

Áreas Verdes Urbanas y Áreas Naturales Protegidas: Una revisión de indicadores con énfasis en paisajes de humedales

Urban Green Areas and Natural Protected Areas: A review of indicators with emphasis on wetland landscapes

Ana Paulina Monroy-Ordoñez ^a | Luis Arturo Vázquez Honorato ^b
María Ramírez-Salazar ^c | Lourdes Cocotle-Romero ^d

Recibido: 22 de julio de 2024.

Aceptado: 9 de febrero de 2025.

^a Universidad Veracruzana. Xalapa, México. Contacto: zS23000335@estudiantes.uv.mx | ORCID: 0009-0006-5767-2141 *Autora para correspondencia.

^b Universidad Veracruzana. Xalapa, México. Contacto: luivazquez@uv.mx | ORCID: 0000-0002-0622-561X

^c Universidad Veracruzana. Xalapa, México. Contacto: mariaramirez@uv.mx | ORCID: 0000-0001-9122-5122

^d Universidad Veracruzana. Xalapa, México. Contacto: lcocotle@uv.mx | ORCID: 0000-0002-6763-8856

Cómo citar:

Monroy-Ordoñez, A. P., Vázquez-Honorato, L. A., Ramírez Salazar, M. y Cocotle-Romero, L. (2025). Áreas Verdes Urbanas y Áreas Naturales Protegidas: Una revisión de indicadores con énfasis en paisajes de humedales. *UVserva*, (19), 133-165 <https://doi.org/10.25009/uvs.vi19.3040>

Resumen: Las Áreas Verdes Urbanas (AVU) y las Áreas Naturales Protegidas (ANP) insertas en el tejido urbano son una evidencia de la relación y dependencia de los ciudadanos hacia los servicios ecosistémicos, desde las funciones de regulación hasta la experiencia estética. Identificar las categorías de estos servicios e indicadores es importante para conocer y evaluar la calidad y la eficiencia en el funcionamiento de dichas áreas en el espacio urbano. El presente trabajo da cuenta de una exhaustiva revisión bibliográfica sobre los principales indicadores para evaluar dichas áreas en espacios urbanos, con especial interés en paisajes de humedal, integrando dos matrices; la primera de indicadores y la segunda de índices, los cuales han sido utilizados para evaluar la calidad de los servicios ecosistémicos ofrecidos por las AVU y ANP. Dichas matrices, son el resultado de una revisión sistemática basada en el método PRISMA a través de la búsqueda y selección bibliográfica. Finalmente, los hallazgos muestran un número reducido de indicadores idóneos para la evaluación de los paisajes de humedal localizados en áreas urbanas, ya que, en su mayoría, dichos indicadores son empleados desde las ciencias naturales y son usados generalmente para la evaluación de la cobertura vegetal y suelo, dejando de lado indicadores que incluyen la calidad del agua. Lo anterior, abre la discusión sobre la falta de indicadores que integren de manera equitativa a todos los órdenes del paisaje y sus servicios ecosistémicos, aunado a todos los elementos paisajísticos como es el caso del recurso hídrico.

Palabras clave: Servicios ecosistémicos; ecología urbana; paisajes urbanos; humedales.

Abstract: *Urban Green Areas (UGA) and Natural Protected Areas (NPA) inserted in the urban fabric are evidence of the relationship and dependence of citizens on ecosystem services, from regulatory functions to the aesthetic experience. Identifying the categories of these services and indicators is important to know and evaluate the quality and efficiency in the functioning of these areas in the urban space. This paper presents an exhaustive literature review on the main indicators to evaluate these areas in urban spaces, with special interest in wetland landscapes, integrating two matrices; the first one of indicators and the second one of indexes, which have been used to evaluate the quality of ecosystem services offered by UVAs and PNAs. These matrices are the result of a systematic review based on the PRISMA method through literature search and selection. Finally, the findings show a reduced number of suitable indicators for the evaluation of wetland landscapes located in urban areas, since most of these indicators are used from the natural sciences and are generally used for the evaluation of vegetation cover and soil, leaving aside indicators that include water quality. This opens the discussion on the lack of indicators that equitably integrate all landscape orders and their ecosystem services, together with all landscape elements such as water resources.*

Keywords: *Ecosystem Services; Urban Ecology; Urban Landscapes.*

Introducción

Las Áreas Verdes Urbanas con elementos del paisaje urbano que brindan servicios ecosistémicos a la ciudad (Jennings *et al.*, 2017). De acuerdo con la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU, 2022), las Áreas Verdes Urbanas (AVU) incluyen a los parques, jardines, paseos, bosques y humedales urbanos, así como Áreas Naturales Protegidas (ANP), estas áreas se encuentran localizadas en espacios urbanos y desempeñan un papel crucial en la sociedad, ya que promueven entornos saludables mediante la integración y mantenimiento de los servicios ecosistémicos, realiza diversas funciones como: generar oxígeno, absorber contaminantes, potenciar la biodiversidad, regular la temperatura, reducir los niveles de ruido; además, actúan como espacios terapéuticos mediante la interacción social, con lo que favorece el bienestar general. Lo anterior fomenta la sostenibilidad de las ciudades, dando como resultado el mejoramiento de la calidad de vida urbana (SEDATU, 2022; CONANP, 2018).

