

Desarrollo urbano en armonía con los
**servicios
ecosistémicos**
del Plan de Ordenamiento Zonal
del Norte, Bogotá D.C.

Desarrollo urbano en armonía con los

servicios ecosistémicos

del Plan de Ordenamiento Zonal
del Norte, Bogotá D.C.



Foto: Lagos de Torca.



Consejo Directivo

PRESIDENTE

Eduardo Pacheco Cortés

VICEPRESIDENTE

Pedro Miguel Navas Sanz

MIEMBROS DIRECTORES

Juan Carlos Mora Uribe

Carlos Mauricio Vásquez Páez

Susana Peláez

Daniel Haime Gutt

José Alejandro Cortés Osorio

Carlos Andrés Uribe Arango

Andrés Cadena Venegas

Mauricio Cárdenas Müller

Luis Felipe Arrubla

Luciano Tommasi

Dolly Montoya Castaño

María Consuelo Araújo



PROBOGOTÁ

Fundación para el progreso de la Región

María Carolina Castillo

Presidente

Bibiana Rodríguez

Directora de desarrollo urbano sostenible

Jesús Dulce

Director de futuro del empleo y desarrollo económico y de gobierno y políticas públicas

César Restrepo

Director de seguridad

Adriana Vivas

Directora de comunicaciones

Adriana Peñalosa

Directora de cooperación internacional

Martín Anzellini García-Reyes

Asesor

Equipo de Desarrollo Urbano Sostenible

Natalia Silva Mora

Coordinadora de proyectos urbanos

Cristina Hermida

Analista senior

Juan Camilo Martínez

Analista

Paula Gabriela Soto

Arquitecta urbanista

Con el apoyo de:



**Equipo de trabajo del informe:
Identificación, mapeo y análisis
comparativo de servicios
ecosistémicos. Plan de ordenamiento
zonal del norte Bogotá 2023.**

Dr. habil. Luis Inostroza

Prof. Dr. Erik Gómez-Baggethun

Prof. Dr. Harald Zepp

Dr. Richard Lemoine-Rodríguez

Dra. Paulina Raeva

Dr. Darío Zambrano

Msc. Tereza Baur

Ing. Lupe Porraz

Ing. Nicolás Muñoz

Ing. Raúl Moreno

Ing. Nicol Garzón

Bsc. Daniel Janstedt

ISBN 978-628-95573-3-6

Miembros

Probogotá Región



McKinsey
&Company



Uber



BOLSA
MERCANTIL
DE COLOMBIA



Presentación

Probogotá Región, desarrolló una metodología para la identificación, mapeo y análisis comparativo de los Servicios Ecosistémicos (SE), para determinar el impacto del desarrollo urbano sobre los SE. Este estudio fue liderado por el Dr. hábil Luis Inostroza y su equipo de trabajo, el cual fue probado en el suelo de expansión del norte de la ciudad.

Este tipo de ejercicios sienta un precedente en la transferencia de conocimiento de rigor científico al ámbito de la planificación y el diseño urbano, con la posibilidad concreta de basar la toma de decisiones en el conocimiento empírico. Utiliza metodologías probadas con éxito para analizar las tendencias biofísicas y evaluar los cambios en los SE a lo largo del tiempo a partir de la valoración de los mismos, utilizando los parámetros urbanísticos existentes en la norma actual.

El estudio destaca la importancia de una mejor colaboración entre planificadores, diseñadores urbanos y científicos para lograr una integración efectiva de la ciencia en la toma de decisiones en los procesos de desarrollo urbano.

Para visitar el informe **Identificación, mapeo y análisis comparativo de servicios ecosistémicos. Plan de ordenamiento zonal del norte Bogotá 2023**, escanea el siguiente código QR:





CONTENIDO

01	INTRODUCCIÓN.....	13
02	ÁREA DE ESTUDIO.....	17
03	METODOLOGÍA Y DESARROLLO.....	19
3.1	Descripción metodológica.....	19
3.2	Desarrollo de la metodología.....	20
3.2.1	Análisis de tendencias del espacio biofísico	20
3.2.2	Mapeo de tipos urbanos estructurales	24
3.2.3	Valoración de servicios ecosistémicos	32
3.2.4	Clasificación de los servicios ecosistémicos	33
3.2.5	Mapeo de servicios ecosistémicos	36
04	CONCLUSIONES.....	43
4.1	Análisis de cambios marginales en los servicios ecosistémicos.....	44
4.2	Recomendaciones.....	48



01

Introducción

Colombia ha sido pionera en los debates sobre la ecología urbana sostenible en América Latina. A través de instrumentos de planificación urbana, como los previstos en la ley 388 de 1997 ha abordado el ordenamiento integral de la entidades territoriales. La definición de la estructura ecológica principal en Colombia, es referente para otros países de la región. Sin embargo, la crisis socio-ecológica del siglo XXI requiere nuevos modelos para un desarrollo urbano verdaderamente sostenible que aborde la crisis climática y social actual (Seto et al. 2016).

Así, la planificación urbana enfrenta el desafío de conciliar las necesidades de una población en crecimiento que demanda una mejor calidad de vida, con la necesidad de proteger el medio ambiente a nivel global. En este contexto, los Servicios Ecosistémicos (SE) son una herramienta para identificar los beneficios que los seres humanos obtenemos del buen funcionamiento de los ecosistemas.

La ciencia de los SE, tiene como objetivo valorar la contribución de la naturaleza al bienestar humano y conectar las ciencias naturales y sociales para proteger y gestionar el capital natural (Costanza et al. 2017). Con ello genera conocimiento científico que alimenta la elaboración de políticas públicas para mejorar la gestión de los ecosistemas y priorizar los beneficios que brindan a la sociedad.

Los SE deben ser identificados, cuantificados y valorados para inducir la toma de decisiones y garantizar su reconocimiento, protección y gestión para las generaciones presentes y futuras (Braat and de Groot 2012; de Groot et al. 2012).

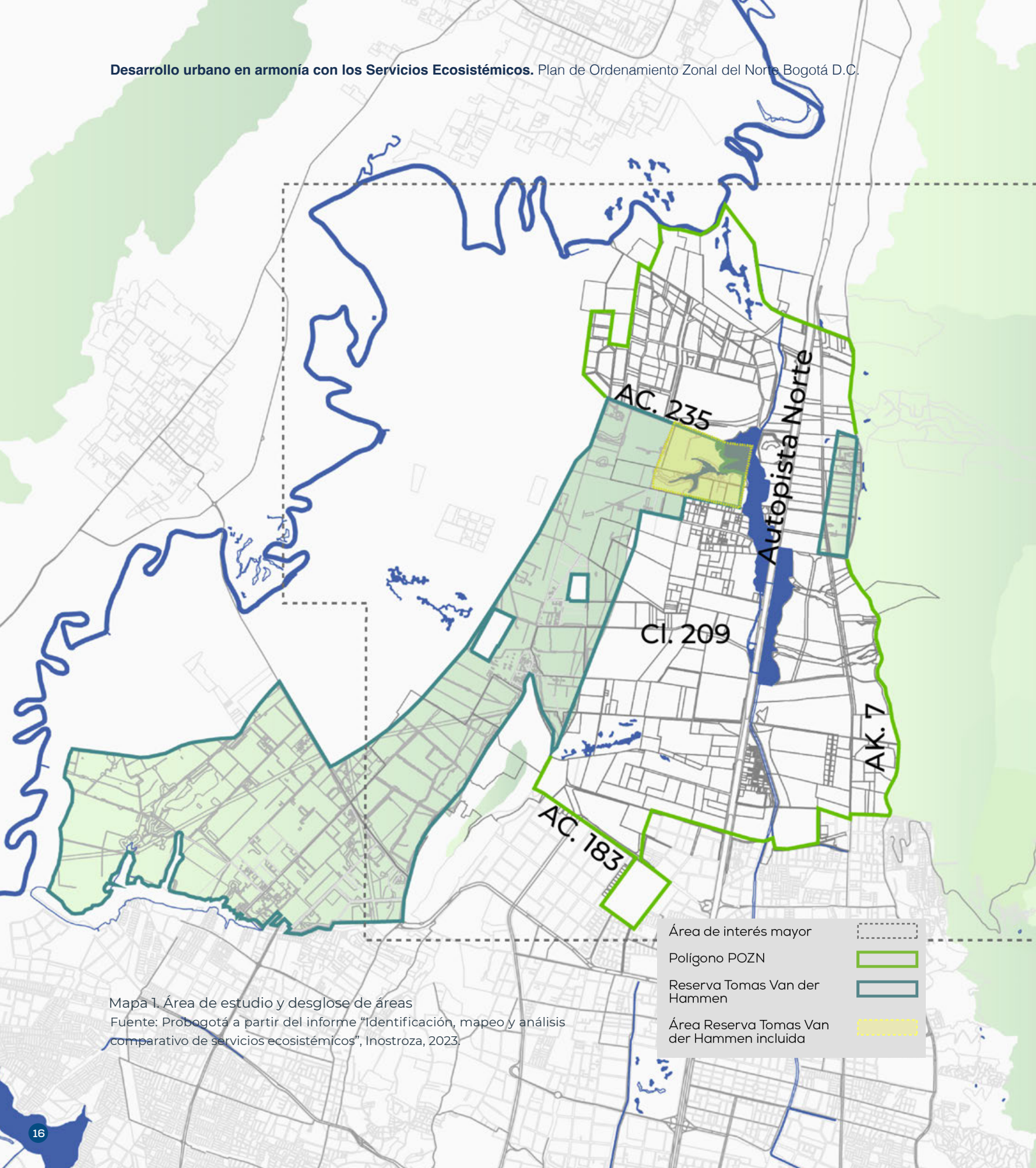
La valoración de los SE es crucial en un contexto en el que la naturaleza se está volviendo escasa y su adecuada gestión es fundamental, tanto para el bienestar social como para el desarrollo sostenible (Gómez-Baggethun et al. 2016; Jacobs et al. 2016). Cuando los SE no se tienen en cuenta en la toma de decisiones, se les otorga un valor cero, lo cual pone en riesgo el logro del bienestar social y la implementación de alternativas de desarrollo sostenible.

Así bien, la finalidad de este estudio es probar el conocimiento científico existente con un proyecto real de desarrollo urbano, utilizando el enfoque de los servicios ecosistémicos (SE) que sitúa a la naturaleza como un soporte fundamental para el bienestar humano y busca incorporar a la ciudadanía en la discusión, la cual ha sido frecuentemente marginada (Fürst et al. 2014). El objetivo es vincular a los procesos de planificación y desarrollo urbano con la naturaleza y sus procesos ecológicos como factores decisivos, y lograr así, un equilibrio entre el desarrollo urbano y el entorno natural.

Este ejercicio fue aplicado en el marco del Plan de Ordenamiento Zonal Norte Ciudad Lagos de Torca (POZN) es una iniciativa de Ordenamiento Territorial y un modelo de intervención público-privado que ha gestionado durante años la Administración Distrital, para cubrir las necesidades de vivienda y equipamientos proyectados para los próximos 25 años. Este proyecto busca, desde su formulación, restablecer el vínculo entre el desarrollo y el medio ambiente, lo cual lo convierte en un proyecto vanguardista, en el sentido que garantizará de manera anticipada la infraestructura pública necesaria para generar un desarrollo ordenado de vivienda, comercio y servicios públicos y la recuperación de elementos de importancia ecosistémica para la ciudad que durante años fueron olvidados.

