alcance de sus actividades	Cantonal	<input type="radio"/>	Provincial	<input type="radio"/>	Nacional	<input type="radio"/>	Otro:	<input type="radio"/>		
¿Qué actividades realizan con respecto a la planeación, diseño y gestión del arbolado urbano?										
Espacios con arbolado urbano que actualmente gestiona	Calles y avenidas arborizadas	<input type="radio"/>	Áreas de protección (ríos y quebradas)	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>				
	Parque (con infraestructura gris – alumbrado público) – área verde	<input type="radio"/>	Isletas	<input type="radio"/>	Otros	<input type="radio"/>				
¿Cuentan con personal capacitado para la realización de dichas actividades?							SÍ	<input type="radio"/>	NO	<input type="radio"/>
Comentarios:										
¿Poseen algún reglamento, ley, manual u otro documento de directrices que establezcan acciones con respecto al manejo y gestión del arbolado urbano? SÍ <input type="radio"/> NO <input type="radio"/>										
Si la respuesta es afirmativa, escriba brevemente cuáles son y sus objetivos:										
¿Cuentan con algún esquema de registro de árboles? (¿inventarios, registros de parques con árboles, registro de siembra y remoción? SÍ <input type="radio"/> NO <input type="radio"/>										
Si la respuesta es afirmativa, describir sus componentes y los fines de dichos registros. Describir el alcance de acceso de estos datos.										
¿Contienen dentro de sus programas financieros de gastos, partidas presupuestales específicas para el cuidado y gestión de los árboles en la ciudad? SÍ <input type="radio"/> NO <input type="radio"/>										
Si la respuesta es afirmativa, escribir el fin de dichas partidas:										

¿Participan otros entes u organismos públicos o privados en estas actividades de manera conjunta? ¿Cuáles son? ¿De qué manera trabajan conjuntamente?

Agradecemos su colaboración en la presente investigación.

ANEXO 2. Listado de los actores consultados para la encuesta semiestructurada Academia, ONG y sector institucional

Nombre	Institución	E-institucional
Gabriela Sánchez	Municipalidad de San José	cuencas.msj@gmail.com
Sergio Feoli Borashi	Compañía Nacional Fuerza y Luz	sfeoli@cnfl.go.cr
Jairo Sancho Rodríguez	Sistema Nacional Áreas de Conservación (SINAC)	jairo.sancho@sinac.go.cr
Rafael Gutiérrez Rojas	Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE)	rafael.gutierrezr@sinac.go.cr
Emilia Martén Araya	Universidad de Costa Rica	
Héctor Espinoza Villalobos	Universidad de Costa Rica	hector.espinoza@ucr.ac.cr
Paola Brenes Rojas	INVU	pbrenes@invu.go.cr
Marco Montero	Asociación Costarricense de Arboricultura (ACRA)	presidencia@acra.cr
Alonso Briceño Rodríguez	Río Urbano	alonso@riourbanocr.org
Josy Calvo Villalobos	Rutas Naturbanas	
Ronald Arias	Instituto Nacional de Seguros (INS)	rondarias@ins-cr.com
Carlos Velásquez	Amigos del Torres	charlie@amigosdelriortorres.org
Lilliana Piedra Castro	Universidad Nacional (UNA)	lilliana.piedra.castro@una.cr
María José Avellan Zumbado	Universidad Nacional (UNA)	
Alvaro Sibaja	Universidad Técnica Nacional (UTN)	asibajavi@utn.ac.cr

Gobiernos locales

Nombre	Municipalidad	Correo
Grettel Agüero	Mora	gaguero@mora.go.cr
José Rafael	Montes de Oca	
Ingrid Sandoval	Tibas	i.sandoval@munitibas.go.cr
José Retana	Curridabat	jose.retana@curridabat.go.cr
Katherine Quirós	Unión	kquiros@munilaunion.go.cr
Daniel Barquero	Desamparados	ncordero@desamparados.go.cr
Kendy Villalobos	San Isidro	utga@sanisidro.go.cr
Johanna Ávila	Alajuelita	javila@munialajuelita.go.cr