Los servicios ecosistémicos urbanos “son los procesos ecológicos, funciones y productos de ecosistemas naturales, seminaturales y/o gestionados en áreas urbanas y periurbanas, que contribuyen al bienestar humano” (Dobbs *et al.*, 2019, p. 177).

En México, aunque los servicios ecosistémicos urbanos representan una piedra angular para el bienestar humano, actualmente, la rápida urbanización ha resultado en la pérdida de cobertura y fragmentación de las AVU (Meza-Aguilar *et al.*, 2017), sumando la disminución de la calidad del agua en el caso particular de los humedales. Además, las políticas urbanísticas a menudo no priorizan la conservación y restauración de estos ecosistemas, relegándolos a un papel secundario frente al desarrollo urbano (Hernández y Bastián-Lima, 2022).

Debido a lo anterior, toma relevancia la evaluación del estado y cumplimiento de estos servicios y funciones ecológicas, lo cual promueve el monitoreo de los ecosistemas urbanos y el alcance de diversos objetivos orientados a la sostenibilidad. En este contexto, disciplinas como la ecología urbana adquieren relevancia, al estudiar los mismos ciclos y patrones naturales de los ecosistemas de la ecología, pero en contextos altamente modificados por las actividades humanas, como las ciudades, donde también existen estos mismos flujos de materia y energía.

La ecología se ha descrito como el estudio científico de los procesos que determinan la abundancia y distribución de los organismos, de las interacciones entre los organismos, de las interacciones entre los organismos y el medio ambiente, y de los flujos de energía y materiales a través de los ecosistemas. Por tanto, la ecología urbana es simplemente el estudio de estas cuestiones dentro de los sistemas urbanos (Gaston, 2010, p. 1).

Durante este proceso de estudio y evaluación del ecosistema urbano, se utilizan indicadores e índices específicos del campo de estudio para guiar la investigación. Sin embargo, la falta de un enfoque integral en la medición de múltiples variables puede limitar la capacidad de identificar y abordar adecuadamente las problemáticas emergentes. Por ello, el objetivo de este trabajo se centra en realizar una revisión sistematizada de los indicadores utilizados en la evaluación de los diversos servicios ecosistémicos de AVU incluyendo ANP, proporcionando una guía integral de

indicadores que aborden de manera holística la calidad y estado de estos ecosistemas urbanos, permitiendo su estudio, monitoreo y mejora, con especial énfasis en humedales urbanos.

1. Áreas Verdes Urbanas (AVU) y Áreas Naturales Protegidas (ANP): Conceptos y características

En México, de acuerdo con la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) las ANP son:

Las zonas del territorio nacional y aquellas sobre las que la Nación ejerce soberanía y jurisdicción, en las que los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad del ser humano, o que sus ecosistemas y funciones integrales requieren ser preservadas y restauradas (LGEEPA, Art. 44, 2024).

Siguiendo esta definición, las ANP poseen objetivos de conservación y protección jurídica convirtiéndolas en herramientas más efectivas para preservar los ecosistemas y mitigar los efectos del cambio climático (CONANP, 2023). Además, la declaratoria de una ANP, “Representa la garantía más importante por medio de la cual nuestras autoridades satisfacen nuestro derecho fundamental al medio ambiente y uno de los instrumentos de política ambiental más trascendentes para lograr el equilibrio ecológico” (Martínez-Esponda, 2015, p. 4).

Por lo que respecta a las AVU y conforme a la SEDATU (2022), instancia del ejecutivo federal encargada de la planificación territorial a nivel nacional, en su norma NOM-001-SEDATU-2021 de espacios públicos en asentamientos humanos, establece en sus términos y definiciones generales, que:

Área Verde Urbana: Toda superficie cubierta de vegetación natural o inducida, localizada en bienes del dominio público y que ofrece servicios ambientales. También se refiere a la parte o subdivisión de un espacio público específico que cuenta con vegetación, dedicada al esparcimiento, decoración y/o conservación (SEDATU, 2022, sec. 5.1).