El presente estudio realiza un análisis de los servicios ecosistémicos desde la mirada actual y prospectiva, en el área de implementación del Plan de Ordenamiento Zonal Norte Ciudad Lagos de Torca, uno de los pocos suelos disponibles para el crecimiento urbano de Bogotá, que aunque ha cumplido con un proceso de planificación integral, las demoras de su implementación, han permitido un desarrollo espontáneo no planificado y persistente; buscando a partir de la ciencia de los servicios ecosistémicos, cuantificar el impacto del desarrollo urbano espontáneo y el desarrollo planificado en el área de estudio, teniendo en cuenta sus consecuencias ecológicas, sociales y urbanísticas.





Mapa 1. Área de estudio y desglose de áreas
Fuente: Probogotá a partir del informe "Identificación, mapeo y análisis comparativo de servicios ecosistémicos", Inostroza, 2023.

- Área de interés mayor
- Polígono POZN
- Reserva Tomas Van der Hammen
- Área Reserva Tomas Van der Hammen incluida

02

Área de estudio

Para la aplicación de esta metodología se ha elegido el área de expansión urbana más importante que tiene la ciudad de Bogotá y que proporciona las condiciones ideales para hacer un ejercicio comparativo de la provisión actual y futura de los Servicios Ecosistémicos, teniendo en cuenta:

1. La localización estratégica entre los cerros orientales y el río Bogotá, zona en la cual hizo la medición inicial de los servicios ecosistémicos bajo las condiciones actuales y dentro de la cual se encuentran elementos con valores ecosistémicos a recuperar como, el humedal Torca – Guaymaral fragmentado por la autopista norte, cuatro (4) quebradas disecadas por los procesos de deforestación y ocupación ilegal de los cerros orientales y la colindancia con Reserva Forestal Productora Thomas Van Der Hammen, en proceso de consolidación.

2. La existencia de un plan para el desarrollo urbanístico para la pieza que permite a partir de una propuesta normativa concreta, aplicar la metodología y estimar las variaciones de los servicios ecosistémicos con el desarrollo del plan y posteriormente comparar las variaciones.

El Plan de Ordenamiento Zonal Norte Ciudad Lagos de Torca (POZN), está ubicado al norte de la ciudad de Bogotá, en las localidades de Suba y Usaquén, y se extiende de sur a norte desde la calle 183 hasta la calle 245 y de oriente a occidente, desde la carrera Séptima, hasta la ampliación de la Avenida Boyacá. Comprende 1.803 hectáreas, donde se pretende ampliar la infraestructura vial y de servicios públicos, la construcción de 130 mil nuevas viviendas y la generación de nuevos comercios y empleos. Además de la recuperación del humedal Torca-Guaymaral y las cuatro quebradas que lo alimentan.

Es importante mencionar, que el ámbito de estudio seleccionado para el mapeo de servicios ecosistémicos, actuales y futuros, se extiende sobre un área ligeramente superior a la del POZN, incorporando 66,8 hectáreas de la Reserva Forestal Regional Productora Thomas Van Der Hammen (RTVH), aledaña al humedal Torca y conectada ecológicamente con la zona. Así las cosas, el área total del estudio alcanza las 1.870 hectáreas (Ver Mapa 1. Área de estudio y desglose de áreas).



03

Metodología y desarrollo

3.1 Descripción metodológica

A partir de la definición del área de estudio, la metodología se divide en tres (3) fases:

- 1 **Análisis de tendencias del espacio biofísico.**
- 2 **Mapeo de tipos urbanos estructurales actuales y futuros.**
- 3 **Identificación, valoración y mapeo de los servicios ecosistémicos a partir de una mesa de expertos.**

Y se desarrolla a partir de lo expuesto en la Figura 1, con un análisis de tendencias, un mapeo de tipos urbanos estructurantes (TUE) y una valoración de servicios ecosistémicos (SE).



Figura 1. Diagrama de flujo del método general.
Fuente: Fuente: Probogotá a partir del informe “Identificación, mapeo y análisis comparativo de servicios ecosistémicos”, Inostroza, 2023.

3.2 Desarrollo de la metodología

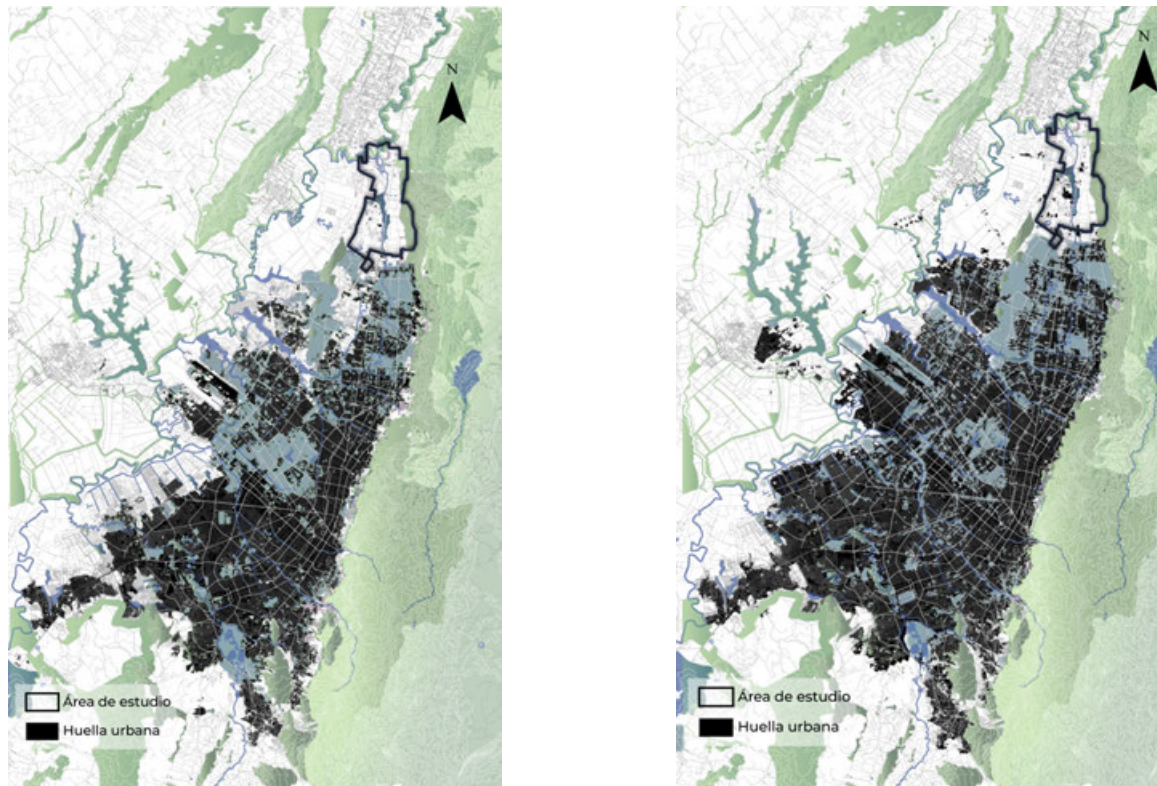
A continuación, se describe el trabajo realizado en cada fase y sus principales resultados.

3.2.1 Análisis de tendencias del espacio biofísico

El espacio biofísico corresponde a los elementos estructurales del paisaje del área de estudio como el clima, el relieve, el suelo y las coberturas vegetales.

El sector norte de Bogotá ha venido experimentando un desarrollo urbano

espontáneo, no planificado e intenso (Ver Mapa 2). Este desarrollo produce cambios importantes en los ecosistemas, tanto en términos de la intensidad y calidad de la vegetación existente, como de la intensidad y características del espacio construido.



Mapa 2. Expansión urbana en Bogotá en los años 1988 (derecha) y 2010 (izquierda).

Fuente: Probogotá a partir del informe "Identificación, mapeo y análisis comparativo de servicios ecosistémicos", Inostroza, 2023.

Para conocer los cambios estructurales que ha experimentado el sector norte de Bogotá en términos de sus componentes biofísicos, este estudio desarrolló un análisis multitemporal utilizando indicadores radiométricos y técnicas de teledetección. Este análisis, permite utilizar las tendencias en la intensidad de la vegetación (análisis fenológico, siguiendo (Zewdie et al. 2017)) y del espacio construido, a fin de contextualizar de manera científica los cambios previstos en el área de estudio en un periodo de 20 años.

Para esto, se utilizó la base de datos de Terra MODIS Vegetation Índices y 2 indicadores radiométricos: i) el EVI (Enhanced Vegetation Index), que indica la intensidad de la vegetación y ii) el LST (Land Surface Temperature) que refleja el efecto de la urbanización de manera indirecta a través de los cambios en la temperatura de la superficie; las temperaturas más altas corresponden a áreas urbanizadas y las temperaturas más bajas a áreas con cobertura vegetal. Para representar las temperaturas en el área de estudio se emplearon todas las escenas disponibles para el periodo 2000-2021, derivando en un volumen total de 1,004 imágenes.

A partir de esta información, se generaron datos a intervalos consistentes que representarán la evolución tanto de los valores de LST como de EVI a través del tiempo, posteriormente se calcularon promedios anuales por píxel para ambos indicadores, obteniendo un volumen final de 22 imágenes.

Seguidamente se analizaron las tendencias a detalle de LST y EVI y se generaron siete (7) posibilidades de clasificación en los que pueden agruparse los píxeles del área de estudio.

En los resultados que se presentan a continuación, únicamente se enuncian las clases que fueron efectivamente encontradas: sin considerar las áreas circundantes, la tendencia de temperatura multitemporal para el polígono de estudio muestra una ligera pendiente positiva de incremento. Es muy posible que se deba a los crecientes grados de urbanización que ha experimentado el sector durante las últimas dos décadas (Ver Figura 2).

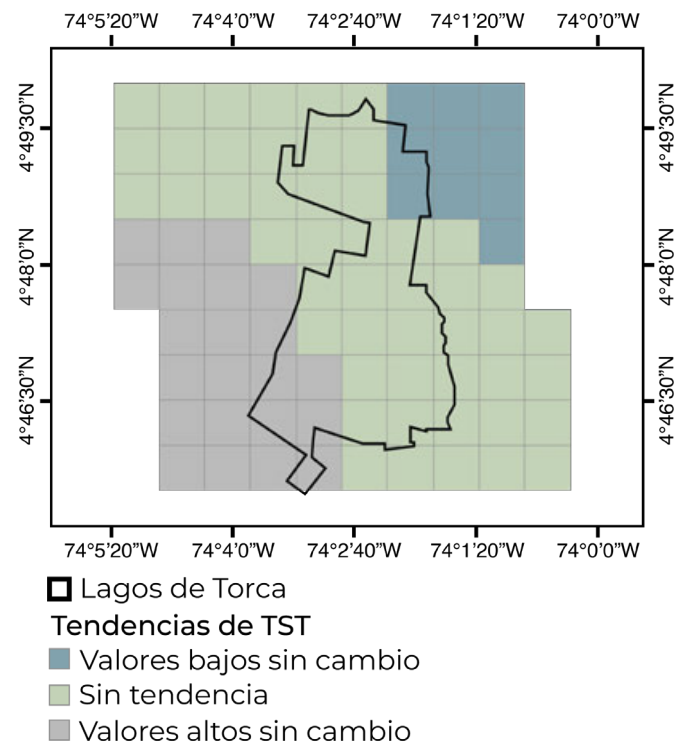


Figura 2. Macrotendencias en la temperatura de la superficie terrestre (TST) en el área del POZN y circundante. Fuente: Probogotá a partir del informe “Identificación, mapeo y análisis comparativo de servicios ecosistémicos”, Inostroza, 2023.