Otra definición relevante para este estudio y que es empleada en la norma previamente mencionada es la siguiente:

Espacios designados dentro de las Áreas Naturales Protegidas (ANP): Dentro de las Áreas Naturales Protegidas, conforme a su definición en la LGEEPA, son las subzonas de acceso generalizado y libre tránsito determinadas por la autoridad administrativa correspondiente en donde es posible mantener concentraciones de visitantes en los límites que se determinen, con base en la capacidad de carga de los ecosistemas y el decreto de creación y programa de manejo aplicable (SEDATU, 2022, sec. 5.8.1).

Lo anterior hace referencia a espacios determinados y de libre acceso dentro de un ANP, mismos que son establecidos por la autoridad administrativa y bajo las consideraciones legales correspondientes, por ejemplo, algunos senderos marcados,

miradores, áreas de camping reguladas dentro de un parque nacional, reserva natural o ANP, permitiendo a la población obtener diversos beneficios a través de sus servicios ecosistémicos.

Debido a la importancia de su papel en el desarrollo territorial y urbano, esta misma Secretaría, ha realizado una clasificación de los espacios públicos por su función, por su administración y por la escala de servicio brindada. En este caso, se revisa la clasificación por función y los ejemplos correspondientes para obtener la caracterización que realiza de las AVU y ANP (**Tabla 1**).

Tabla 1

Clasificación del espacio público por su función. NOM-001-SEDATU-2021

Por su función	Con función de equipamiento Público	<p>Son componentes determinantes de los centros urbanos y poblaciones rurales, cuya adecuada dotación determina la calidad de vida de las y los habitantes al proporcionarles servicios de bienestar social y apoyo a las actividades económicas, sociales, culturales, recreativas e incluyentes. Se consideran como los espacios donde se llevan a cabo las actividades complementarias a la habitación y el trabajo.</p>	<p>Áreas verdes urbanas (parques, jardines y huertos)</p> <p>Plazas y explanadas</p> <p>Espacios deportivos</p> <p>Miradores</p> <p>Espacios abiertos en el equipamiento público</p>
	Con función de infraestructura	<p>Son aquellos espacios públicos que, por su diseño características constructivas, proporcionan funciones imprescindibles de conexión y traslado para el desarrollo de actividades y el aprovechamiento del espacio en el que están insertos</p>	<p>Vías urbanas</p> <p>Frentes marítimos y pluviales</p>
	Con función de áreas naturales	<p>Son los espacios públicos que contribuyen a la dotación de servicios ambientales al sitio donde están insertos. Dichos espacios se benefician a sí mismos y a la población cercana en cuanto menor sea la intervención del ser humano sobre ellos; por lo que las áreas designadas como "espacio público" suelen ser fragmentos o secciones al interior o en la periferia de áreas naturales de mayor dimensión que no son públicos, ni de uso colectivo o donde su administración no permite el libre tránsito</p>	<p>Bordes de los frentes de agua y espacios designados por la LGEEPA y autoridades estatales.</p>

Fuente: SEDATU (2022).

Sobre la gestión de las AVU y ANP, es importante recalcar que dicha gestión no se limita únicamente a aspectos biológicos y ecológicos, sino que está estrechamente

vinculada a dimensiones sociales, económicas y, especialmente políticas. En la actualidad, el manejo y gestión de estas áreas implica una gran complejidad, dado que en ellas convergen una red de actores e instituciones con distintos intereses y estrategias para el aprovechamiento de los recursos naturales (Becken y Job, 2014).

Por consiguiente, es crucial entender cómo la gestión adecuada puede optimizar los beneficios socioeconómicos y ambientales, al tiempo que se minimizan los impactos negativos sobre los recursos naturales y la comunidad circundante. Sin embargo, para conocer dichos beneficios y ámbitos de mejora, es necesaria la evaluación sistemática tanto de la gestión como de la valoración de los servicios ecosistémicos de las AVU y ANP, ello a través de diversos indicadores que permitan evaluar todas las áreas de interés, esto permitiría la identificación de sinergias y conflictos entre la conservación ambiental así como desarrollo socioeconómico, promoviendo estrategias que maximicen los beneficios para todos los actores involucrados y para el ambiente en general.

2. Importancia de la evaluación de servicios ecosistémicos en AVU Y ANP

Los servicios ecosistémicos son aquellos que la naturaleza o los procesos ecológicos generados por ella brindan a los seres vivos y al planeta (SEMARNAT, 2021). También son convencionalmente definidos como los beneficios que las personas obtienen de los ecosistemas (Millennium Ecosystem Assessment [MEA], 2005). La permanencia de dichos servicios es necesaria para el soporte de la vida en el planeta.

Estos servicios ecosistémicos también son brindados por las áreas verdes tanto dentro como alrededor de las zonas urbanas (Ojeda-Revah, 2021) y ayudan al proceso de adaptación frente al cambio climático (Reinwald *et al.*, 2024).

De acuerdo con Jennings *et al.* (2017) pueden clasificarse en 4 tipos:

1. Aprovechamiento. Abarca los elementos naturales que son utilizados por los seres humanos como alimento o para la elaboración de productos o producir energía; esto incluye a las plantas, los animales y el agua.
2. Regulación. Incluye la regulación del clima, purificación del agua, la retención del carbono, control de inundaciones y la polinización.
3. Culturales. Comprende a los beneficios intangibles provistos por la naturaleza, esto es la recreación, las experiencias estéticas y espirituales asociadas al entorno natural. Incluye también a los beneficios económicos generados por la naturaleza.
4. Servicios de hábitat. Se refiere a la composición de suelo o ciclos naturales que son soporte de otros servicios como el papel del paisaje en los ciclos de vida y la biodiversidad para mantener a los ecosistemas resilientes, como la formación del suelo o el ciclo de nutrientes/agua, que son el soporte de otros servicios y su rol para mantener los ecosistemas resilientes. Son aquellos servicios necesarios para la producción primaria y formación del suelo (Jennings *et al.*, 2017).

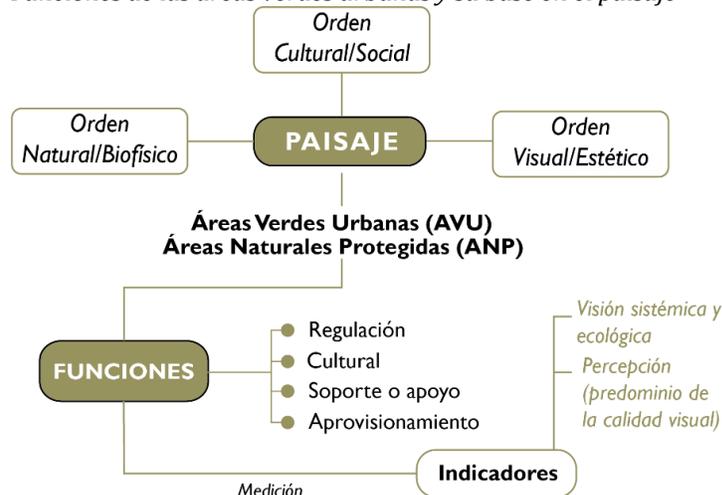
Los servicios ecosistémicos brindados por las AVU y ANP urbanas son importantes para la ciudad y sus habitantes, ya que son un referente del vínculo entre

el ser humano con la naturaleza y son para muchos habitantes de las ciudades, una aspiración por recuperar dicha vinculación y fomentar la apropiación y valoración de la naturaleza. Tal es el caso de los humedales urbanos y cuerpos de agua, como el Sistema de Lagunas Interdunarias de la Ciudad de Veracruz, que protegen a la ciudad ante eventos climáticos como ciclones tropicales.

Mientras tanto, los parques y jardines actúan como pulmones dentro del tejido urbano, abonando al confort de los transeúntes y visualmente, generan una escena más agradable para los habitantes. Sin embargo, las AVU presentan carencias, dado que la superficie ideal por habitante (16 m² por habitante como estándar internacional según la Organización Mundial de la Salud) no se cumple en la realidad, aunado a que estos espacios en su mayoría se encuentran en un estado de conservación deteriorado, mientras que las ANP se enfrentan sobre todo a la presión antrópica de la expansión del desarrollo habitacional.

Las AVU y ANP son espacios donde los elementos físicos de la naturaleza y los valores generados por la población convergen lo que hace necesario el uso de indicadores cuantitativos y cualitativos para su evaluación debido a su complejidad, ya que detrás de estas áreas insertas en el tejido urbano; subyace un concepto aún más grande, el paisaje. El paisaje es una pluralidad de unidades naturales, sociales, territoriales y económicas que integran una realidad geográfica. Se habla entonces de un sistema que se nutre de la estructuración, relaciones y dinámica de sus elementos (Nogué y Martínez-de Pisón, 2007). Como señala Martínez de Pisón (2009): “El paisaje es constitutivamente dinámico” (p. 333), posee un orden social y natural que genera una dinámica territorial que a su vez repercute en el “rostro”, o el aspecto externo visible del paisaje.