Las tendencias en la intensidad de la vegetación muestran claramente una tendencia inversa a la experimentada por las temperaturas, tal como ha sido demostrado en la literatura científica ad-hoc (Lemoine-Rodríguez et al. 2022c, a).

Al comparar las tendencias tanto de temperatura como de intensidad de la vegetación de los polígonos del POZN y RTVH se observa una alta correlación. Las temperaturas siguen las mismas fluctuaciones, aun cuando la intensidad de la vegetación es mayor al interior del polígono RTVH.

De hecho, la mayor intensidad de la vegetación existente en el polígono RTVH manifiesta las mismas fluctuaciones temporales que la vegetación al interior del polígono del POZN. (Ver Figura 3).

Este acoplamiento evidencia que ambas áreas están sometidas a dinámicas similares de cambio de la configuración del espacio biofísico, y no evidencian cambios significativos que reflejen la diferencia normativa que rige sobre ambas áreas. Esta discordancia entre realidad biofísica y normativa ya ha sido documentada y analizada en otros contextos latinoamericanos (Daunt et al. 2021).

El análisis tendencial, es una aproximación a lo que sucedería en el área de estudio, en términos biofísicos, sino se ejecutaran los planes parciales diseñados, y se mantiene la tendencia de crecimiento orgánico y no planificado, como viene ocurriendo en Bogotá en los últimos 20 años.

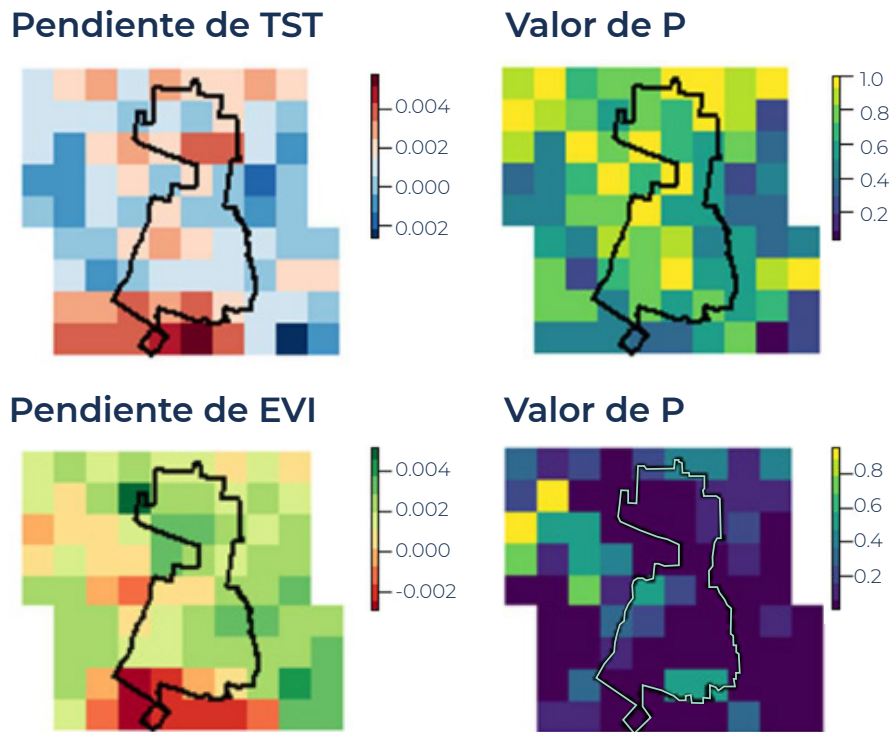


Figura 3. Tendencia multitemporal en la intensidad de la vegetación (EVI) (arriba) y tendencia multitemporal en la temperatura de la superficie terrestre (TST) (abajo) en el área del POZN y circundante.

Fuente: Probogotá a partir del informe “Identificación, mapeo y análisis comparativo de servicios ecosistémicos”, Inostroza, 2023.



3.2.2 Mapeo de tipos urbanos estructurales

Para el desarrollo de esta fase metodológica, no se utilizaron los usos del suelo, sino, los Tipos Urbanos Estructurales (TUE), teniendo en cuenta que los usos del suelo se refieren de manera general a las actividades que se desarrollan en el territorio determinadas por los instrumentos de planificación urbana y pueden tener o no algún efecto físico detectable por medios directos (monitoreo) o indirectos (sensores remotos). Por esta razón, y dependiendo de los contextos geográficos específicos, las clasificaciones de usos poseen una mixtura conceptual que puede producir distorsiones en el análisis de los cambios en la superficie de la tierra.

Por el contrario, el mapeo de TUE, refleja los cambios efectivos identificables de manera directa en un área determinada y por esta razón evidencian de manera fidedigna las formas antrópicas de utilización del espacio y sus cambios. Por ejemplo, un TUE como “áreas verdes” y “áreas deportivas” pueden compartir gran parte de sus coberturas del suelo (pastos) pero están sometidos a intensidades de uso diferenciales, como tránsito de personas y poda de césped; que implican efectos ecológicos relevantes. Así pues, la clasificación basada en biotopos permite reflejar aspectos ecológicos y funcionales, no identificables con los usos del suelo.

Esta diferencia entre usos del suelo y TUE tiene una relevancia muy importante en la determinación de los servicios ecosistémicos que proporcionan estructuras socio-ecológicas específicas.

Los Tipos Urbanos Estructurales, son entonces, agrupaciones de biotopos que ya han sido utilizados en la literatura científica para ambientes urbanos y suburbanos,

corresponden a un hábitat específico de una comunidad (biocenosis) presente en un área determinada, que refleja las unidades ecológicas homogéneas cartografiables más pequeñas de la biosfera.

En el marco del presente estudio, para el escenario actual, fueron identificados los biotopos y agrupados en Tipos Urbanos Estructurales.

Para la clasificación de los biotopos se utilizó una ortofotografía del año 2018 y por medio de foto interpretación y clasificación supervisada se identificaron nueve clases de coberturas de suelo, que fueron vectorizadas individualmente: 1) árboles, 2) matorrales y arbustos, 3) pastizales, 4) agua, 5) suelo desnudo (superficies sin vegetación), 6) edificaciones y construcciones, 7) estacionamientos, 8) calles y caminos pavimentados, y 9) caminos sin pavimentar.

Las primeras cuatro coberturas son las de mayor relevancia ecológica y las últimas cinco las de menor relevancia. Estas áreas fueron consideradas de manera especial en el mapeo y asignación de valores de servicios ecosistémicos que veremos en la última fase de la metodología.

Para el caso de las áreas residenciales se hizo un cálculo efectivo de las selladas para estimar su densidad y poder incluirlas en los respectivos tipos urbanos estructurales.

Por esta razón la clasificación por TUE refleja mayoritariamente características fenomenológicas de la superficie terrestre, posibles de identificar mediante técnicas de detección remota (Inostroza 2015) lo que permite medir la intensidad de uso y los efectos ecológicos relevantes de un área.



Mapeo de tipos urbanos estructurales actuales

Se identificaron 20 TUE actuales en el área de estudio, agrupados en 5 categorías (Ver Figura 7).



Figura 4. Listado completo de TUE utilizados en el mapeo actual y futuro.

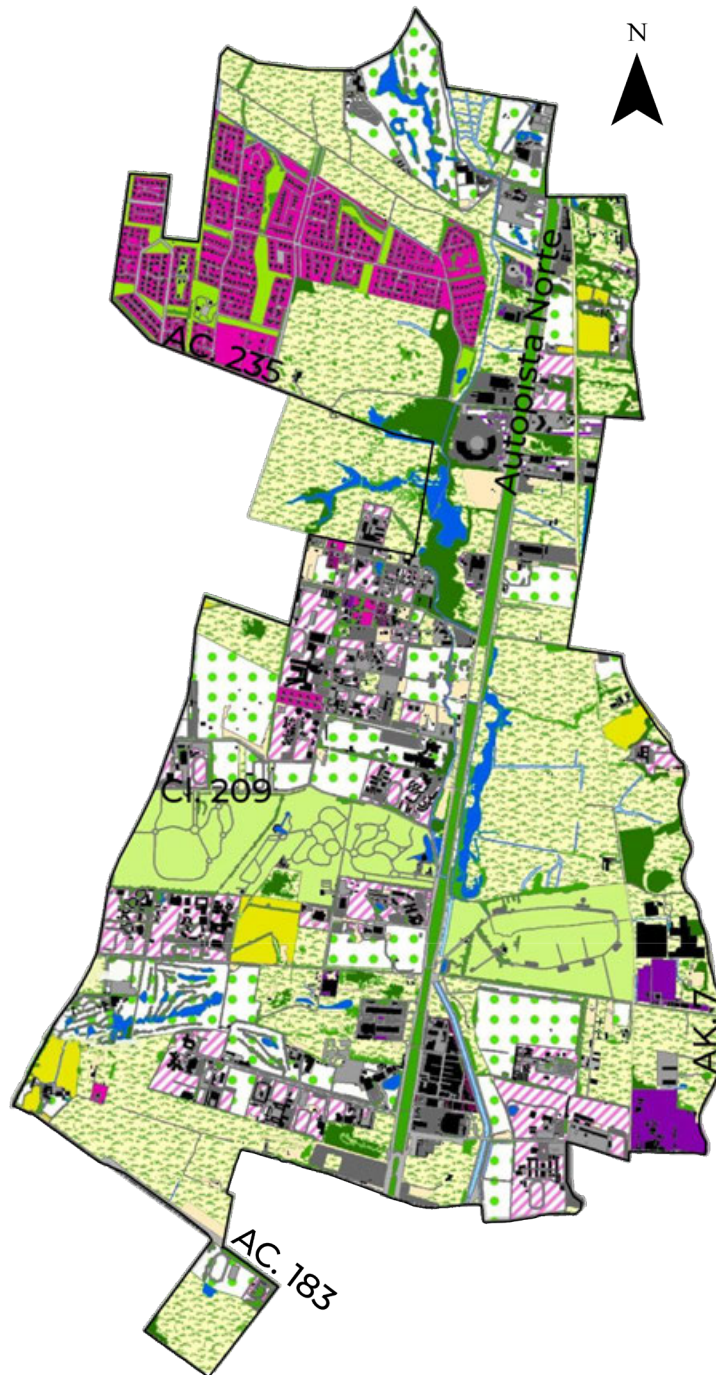
Fuente: Probogotá a partir de Informe Inostroza, 2023.

El tipo urbano estructural mayoritariamente identificado en el área de estudio, corresponde a pastos y praderas, con casi un tercio de la superficie total (31.46%), lo que evidencia el bajo grado de desarrollo urbano del sector estudiado.

Los tipos urbanos estructurantes de pastos, áreas deportivas y cementerios, ocupan en conjunto el 51.44% de la superficie.

Tipos Urbanos Estructurales

- Bosque urbano
- Árboleda lineal
- Tierra agrícola
- Áreas verdes urbanas
- Área deportiva
- Pasto, Pradera
- Cuerpos lenticos
- Cuerpos loticos
- Residencia baja densidad
- Residencial alta densidad
- Residencial media
- Cementerios
- Área comercial
- Área educativa
- Zona industrial y bodegas
- Calles
- Área sin vegetación
- Estacionamiento
- Edificios
- Otros pavimentos
- Límite área Lagos de Torca



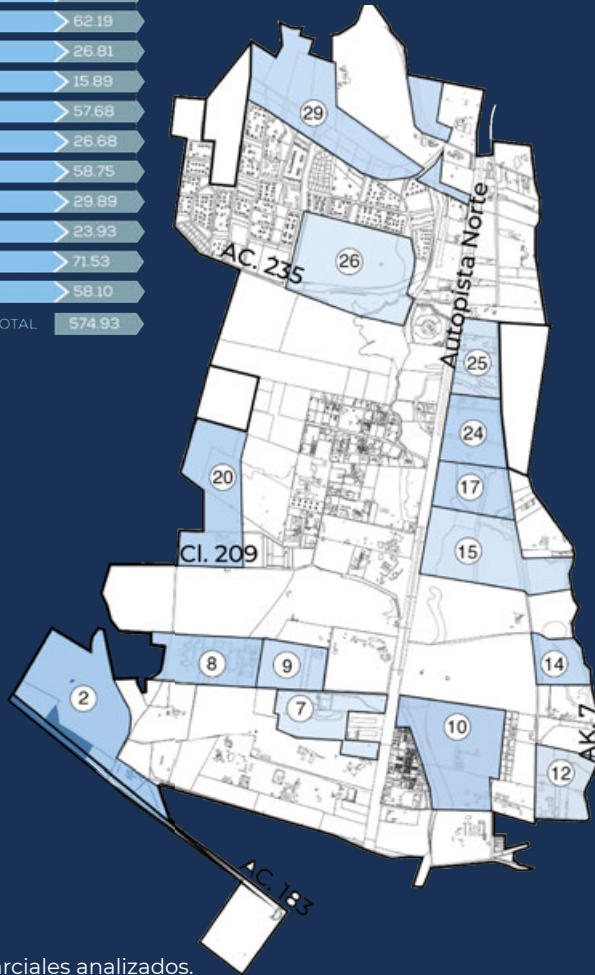
Mapa 3. Mapeo de tipos urbanos estructurales actuales.

Fuente: Probogotá a partir del informe "Identificación, mapeo y análisis comparativo de servicios ecosistémicos", Inostroza, 2023.

Condiciones para el mapeo de desarrollos urbanos futuros

El mapeo de la situación futura de los Tipos Urbanos Estructurales requirió de un escenario de desarrollo urbano como el PZNB. Este escenario de desarrollo urbanístico a futuro debe incorporar todo el espectro de posibilidades de cambios existentes en el área de estudio. Se identificaron 5 tipos de áreas:

Número	Nombre	Superficie
2	El Carmen	> 58.39
7	El Otoro	> 33.35
8	Colegios	> 30.89
9	Alameda La Concordia	> 30.89
10	El Rosario	> 62.19
12	Tibabita	> 26.81
14	Las Flores	> 15.89
15	Mazda Mavaia	> 57.68
17	Lucerna	> 26.68
20	El Coral	> 58.75
24	Santa Marta	> 29.89
25	Sorrento	> 23.93
26	El Bosque	> 71.53
29	Mudela del Rio	> 58.10
TOTAL		574.93



Mapa 4. Planes parciales analizados.
Fuente: Lagos de Torca.

- 1 Las áreas de los 14 planes parciales que cuentan con estudios y diseños arquitectónicos. Estas áreas constituyen el centro del análisis presentado. (Ver Mapa 4).
- 2 Las áreas planificadas en el POZN fuera de los 14 planes parciales analizados, que cuentan o son susceptibles de cartografiar como: los parques metropolitanos, parques lineales, parques zonales, cauce proyectado para el cuerpo de agua, la conectividad ecológica, el corredor de ronda, el equipamiento extensivo, el área del humedal Torca- Guaymaral y las arboledas lineales a ambos costados de las vías proyectadas.
- 3 Las vías proyectadas en el POZN, que incluyen una serie de biotopos que se encuentran en extremos opuestos desde el punto de vista ecológico, como son pavimentos y árboles (copa, alcorques, SUDS).
- 4 El resto de las áreas para las cuales no existe un diseño urbano específico, como el sector residencial Los Laureles-San Simón, los cuales se consideran consolidados y por ende, no susceptibles de cambio. Se dejaron fuera del análisis de SE en la situación futura.
- 5 Las áreas de compensación previstas en el humedal Torca-Guaymaral derivada de la sustracción requerida de la RTVH por la construcción de la extensión de la Avenida Boyacá entre otras vías, se dejaron fuera del análisis de SE en la situación futura.



Mapa 5. Áreas incluidas en el mapeo de tipos urbanos estructurales futuros.
 Fuente: Probogotá a partir del informe “Identificación, mapeo y análisis comparativo de servicios ecosistémicos”, Inostroza, 2023.

Mapeo de tipos urbanos estructurales futuros

La clasificación de usos del suelo a partir de los diseños de los planes parciales dió un total de 22 usos del suelo, donde predominan las áreas destinadas a vías con un 26% seguidas por las áreas residenciales con un 21% del total. Cada uno de estos 22 usos del suelo se homologó con los respectivos TUE, en un proceso de clasificación posterior.

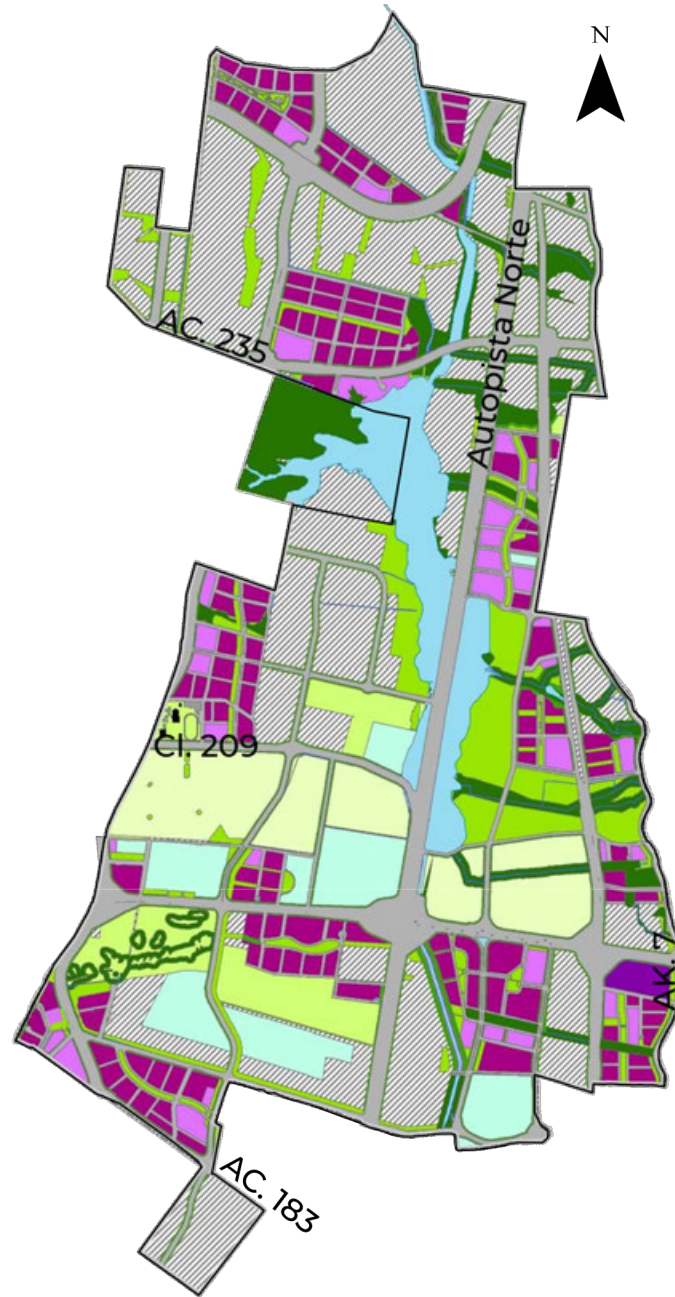
Esta asignación permitió identificar 13 TUE, donde las áreas residenciales cubren el mayor porcentaje del suelo, alcanzando el 30.4% del total; seguido de calles con un 28.1% y de áreas verdes con un 11.3% del total, cubriendo el 68.9% del total de la superficie de planes parciales.

Las áreas al exterior de los planes parciales fueron mapeadas, haciendo ajustes en su geometría para resolver sobreposiciones entre usos y/o construcciones existentes y las vías proyectadas en el POZN, así como en las franjas de protección ambiental aledañas. En la evaluación se consideró como prioritaria la existencia de vías proyectadas o de sus franjas de protección ambiental.

La superficie total mapeada en la situación futura alcanza las 1,386.5 hectáreas. La mayor superficie corresponde a calles, con un 26.27% del total (364.23 hectáreas). Las áreas residenciales alcanzan un 12.83% y las áreas verdes urbanas un 11.22%. En su conjunto estos 3 TUE cubren el 51.32% del total del área de estudio.

Tipos Urbanos Estructurales

-  Bosque urbano
-  Árboleda lineal
-  Áreas verdes urbanas
-  Área deportiva
-  Cuerpos lenticos
-  Cuerpos loticos
-  Residencia media densidad
-  Cementerios
-  Área comercial
-  Área educativa
-  Zona industrial y bodegas
-  Calles
-  Edificios
-  Otros pavimentos
-  Áreas no evaluadas



Mapa 6. Mapeo de tipos urbanos estructurales futuros.
Fuente: Probogotá a partir del informe "Identificación, mapeo y análisis comparativo de servicios ecosistémicos", Inostroza, 2023.

3.2.3 Valoración de servicios ecosistémicos

Los Servicios Ecosistémicos (SE), son los beneficios que recibe la sociedad por el buen funcionamiento de los ecosistemas (Costanza et al. 2017). La misión fundamental de la ciencia de los SE es valorar la contribución, muchas veces invisible, que hace la naturaleza al bienestar humano, y sin la cual, ninguna de nuestras acciones humanas y económicas sería posible (Costanza et al. 1998; Gómez-Baggethun et al. 2010).

La ciencia de los SE identifica, cuantifica y valora la contribución que hace la naturaleza a nuestro bienestar, evitando que pase desapercibida y así incorporarla en la toma de decisiones. En un contexto en que la naturaleza se está transformando rápidamente en un bien escaso resultan indispensables su adecuada valoración y gestión (Sanderson et al. 2002; Inostroza et al. 2016). En este contexto, es importante destacar que valorar no significa necesariamente monetizar, es decir asignar un valor monetario o de cambio, como en Latinoamérica se ha malentendido, sino el identificar, dimensionar e idealmente cuantificar el aporte concreto que hacen los ecosistemas a la sociedad, a las actividades económicas y al bienestar humano en general (Gómez-Baggethun et al. 2016; Jacobs et al. 2016).

Para identificar los Servicios Ecosistémicos, se desarrolló un intensivo trabajo de campo, utilizando el sistema de clasificación CICES (Clasificación Internacional Común de los Servicios del Ecosistema). Este sistema opera mediante una clasificación jerárquica que identifica servicios específicos clasificados en clases, grupos, divisiones y secciones. Se reconocieron tres (3) grandes grupos de servicios: abastecimiento, regulación y culturales.

- 1 Los **servicios de abastecimiento** incluyen bienes materiales como biomasa, que se extraen de plantas, lagos y sustancias de origen orgánico producidas mediante el metabolismo de los ecosistemas.
- 2 Los **servicios de regulación**, abarcan procesos naturales que benefician al ser humano, como el control del clima y la depuración del aire y el agua, que proveen ecosistemas de bosques y humedales.
- 3 Los **servicios culturales**, engloban interacciones que benefician al ser humano y dependen de estructuras ecológicas particulares, como, por ejemplo: la recreación, la educación y el turismo.