Figura 1
 Funciones de las áreas verdes urbanas y su base en el paisaje



Fuente: Elaboración propia.

Así, el paisaje se integra por tres órdenes: natural, cultural y estético, que se materializan en diversas unidades espaciales, tales como las AVU y ANP, en las que, para evaluar su funcionamiento, implica considerar los tres aspectos u órdenes, bajo criterios cuantitativos y cualitativos, por ejemplo, la percepción de los habitantes

respecto a una unidad paisajística o el nivel de involucramiento que tienen los pobladores en el reconocimiento y protección de sus valores naturales y culturales, tal como se observa en la **Figura 1**.

3. Indicadores, índices y variables para la evaluación de servicios ecosistémicos en avu y anp

Un indicador es una medida, un valor, una estadística o un “instrumento” de medición, usualmente, de naturaleza cuantitativa que se constituye en un signo o señal sobre cierto aspecto o capacidad de un tema o fenómeno complejo y difícil de ser percibido de manera inmediata que permite visualizar su estado, evolución y/o tendencia, a través del tiempo (Gallopín, 1997; European Environment Agency [EEA], 2005).

Los indicadores son los medios para medir una variable, la cual es la representación operativa de una característica de un fenómeno o sistema. La interpretación práctica de una variable y su indicador se basa en que dicha variable proporciona información sobre el estado y/o la tendencia de uno o más atributos del sistema en cuestión, comparar lugares y situaciones. (Gallopín, 1997). Por ejemplo, en la investigación social relacionada con las AVU, un indicador podría medir un aspecto específico de la sociedad, como la escala general de bienestar generada por un AVU. Mientras que el mismo objeto de estudio en el contexto ambiental, un indicador podría ser una medida de la calidad del aire o del agua. De esta manera, los indicadores pueden sistematizarse de acuerdo con los servicios ecosistémicos que proveen las AVU.

Figura 2
 Pirámide de la información



Fuente: Adaptada de Huang et al. (2015).

Las variables pueden ser individuales (independientes) o dependientes de otras variables. Estas relaciones o funciones de variables pueden ser tan sencillas como un índice (un número único que es la función de dos o más variables) o tan complejas como el resultado de un modelo de simulación (Gallopín, 1997). Se trata de una propiedad o característica que puede fluctuar, dichas variaciones pueden ser medibles u observables (Hernández-Sampieri *et al.*, 2014) y para ser determinada como “variable” debe fluctuar entre al menos dos valores (Oyola-García, 2021).

Los datos son los componentes básicos de un indicador, tanto de naturaleza cuantitativa como cualitativa, varios indicadores agrupados constituyen un conjunto de indicadores o un índice compuesto (Huang *et al.*, 2015). De manera que la pirámide de la información se construye tal como se observa en la **Figura 2**.

Siguiendo a Gallopín (1997) los indicadores tienen un papel altamente relevante en la toma de decisiones y son un elemento clave en la valoración integral de los progresos hacia la sostenibilidad. Ya que, de acuerdo con Gervasoni (2024), evaluar los espacios verdes urbanos, permite evidenciar problemáticas de insostenibilidad urbana actual, generando la necesidad de configurar estos espacios de acuerdo con las necesidades de la población, siendo rentables y equitativos.

Se sabe que las AVU han estado presentes en las ciudades desde tiempos antiguos y su forma y función han evolucionado a lo largo de la historia. Sin embargo, ante la evidencia del cambio climático, así como la crisis sanitaria mundial desencadenada por la pandemia de COVID-19 se ha destacado la importancia crucial de estos espacios (Noszczyk *et al.*, 2022).

Las AVUs se convirtieron en un refugio para la población urbana, reflejando un descanso frente al estrés emocional causado por el confinamiento.

Lo anterior, resaltó la función crucial de los espacios verdes como componentes esenciales en la generación de ciudades resilientes, y ha permitido la generación de un sin número de estudios enfocados a las AVU principalmente, en parques y jardines con limitada atención en los humedales localizados en los entornos urbanos, a pesar de su importancia en el mantenimiento del equilibrio de los procesos naturales, la regulación hídrica y la provisión de servicios ecosistémicos en general (Safranov *et al.*, 2024).

Los humedales son en esencia, según la convención Internacional de Ramsar, ecosistemas naturales o artificiales que se encuentran inundados ya sea de forma temporal o permanente, sea por agua dulce, salina o agua estancada, estos ecosistemas se ubican en regiones ribereñas, costeras o marinas y se consideran como humedales mientras no excedan los 6 metros de profundidad (Hernández y Moreno-Casasola, 2018).