3.2.4 Clasificación de los servicios ecosistémicos

En el área de estudio, se identificaron 33 SE, de los cuales 9 servicios son de abastecimiento, 9 son servicios culturales y 15 son servicios de regulación.

1 ABASTECIMIENTO

- Plantas terrestres cultivadas (incluidos hongos, algas) con fines nutricionales.
- Animales criados con fines nutricionales.
- Plantas silvestres (terrestres y acuáticas, incluidos hongos, algas) utilizadas para nutrición.
- Fibras y otros materiales de plantas silvestres para uso o procesamiento directo (excluyendo materiales genéticos).
- Plantas silvestres (terrestres y acuáticas, incluidos hongos, algas) utilizadas como fuente de energía
- Agua superficial utilizada como material (excluido uso como bebida).
- Agua de tierra (y subsuelo) para beber.
- Agua subterránea (y subsuperficial) utilizada como material (excluido uso como bebida).
- Sustancias no minerales o propiedades del ecosistema utilizadas para fines nutricionales.

2 CULTURALES

- Características de los sistemas vivos que permiten actividades que promueven la salud, la recuperación o el disfrute a través de interacciones activas o inmersivas.
- Características de los sistemas vivos que permiten actividades que promueven la salud, la recuperación o el disfrute a través de interacciones pasivas u observacionales.
- Características de los sistemas vivos que permiten la investigación científica o la creación del conocimiento ecológico tradicional.
- Características de los sistemas vivos que permiten la educación y la capacitación.
- Características de los sistemas vivos que son resonantes en términos de cultura o patrimonio.
- Características de los sistemas vivos que permiten experiencias estéticas.
- Elementos de sistemas vivos que tienen significado simbólico.
- Características o características de los sistemas vivos que tienen un valor de existencia.
- Características o características naturales, abióticas de la naturaleza que tienen una existencia, opción o valor de legado

3 REGULACIÓN

- Filtración/secuestro/almacenamiento/acumulación por microorganismos, algas, plantas y animales.
- Atenuación de ruido.
- Proyección visual.
- Control de las tasas de erosión.
- Regulación de ciclo hidrológico y flujo de agua (incluido el control de inundaciones).
- Protección contra el viento.
- Polinización.
- Mantenimiento de poblaciones de viveros y hábitats (incluida la protección de la reserva genética).
- Control de plagas (incluidas especies invasoras).
- Procesos de descomposición y fijación y su efecto sobre la calidad del suelo.
- Regulación de la condición química de las aguas frescas por procesos vivos.
- Regulación de la composición química de la atmósfera.
- Regulación de la temperatura y la humedad, incluida la ventilación y la transpiración.
- Dilución de agua dulce.
- Dilución por atmósfera.

Análisis de servicios ecosistémicos

Resulta importante mencionar que para el análisis de los SE, se modificó del método de mapeo de SE propuesto por Burkhard (Burkhard and Maes 2017), utilizando los TUE, en lugar de coberturas del suelo, ya que se ajusta mejor a la escala urbana de la evaluación, permitiendo entender la contribución que hacen pequeños cambios en la provisión de SE en un contexto bajo procesos de urbanización.

Además, resulta posible relacionar más directamente dichos TUE con procesos ecológicos y de esta manera poder hacer inferencias directas con los SE que dichos TUE proporcionan.

Por ejemplo, TUE con alta cantidad de superficies pavimentadas interrumpen completamente el ciclo del agua y la infiltración, generando mayores temperaturas de superficie razón por la cual un TUE con alto grado de superficie pavimentada no está en condiciones de proveer SE relacionados con el ciclo del agua ni el control del clima.

Valoración de los SE con paneles de expertos

Para la valoración de los servicios ecosistémicos, se utilizó el método de matriz Burkhard (Burkhard et al. 2012) adaptado al ecosistema bogotano. Se utilizó un panel de expertos para asignar una valoración nominal entre 0 y 5 de los SE previamente identificados por estructuras ecológicas específicas.

Este método ha sido ampliamente utilizado en el contexto internacional y latinoamericano (Montoya-Tangarife et al. 2017; Mukul et al. 2017; Burkhard et al. 2018;

Juanita et al. 2019), al ser fácil de implementar y permitiendo la exploración exhaustiva de un amplio conjunto de SE, garantizando economía de tiempo y recursos.

Es de gran relevancia mencionar que los expertos vinculados al proceso de valoración, debían contar con conocimientos especializados en ecología aplicada y experiencia susceptible de ser aplicada en la ciudad de Bogotá.





3.2.5 Mapeo de servicios ecosistémicos

Mapeo de servicios ecosistémicos actuales

El mapeo de los servicios ecosistémicos se presenta en forma continua para facilitar el análisis de patrones de distribución espacial (Burkhard and Maes 2017; Spyra et al. 2018; Inostroza and Barrera 2019), lo cual permite evitar la sobrestimación del efecto de las áreas selladas.

Siguiendo la metodología, se elaboró un mapa utilizando una rejilla hexagonal de 1 hectárea (Zepp e Inostroza 2021). En la evaluación final se utilizó un modelo aditivo a fin de reflejar la contribución concurrente que hacen los SE pertenecientes al mismo grupo, para obtener mapas individuales de cada uno de los SE identificados y valorados en la etapa anterior.

La distribución de patrones espaciales de los grupos de servicios, se mapeó utilizando la herramienta de análisis de clústeres y valores atípicos (Anselin Local Moran's I) disponible en ArcGIS.

Esta herramienta identifica espacialmente áreas estadísticamente significativas que concentran valores altos y bajos y su relación con los valores circundantes y también, los valores atípicos estadísticamente significativos.

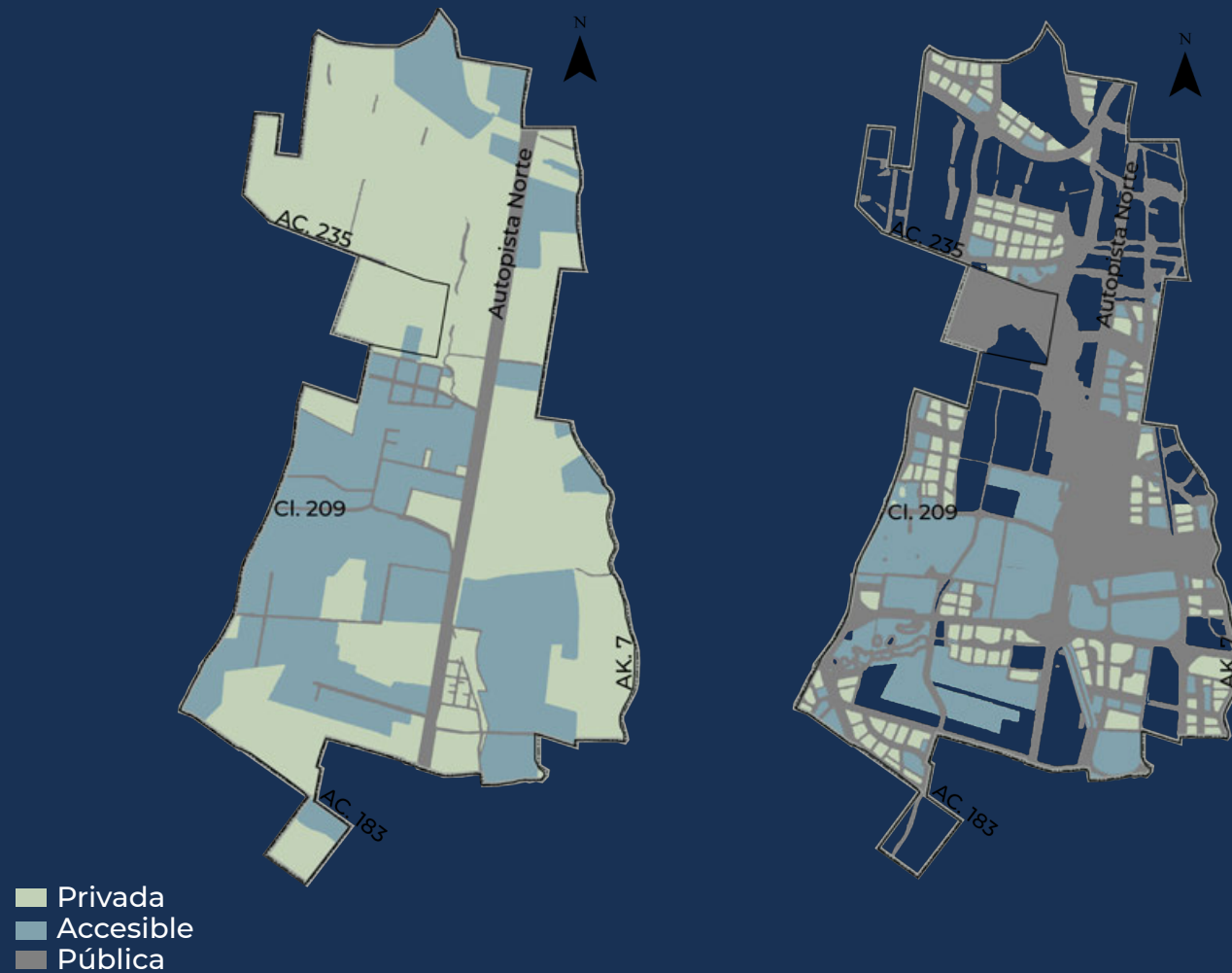
La provisión actual de servicios ecosistémicos, permite concluir que en términos de **SE de abastecimiento** predominan las áreas con muy baja capacidad las que alcanzan el 53% del total. Las áreas con baja capacidad llegan al 27% mientras que las áreas con media capacidad representan el 19%. No existen áreas con alta ni muy alta capacidad. Las áreas con capacidad cero alcanzan el 0.2% del total.

Para los **SE de regulación** la mayor superficie posee media capacidad alcanzando un 51% del total. Las áreas con baja capacidad llegan al 32% mientras que las áreas con muy baja capacidad representan el 15%. Las áreas con alta capacidad solo llegan al 2% mientras que un 0.2% del área posee capacidad nula.

Para los **SE culturales** la situación actual cambia fuertemente. El mayor porcentaje lo poseen las áreas con capacidad nula, las que llegan al 39% del total. Estas áreas corresponden a predios privados a los cuales no se puede acceder actualmente. Las áreas con muy baja capacidad representan el 31% mientras que las áreas con baja capacidad el 29%. Las áreas con media capacidad representan sólo el 0.3% del total.



Condiciones para el mapeo de servicios ecosistémicos actuales y futuros



Mapa 7. Accesibilidad de la propiedad actual (izquierda) y futura (derecha).

Fuente: Probogotá a partir del informe "Identificación, mapeo y análisis comparativo de servicios ecosistémicos", Inostroza, 2023.

Accesibilidad a la propiedad

En la situación actual los espacios privados alcanzan el 56.2% del total del área de estudio, los espacios accesibles el 39%, mientras que los espacios públicos llegan solo al 4.7% (87.8 hectáreas).

En la situación futura, las condiciones de accesibilidad del sector mejoran notablemente, debido a la gran provisión de espacios públicos como calles, áreas verdes y parques contenidas en el POZN. Los espacios privados alcanzan solo el 13.7% (185 hectáreas), los accesibles el 32% (433 hectáreas) y los públicos el 55.23% (765 hectáreas).

Este cambio estructural en las condiciones de acceso tendrá un impacto muy importante en la provisión de SE culturales.

Está reconocido en la literatura científica, que el régimen de propiedad afecta los servicios ecosistémicos culturales. Una propiedad inaccesible puede restringir el acceso y por ende el goce de servicios culturales como la recreación, la educación y otros, que requieren una interacción directa con el ecosistema.