En México, según el Inventario Nacional de Humedales realizado por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), existen 6 331 humedales repartidos en el territorio nacional, 144 de ellos de importancia internacional sumando una superficie de 8 721 911 ha (SEMARNAT, 2023) catalogados como sitios Ramsar; 9 de los cuales se encuentran en Veracruz. Se ha estimado una pérdida de humedales del 62.1% a nivel nacional, lo que equivale a una superficie cerca de 7 millones de ha (Landgrave y Moreno-Casasola, 2012).

4. Importancia de la evaluación de los servicios ecosistémicos en humedales: El caso del humedal (ANP/AVU) de Tembladeras, Veracruz, México

La degradación de los principales ecosistemas del mundo debido a la creciente presión humana es un fenómeno que ha extendido su relevancia más allá de la ecología y la biología, despertando preocupación global. Entre los ecosistemas con mayor impacto debido a las perturbaciones por la urbanización también llamada “era antropogénica” destacan los humedales, sobre todo en países en desarrollo como América del sur y central, África y el sudeste asiático, donde la pérdida de los humedales es cada vez más grave (Zhou *et al.*, 2016).

Los humedales son reconocidos por sus múltiples funciones y valores, ya que ofrecen hábitat esencial tanto para la vida silvestre como acuática, y son cruciales para actividades de enseñanza, investigación y recreación. También, desempeñan un papel vital en el reciclaje y transformación de nutrientes, permiten el manejo del flujo de agua durante inundaciones, retienen partículas y contaminantes, y ayudan a la estabilización de suelos, además de funcionar como los principales sumideros de carbono, por lo anterior, son considerados uno de los ecosistemas más productivos del planeta (Hernández y Moreno-Casasola, 2018; Aguilar-Medrano, 2023).

Estos ecosistemas, pueden tener diversas designaciones: Reservas de la biosfera, Patrimonio mundial de la UNESCO, Sitio Ramsar, ANP, et. En la designación de ANP, estas figuras en las ciudades se enfrentan a distintos retos. Dentro de las principales causas de degradación de los humedales se encuentran: el desecamiento para adaptar actividades productivas como la ganadería, la contaminación, represamiento de agua, las especies invasoras, la extracción agua, y finalmente, la construcción de obras de infraestructura, así como el desecamiento de los humedales para la construcción de desarrollos inmobiliarios (Silva *et al.*, 2014; Lobato de Magalhães *et al.*, 2024).

En particular, la construcción de obras de infraestructura y los desarrollos inmobiliarios representan amenazas significativas, ya que alteran el equilibrio hidrológico del ecosistema, generan la pérdida irreversible de la biodiversidad y promueven la disminución de los servicios ecosistémicos que proporcionan los humedales. Un claro ejemplo que representa a esta problemática es el caso del humedal de Tembladeras, en la ciudad de Veracruz.

La reserva ecológica de Tembladeras-Laguna Olmeca, también conocida como el humedal de Tembladeras en la ciudad de Veracruz, es una ANP declarada por primera vez en 2010 constituida por 4 polígonos, dos en el sur son humedales y dos en el norte son lagunas: laguna de Las bajadas (noroeste) y Laguna Olmeca (noreste) (**Figura 3**).

La reserva ha sufrido una serie de transformaciones físicas, entre las que destaca la lucha por la supervivencia de la biodiversidad de especies de flora y fauna, así como la reducción en la calidad y cantidad de agua de estos ecosistemas frente a la presión antrópica de los desarrollos habitacionales construidos sobre el humedal.