Teniendo en cuenta lo anterior, se clasificó y ponderó el área de estudio en 3 categorías según el tipo de acceso a los predios, tanto en la condición actual como hacia el futuro: predios privados sin acceso, predios públicos y predios privados con acceso (Ver Mapa 7).

Pasos de fauna

No se incluyeron los pasos de fauna bajo las vías estructurantes en la versión final ya que sus efectos no son posibles de extender a la totalidad de los SE analizados, sino únicamente a algunos; y no necesariamente implican una mejora ecológica en la cobertura del suelo.

Las dimensiones de dichos pasos de fauna son demasiado pequeñas para producir cambios visibles.

Mapeo de servicios ecosistémicos futuros

Para el mapeo de los TUE futuros, se utilizó el mismo procedimiento que permitió mapear los SE existentes. Sin embargo, la evaluación futura de SE incluyó los 4 tipos de áreas posibles de identificar por sus características: 1. Vías POZN, 2. Área de compensación ecológica, 3. Áreas de Planes Parciales contenidas en el POZN.

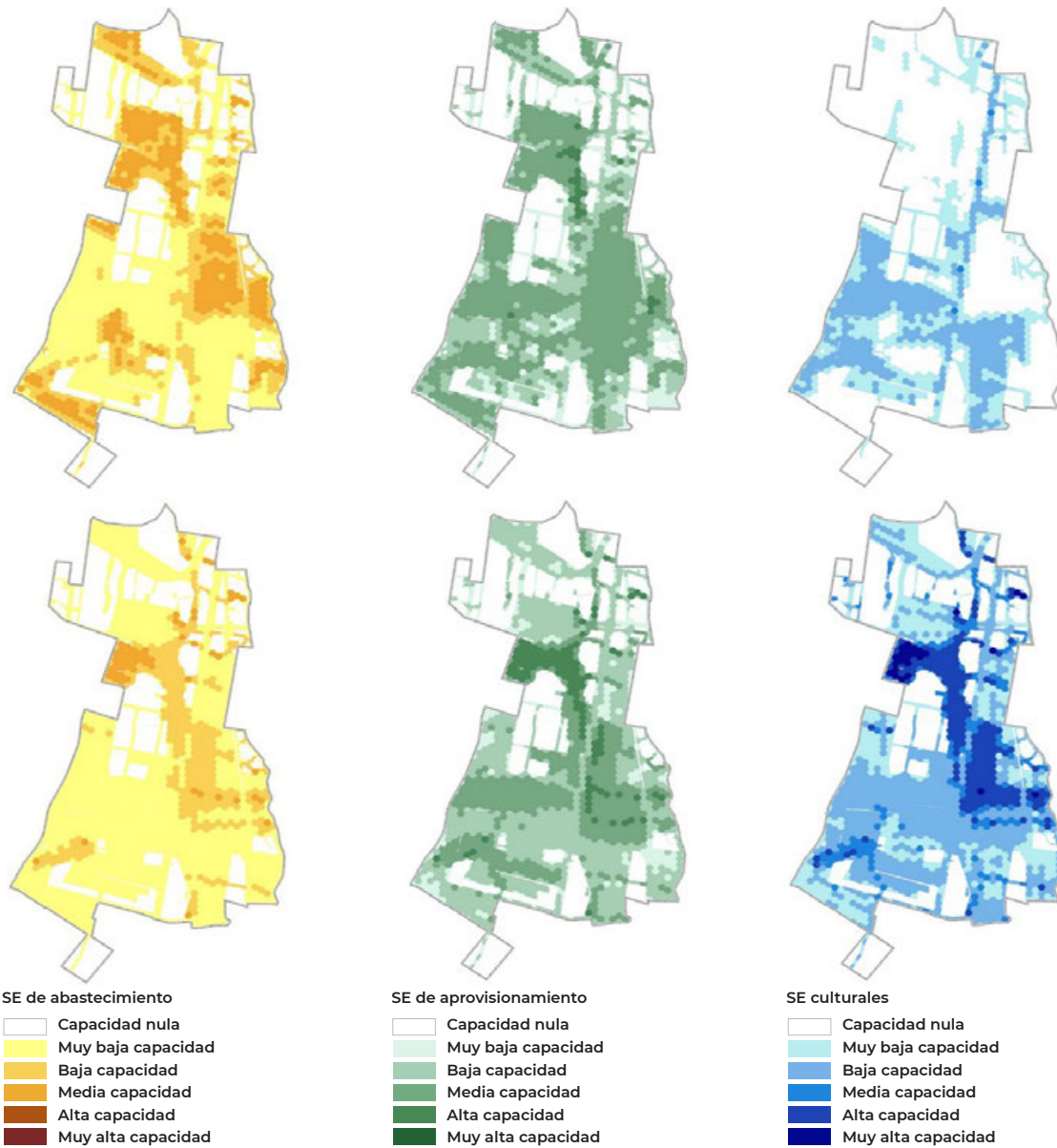
La provisión futura de servicios ecosistémicos revela cambios diferenciales en los tres grupos de servicios estudiados.

En el caso de los **SE de abastecimiento**, la mayoría del área presenta una capacidad muy baja (78%), seguida de una capacidad baja (20%) y una capacidad media (2%). No se encontraron áreas con capacidad alta o muy alta, ni tampoco áreas sin capacidad.

Para los **SE de regulación**, la provisión se concentra principalmente en áreas de baja capacidad (50%), seguidas de áreas de capacidad media (31%) y muy baja capacidad (14%). Se observa un aumento significativo en las áreas de alta capacidad (6%), que es tres veces mayor que en la situación actual.

Los mayores cambios se observan en los **SE culturales**, donde la mayoría del área muestra baja capacidad (47%) y muy baja capacidad (29%). Las áreas de alta capacidad representan el 14% y son una categoría inexistente en la situación actual. Las áreas de capacidad media abarcan el 10% del área total. Además, se identifica un pequeño porcentaje del área (0.44%) con una capacidad muy alta de provisión de servicios culturales, que no existe en la situación actual.

NOTA: La mejora en el acceso a espacios públicos propuesta por el POZN es el factor principal que explica estos cambios significativos en los SE culturales. También se destaca la contribución de nuevas áreas con valor ecológico, como el Parque Torca-Guaymaral, las rondas hidráulicas y otras áreas con una alta cobertura arbórea. En general, se observa una disminución significativa en las “áreas sin capacidad” de provisión de SE culturales, pasando del 39% en la situación actual al 0.5% en la situación futura.



Mapa 8. Resultados de SE actuales (arriba) y futuros (abajo) para SE de abastecimiento (izquierda), de regulación (centro) y culturales (derecha).

Fuente: Probogotá a partir del informe "Identificación, mapeo y análisis comparativo de servicios ecosistémicos", Inostroza, 2023.



04

Conclusiones

Las tendencias del espacio biofísico de los polígonos POZN y RTVH es altamente similar. Esto tanto para los indicadores de temperatura de superficie como de intensidad de la vegetación. Estas tendencias son de incremento para las temperaturas y de disminución en el caso de la vegetación. Esto significa que hacia el futuro la tendencia basal en la provisión de SE en el sector es de disminución.

El análisis y mapeo de SE en el área de estudio muestra para la situación actual las mayores concentraciones en los grandes predios sin desarrollo. En la actualidad los cementerios asumen un rol importante en términos de SE de regulación y culturales. Aparecen grandes áreas con valores de servicios muy bajos o nulos, asociados a los grandes predios inaccesibles en el sector.

En la situación actual, el humedal Torca-Guaymaral concentra servicios en áreas específicas, con diferencias significativas entre servicios de abastecimiento, regulación y culturales.

Se observan cambios importantes entre la situación actual y futura, con una pérdida neta de servicios de abastecimiento debido al desarrollo urbano planificado. Sin embargo, los servicios de regulación compensarán estas

pérdidas, lo que cambiará el papel de las áreas proveedoras de servicios en el futuro, como el humedal Torca-Guaymaral.

Los servicios culturales experimentan un incremento sustancial, que se concentra en áreas privadas de desarrollo dentro de los planes parciales.

El humedal Torca-Guaymaral se convierte en un espacio concentrador de servicios ecosistémicos en las tres categorías analizadas, con una estructura espacial continua que funciona como un corredor ecológico entre los cerros orientales y el río Bogotá, a través de la RTVH y no necesariamente por las áreas hoy en día consideradas dentro de la reserva.

Esta configuración presenta una oportunidad para la convergencia ecológica entre la propuesta normativo-ecológica del POZN y el potencial de la RTVH. De constituirse una continuidad ecológica adicional se logrará una situación de ganancia de servicios ecosistémicos para la ciudad de Bogotá.

4.1 Análisis de cambios marginales en los servicios ecosistémicos

En esta sección se muestran los cambios marginales para los tres tipos de servicios analizados. Los cálculos están siempre hechos sobre el total del área de estudio futura que alcanza las 1.356 hectáreas. Los mapas presentan las mismas clases que los mapas anteriores y utilizan los mismos valores de corte a fin de poder hacer comparaciones directas entre la provisión y los cambios respectivos.

SE Abastecimiento

Las áreas con muy baja capacidad, se incrementan en la situación futura pasando de un 53% a un 78% del total mientras que las áreas con baja y media capacidad disminuyen del 27% al 20% y del 19% al 2% respectivamente.

Los SE de abastecimiento presentan mayoritariamente áreas con muy baja pérdida (39%) y muy baja ganancia (35%). Hay un 22% de áreas con baja pérdida, y únicamente un 2% con áreas de baja ganancia, es posible decir que el cambio en la provisión de estos SE es desfavorable.

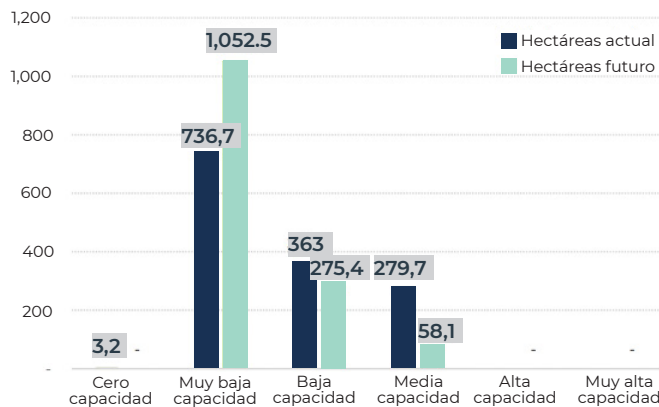
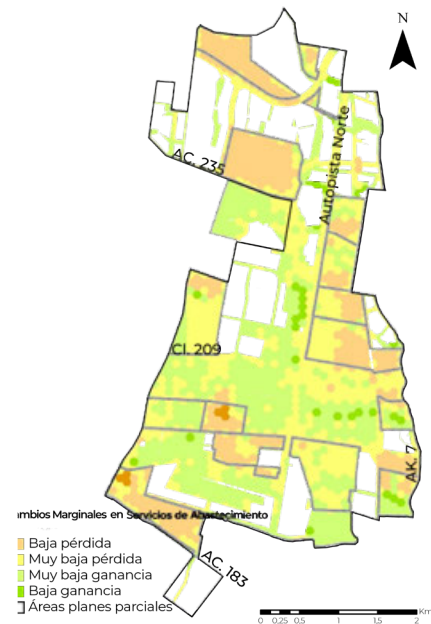


Figura 5. Cambios totales de superficies en SE de abastecimiento. Fuente: Probogotá a partir del informe “Identificación, mapeo y análisis comparativo de servicios ecosistémicos”, Inostroza, 2023.

La tendencia que se observa es que en general las áreas de **los planes parciales analizados concentran las áreas con pérdidas y las áreas fuera de los planes las áreas con ganancias**. Esta pérdida neta de SE de abastecimiento asociada a procesos de desarrollo urbano ha sido largamente identificada en la literatura internacional.



SE Regulación

Los mayores cambios se observan en las categorías de baja capacidad las que se incrementan de un 32% a un 50% y las áreas con media capacidad las que disminuyen de un 51% a un 31% en la situación futura.

Los cambios en las áreas con baja capacidad son menores, pasando de un 14.7% a un 13.6%. Se observa también un incremento en las áreas con alta capacidad las que pasan de un 1.8% a un 6% en la situación futura.

Los SE de regulación presentan una compensación entre las áreas de pérdida y ganancia entre la situación actual y la futura, por lo que las ganancias y las pérdidas son casi equivalentes.

El patrón de pérdidas al interior de las áreas de los planes parciales se atenúa con algunos planes parciales que contribuyen al incremento de los servicios, asociados a nuevas infraestructuras verdes.

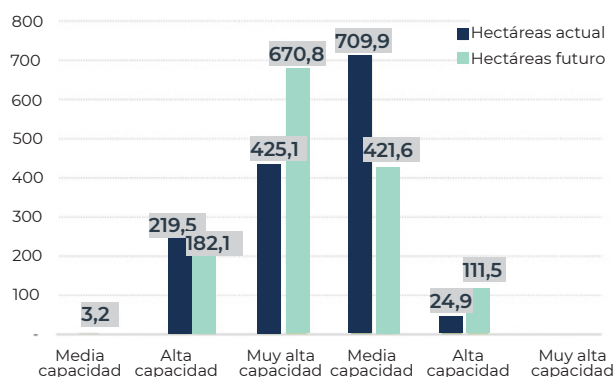
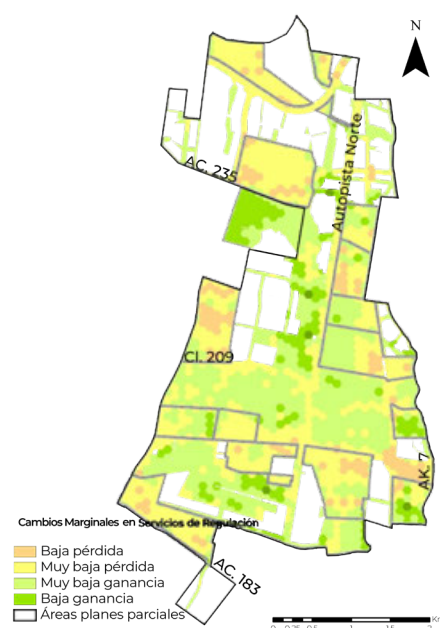


Figura 6. Cambios totales de superficies en SE de regulación
Fuente: Probogotá a partir del informe “Identificación, mapeo y análisis comparativo de servicios ecosistémicos”, Inostroza, 2023.



Mapa 10. Cambios marginales de superficies en SE de regulación
Fuente: Probogotá a partir del informe “Identificación, mapeo y análisis comparativo de servicios ecosistémicos”, Inostroza, 2023.

SE Cultural

Los cambios en los SE culturales son positivos presentando los mayores incrementos distribuidos en todo el sector en estudio.

Los mayores cambios corresponden a una disminución muy significativa de áreas con capacidad de provisión nula, que bajan de 39% en la situación actual a un 0.5% en la situación futura.

Adicionalmente, se observan incrementos en las áreas con baja capacidad y media capacidad, ya que pasan del 29% al 47% y del 0.3% al 10% respectivamente.

Por último, en la situación futura aparecen áreas con alta capacidad que alcanzan el 14% y una pequeña porción de áreas de muy alta capacidad con un 0.4%. En el caso de los SE culturales predominan las ganancias.

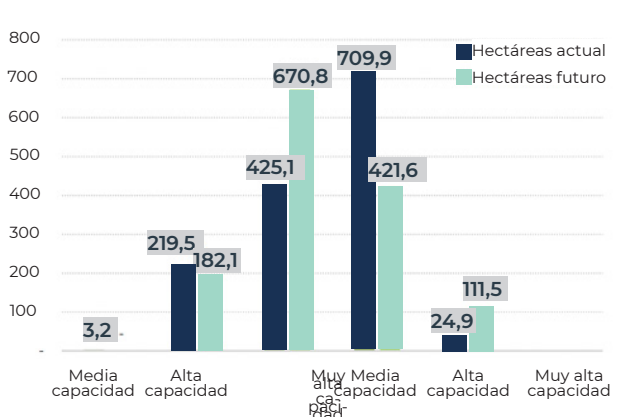
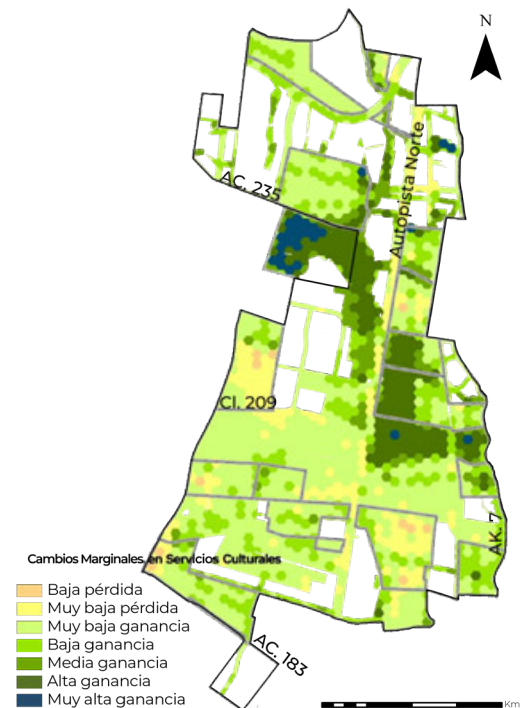


Figura 7. Cambios totales de superficies en SE culturales
Fuente: Probogotá a partir del informe “Identificación, mapeo y análisis comparativo de servicios ecosistémicos”, Inostroza, 2023.



Mapa 11. Cambios marginales de superficies en SE culturales
Fuente: Informe “Identificación, mapeo y análisis comparativo de servicios ecosistémicos”, Inostroza, 2023.



4.2 Recomendaciones

Continuidad espacial con la Reserva Thomas Van der Hammen a través del Humedal Torca-Guaymaral

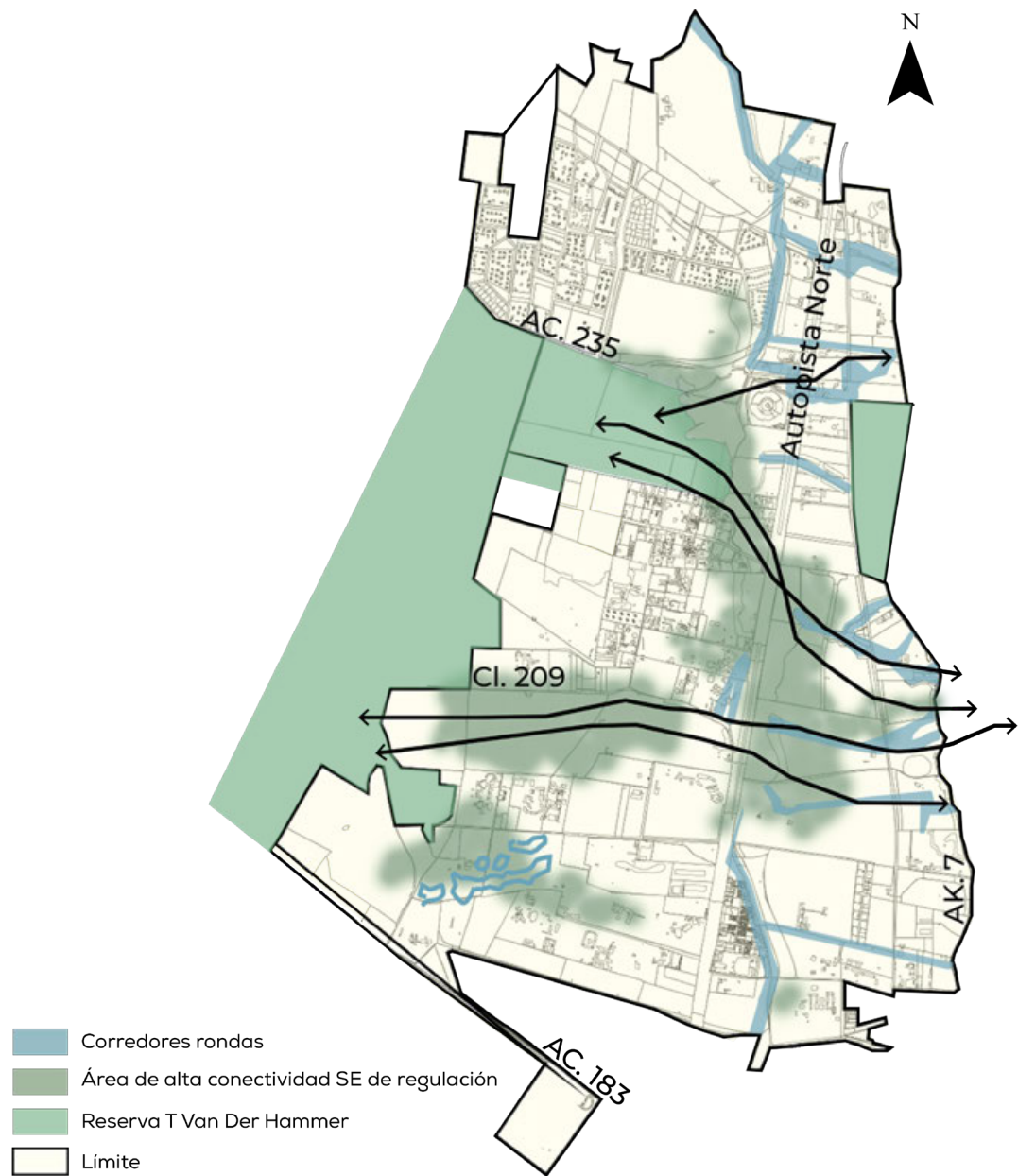
El análisis con sensores remotos revela que las tendencias del espacio biofísico en las áreas del POZN y de la Reserva Thomas Van der Hammen son casi equivalentes.

Además, se concluye que el humedal Torca-Guaymaral tiene el potencial de actuar como una importante conexión de servicios ecosistémicos entre los cerros orientales y el río Bogotá debido a su disposición espacial.

Estos hallazgos sugieren que el humedal no sólo es la columna vertebral ecológica del área del POZN, sino que también se podría fortalecer su conectividad ecológica a nivel regional mediante una conexión formal a partir del agua y dos puntos de contacto como se evidencia en el Mapa 12.

Desde el punto de vista práctico esta conectividad ecológica cerros-ríos ya está contenida en las rondas hidráulicas, las que poseen su expresión normativa respectiva que incluye importantes aspectos ecológicos generales como la cobertura arbórea, pero que no establece requisitos específicos de continuidades ecológicas distintas de la hidrológica.

Para materializar la conectividad es necesario garantizar la continuidad ecológica en las áreas de cruce entre las rondas hidráulicas y las vías planificadas en el POZN a partir de soluciones basadas en naturaleza.