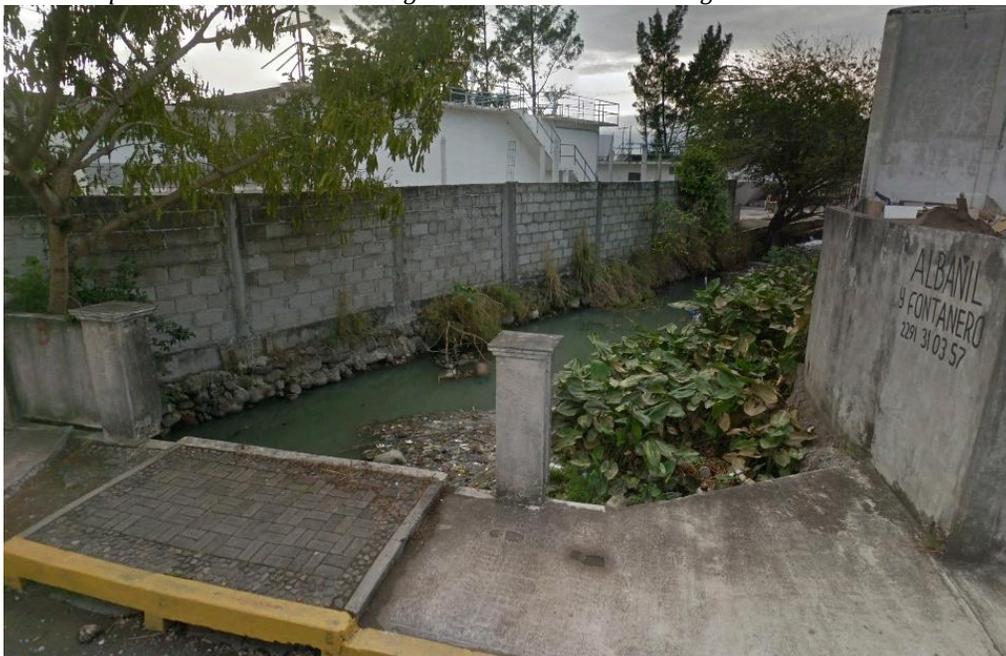
Figura 3
Reserva Ecológica de Tembladeras-Laguna Olmeca



Fuente: Recuperada de Google Earth (2024).

Derivado de las afectaciones, el elemento predominante y más importante de los humedales, el agua; se está viendo amenazado debido a la salida de aguas residuales a la Laguna Olmeca (**Figura 4**).

Figura 4
Salida de planta de tratamiento de aguas residuales hacia la Laguna Olmeca



Fuente: Recuperada de Google Earth (2024).

De acuerdo con estudios de Sarabia Bueno (2004), en donde se evaluó el nivel de contaminantes en el agua de este humedal, se concluyó que el agua de dicho ecosistema se encuentra en un estado “muy contaminado”. Estudios más recientes como el de Vidal-Álvarez *et al.* (2022), evaluaron la calidad del agua en la Laguna Olmeca. Con el muestreo y medición de indicadores específicos se determinó un índice de Calidad del Agua, con un valor de 35.02, entendido como “excesivamente contaminado”, lo que demuestra que la problemática persiste, generando un descenso de la calidad del agua en un periodo de dos décadas (Moreno-Casasola *et al.*, 2024).

Cabe señalar, que en este contexto y debido a la problemática que representa la calidad del agua en los humedales que además de ANP son AVU, como el caso del humedal de Tembladeras, es necesario la implementación de indicadores integrales que evalúen todos los aspectos de estos espacios urbanos y que no sólo estén delimitados a parques y jardines. Dichos indicadores proporcionarían evidencia sólida del estado actual y tendencia de esta categoría de interés, el agua, aunado al monitoreo de los diversos servicios ecosistémicos.

Para poder identificar la gama de indicadores utilizados en la evaluación tanto de las AVU como de humedales AVU, se realizó una búsqueda sistematizada enfocada en la valoración de los servicios ecosistémicos que proveen estos espacios urbanos; la metodología y hallazgos se muestran a continuación.

5. Metodología

El presente trabajo se sustenta de una investigación de tipo documental, con una recopilación de publicaciones sobre el tema de indicadores para la evaluación de AVU y ANP, posteriormente dichos indicadores se integraron en una matriz para su clasificación.

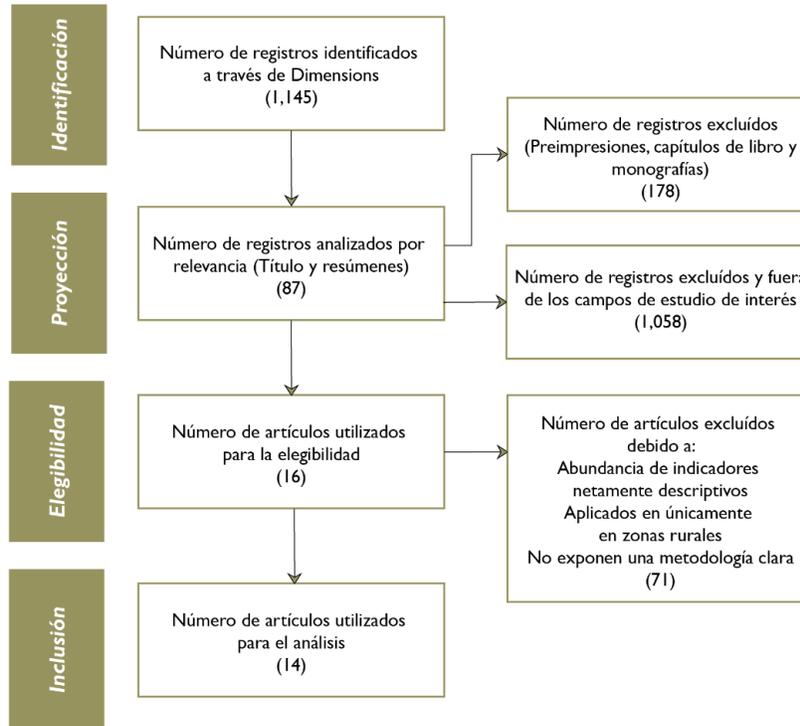
Se contempló un periodo de búsqueda de publicaciones desde el año 2018 a la fecha, incluyendo únicamente artículos de investigación y revisión. Se excluyeron publicaciones tipo tesis, debido a los siguientes criterios: rigor científico y revisión por pares (revisión necesaria para la publicación de artículos, mientras que, en el caso de las tesis, estas no se encuentran necesariamente sujetas a este rigor), disponibilidad y enfoque del estudio (La información y hallazgos de los artículos presentan información validada y aceptadas por la comunidad científica). Los campos de estudio de interés para la revisión fueron estudios enfocados en la construcción y diseño medioambiental, planificación territorial, ciencias medioambientales, geografía humana, gestión del territorio, aplicaciones ecológicas y se empleó literatura tanto en inglés como en español.