Mapa 12. Potencial de conectividad ecológica POZN y reserva Van der Hammen.
 Fuente: Probogotá a partir del informe "Identificación, mapeo y análisis comparativo de servicios ecosistémicos", Inostroza, 2023.

Techos verdes

El POZN incluye en su Artículo Art. 12, (Decreto 088/2017) disposiciones específicas para techos verdes.

Para considerar únicamente las áreas desarrolladas y no la totalidad de los polígonos, dicha asignación de porcentajes se calculó sobre las áreas efectivamente posibles de desarrollar, que resultan de la aplicación de los coeficientes máximos de utilización del suelo: residencial, comercial, dotacional, servicios, estacionamientos y equipamientos.

El cálculo se hizo únicamente con los SE de regulación, por ser los más beneficiados por los techos verdes, de acuerdo con la literatura científica.

De acuerdo con los valores obtenidos se puede concluir que la contribución de los techos verdes al incremento de los SE de regulación es mínima, sino se cambia la configuración o estructura de las áreas que los proveen.



Mapa 13: Contribución de techos verdes a los SE de regulación (izquierda), comparación de cambios marginales en SE de regulación para la situación futura sin techos verdes (centro) y con techos verdes (derecha).

Fuente: Fuente: Probogotá a partir del informe "Identificación, mapeo y análisis comparativo de servicios ecosistémicos", Inostroza, 2023.



La naturaleza y los ecosistemas son un componente fundamental **del bienestar humano.**

Cuando las decisiones sobre cambios en el uso y cobertura del suelo se basan en **información incompleta de los efectos reales sobre los servicios ecosistémicos en términos de costos y beneficios ecológicos, se pone en riesgo la calidad de vida,** induciendo procesos que conducen al deterioro de la salud de los ecosistemas con la consecuente pérdida de servicios ecosistémicos lo que afecta directamente el bienestar humano.

Por el contrario, **cuando los cambios en la cobertura del suelo se planifican sobre la base de los servicios ecosistémicos el desarrollo urbano e inmobiliario se puede transformar en una potente herramienta** para incrementar el bienestar de los ciudadanos.

Referencias bibliográficas

Alberti M (2005) The effects of urban patterns on ecosystem function. *Int Reg Sci Rev* 28:168–192. <https://doi.org/10.1177/0160017605275160>

Angel S, Parent J, Civco DL (2012) The fragmentation of urban landscapes: Global evidence of a key attribute of the spatial structure of cities, 1990-2000. *Environ Urban* 24:249–283. <https://doi.org/10.1177/0956247811433536>

Anselin L (1995) Local Indicators of Spatial Association—LISA. *Geogr Anal* 27:93–115. <https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1995.tb00338.x>

Baró F, Gómez-Baggethun E, Haase D (2017) Ecosystem service bundles along the urban-rural gradient: Insights for landscape planning and management. *Ecosyst Serv* 24:147–159. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.02.021>

Barrera F De, Henríquez C, Coulombié F, et al (2018) Periurbanization and conservation pressures over remnants of native vegetation : impact on ecosystem services for a Latin-American capital city. *Chang Adapt Socio-Ecological Syst* 4:21–32

Braat LC, de Groot R (2012) The ecosystem services agenda: bridging the worlds of natural science and economics, conservation and development, and public and private policy. *Ecosyst Serv* 1:4–15. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2012.07.011>

Burkhard B, Kroll F, Nedkov S, Müller F (2012) Mapping ecosystem service supply, demand and budgets. *Ecol Indic* 21:17–29. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.06.019>

Burkhard B, Maes J (2017) *Mapping Ecosystem Services*, 1st edn. PENSOFTE Publishers, Sofia

Burkhard B, Maes J, Potschin-Young MB, et al (2018) Mapping and assessing ecosystem services in the EU - Lessons learned from the ESERALDA approach of integration. *One Ecosyst* 3:. <https://doi.org/10.3897/oneeco.3.e29153>

Chan KMA, Satterfield T (2020) The maturation of ecosystem services: Social and policy research expands, but whither biophysically informed valuation? *People Nat* 2:1021–1060. <https://doi.org/10.1002/pan3.10137>

Costanza R, D'Arge R, de Groot R, et al (1997) The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387:253–260. [https://doi.org/10.1016/s0921-8009\(98\)00020-2](https://doi.org/10.1016/s0921-8009(98)00020-2)

Costanza R, D'Arge R, De Groot R, et al (1998) The value of ecosystem services: Putting the issues in perspective. *Ecol Econ* 25:67–72. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(98\)00019-6](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(98)00019-6)

Costanza R, de Groot R, Braat L, et al (2017) Twenty years of ecosystem services: How far have we come and how far do we still need to go? *Ecosyst Serv* 28:1–16. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.09.008>

Daunt ABP, Inostroza L, Hersperger AM (2021) The role of spatial planning in land change: An assessment of urban planning and nature conservation efficiency at the southeastern coast of Brazil. *Land use policy* 111:. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105771>

De Groot R, Fisher B, Christie M, et al (2012) Integrating the ecological and economic dimensions in biodiversity and ecosystem service valuation

Fürst C, Opdam P, Inostroza L, Luque S (2014) Evaluating the role of ecosystem services in participatory land use planning: proposing a balanced score card. *Landsc Ecol* 29:. <https://doi.org/10.1007/s10980-014-0052-9>

Gómez-Baggethun E, de Groot R, Lomas PL, Montes C (2010) The history of ecosystem services in economic theory and practice: From early notions to markets and payment schemes. *Ecol Econ* 69:1209–1218. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.11.007>

Gómez-Baggethun, E., Barton, D., Berry, P., Dunford, R., Harrison, P. 2016. Concepts and methods in ecosystem services valuation. In: Potschin, M., Haines-Young, R., Fish, R. and Turner, R.K. (eds.) *Routledge Handbook of Ecosystem Services*. Routledge, London and New York, pp. 99-111.

Haines-Young R, Potschin M (2016) Categorisation systems: The classification challenge

Inostroza L (2015) El mito de pristinidad y los usos efectivos del territorio de la región de Magallanes, Patagonia Chilena: Forestal, minería y acuicultura. *Estud Geogr* 76:141–175. <https://doi.org/10.3989/estgeogr.201505>

Inostroza L, Barrera FDL (2019) Ecosystem Services and Urbanisation. A Spatially Explicit Assessment in Upper Silesia, Central Europe. In: *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*

Inostroza L, Baur R, Csaplovics E (2013) Urban sprawl and fragmentation in Latin America: A dynamic quantification and characterization of spatial patterns. *J Environ Manage* 115:. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.11.007>

Inostroza L, König HJ, Pickard B, Zhen L (2017) Putting ecosystem services into practice: Trade-off assessment tools, indicators and decision support systems. *Ecosyst Serv* 26:. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.07.004>

Inostroza L, Zasada I, König HJ (2016) Last of the wild revisited: assessing spatial patterns of human impact on landscapes in Southern Patagonia, Chile. *Reg Environ Chang* 16:. <https://doi.org/10.1007/s10113-016-0935-1>

Inostroza L (2022) Biodiversity and Region: A unitary System. The Paradigm Shift in 21st Century Urban Development. In: Mejia MA, Amaya-Espinel JD (eds) *BiodiverCities by 2030. Transforming Cities with Biodiversity*, First edit. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogota D.C., pp 40–47

Jacobs, S., Dendoncker, N., Martín-López, B., Barton, D., Gómez-Baggethun E., et al. [32 authors]. 2016. A new valuation school: integrating diverse values of nature in resource and land use decisions. *Ecosystem Services*, 22: 213–220.

Juanita AD, Ignacio P, Jorgelina GA, et al (2019) Assessing the effects of past and future land cover changes in ecosystem services, disservices and biodiversity: A case study in Barranquilla Metropolitan Area (BMA), Colombia. *Ecosyst Serv* 37:100915. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2019.100915>

Kahneman D (2011) *Thinking Fast and Slow*. Penguin Random House, UK, New York

Kendall MG (1975) *Rank correlation methods*. Griffin, London

Lemoine-Rodríguez R, Inostroza L, Falfán I, MacGregor-Fors I (2022a) Too hot to handle? On the cooling capacity of urban green spaces in a Neotropical Mexican city. *Urban For Urban Green* 74:127633. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2022.127633>

Lemoine-Rodríguez R, Inostroza L, Zepp H (2022b) Does urban climate follow urban form? Analysing intraurban LST trajectories versus urban form trends in 3 cities with different background climates. *Sci Total Environ* 830:. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154570>

Lemoine-Rodríguez R, Inostroza L, Zepp H (2022c) Intraurban heterogeneity of space-time land surface temperature trends in six climate-diverse cities. *Sci Total Environ* 804:150037. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150037>

Lemoine-Rodríguez R, Mas J-F (2020) LSTtools: An R package to process thermal data derived from Landsat and MODIS images

Montoya-Tangarife C, De La Barrera F, Salazar A, Inostroza L (2017) Monitoring the effects of land cover change on the supply of ecosystem services in an urban region: A study of Santiago-Valparaíso, Chile. *PLoS One* 12:1–22. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0188117>

Mukul SA, Sohel MSI, Herbohn J, et al (2017) Integrating ecosystem services supply potential from future land-use scenarios in protected area management: A Bangladesh case study. *Ecosyst Serv* 26:. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.04.001>

R Core Team (2020) *R: A language and environment for statistical computing*

Roche PK, Campagne CS (2019) Are expert-based ecosystem services scores related to biophysical quantitative estimates? *Ecol Indic* 106:. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.05.052>

Rozas-Vásquez D, Fürst C, Geneletti D, Muñoz F (2017) Multi-actor involvement for integrating ecosystem services in strategic environmental assessment of spatial plans. *Environ Impact Assess Rev* 62:135–146. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2016.09.001>

Sanderson EW, Jaiteh M, Levy MA, et al (2002) The human footprint and the last of the wild. *Bioscience* 52:891–904. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2002\)052\[0891:THFATL\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2002)052[0891:THFATL]2.0.CO;2)

Sen PK (1968) Estimates of the Regression Coefficient Based on Kendall's Tau. *J Am Stat Assoc* 63:1379–1389. <https://doi.org/10.2307/2285891>

Seto KC, Solecki WD, Griffith CA (2016) *The Routledge Handbook of Urbanization and Global Environmental Change*. Routledge, London ; New York

Spyra M, Inostroza L, Hamerla A, Bondaruk J (2018) Ecosystem services deficits in cross-boundary landscapes: spatial mismatches between green and grey systems. *Urban Ecosyst*. <https://doi.org/10.1007/s11252-018-0740-3>

Thomas A, Masante D, Jackson B, et al (2020) Fragmentation and thresholds in hydrological flow-based ecosystem services. *Ecol Appl* 30:1–14. <https://doi.org/10.1002/eap.2046>

Wentz EA, York AM, Alberti M, et al (2018) Six fundamental aspects for conceptualizing multidimensional urban form: A spatial mapping perspective. *Landsc Urban Plan* 179:. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2018.07.007>

Zepp H, Falke M, Gunther F, et al (2021) China's Ecosystem Services Planning: Will Shanghai Lead the Way? *Erdkunde* 75:271–293

Zepp H, Inostroza L (2021) Who Pays the Bill? Assessing Ecosystem Services Losses in an Urban Planning Context. *Land* 10:369. <https://doi.org/10.3390/land10040369>

Zewdie W, Csaplovics E, Inostroza L (2017) Monitoring ecosystem dynamics in northwestern Ethiopia using NDVI and climate variables to assess long term trends in dryland vegetation variability. *Appl Geogr* 79:. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2016.12.019>