El motor de búsqueda utilizado fue *Dimensions*, debido a su amplia cobertura de publicaciones y bases de datos, así como su actualización constante. Se consideraron las siguientes palabras clave “áreas verdes urbanas”, “áreas naturales” y “paisaje” en combinación con “Calidad”, “evaluación”, “indicadores” e “índices”.

Para la selección de publicaciones se utilizó el método PRISMA de revisión sistemática. Se identificaron los motores de búsqueda especializados y otras fuentes; la

lectura y análisis de títulos y resúmenes; la lectura de textos completos y finalmente la inclusión (**Figura 5**).

Figura 5
 Fases de la metodología PRISMA para la selección e inclusión de artículos



Fuente: Elaboración propia. Basado en Moher, et al. (2009).

Como primer paso para la clasificación fueron separados los “Indicadores”, entendidos como aquellas variables cuantitativas o cualitativas que integran datos de la realidad que, según las publicaciones, son relevantes para comprender los 3 órdenes del paisaje (Natural, social-cultural y visual-estético) y asignados al estudio de las áreas verdes urbanas y áreas naturales protegidas (nombradas como áreas naturales, áreas de conservación o áreas protegidas en los documentos analizados). Los “Índices”, los cuales, siguiendo a Gallopín (1997) son funciones de indicadores representadas en fórmulas matemáticas. Este paso fue necesario debido a que como se mencionó en el apartado anterior, existe ambigüedad en los términos debido a la forma en que son abordados en distintas investigaciones.

Una vez seleccionadas las investigaciones con sus respectivos indicadores e índices, cumpliendo los criterios de inclusión y exclusión, se procedió a sistematizar la información según el orden y las funciones que evalúan como se observa en la **Tabla 2**.

Tabla 2
Clasificación de indicadores

Orden	Función	INDICADORES
Natural/ Biofísico	Regulación	
	Soporte	
Social/ Cultural	Recreación	
	Valores culturales	
	Gestión	
Visual/Estético	Experiencias estéticas	

Fuente: Elaboración propia.

6. Resultados

De manera general, la mayor parte de las publicaciones utilizadas en este análisis provienen de países latinoamericanos (Colombia, Chile, Costa Rica, Argentina, Brasil, México) y europeos (España e Italia) en general, el interés se orienta en indicadores para la evaluación de la sostenibilidad, el desarrollo urbano, la calidad paisajística, el potencial paisajístico y la calidad visual de las AVU y ANP (**Figura 6**).

Figura 6
Países con las publicaciones seleccionadas



Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presentan las dos matrices obtenidas (índices e indicadores); resultado de la sistematización de investigaciones cuyos objetivos se enfocan en la evaluación de las AVU y ANP.

Matriz de Indicadores

Debido a la similitud de indicadores descriptivos de las distintas publicaciones revisadas, como criterio principal, se buscó que estos indicadores fueran medibles y contrastables, sin embargo, para el orden social se encontró que existen indicadores únicamente descriptivos, pero que se integraron a este trabajo dada su relevancia.

Los resultados muestran que las investigaciones enfocadas en el estudio de AVU son particularmente más abundantes en países europeos, sobre todo en España. Esto, podría deberse a que es uno de los principales países que cuentan con normativa especializada en paisaje, lo que refleja su amplia investigación en dicho campo de interés.

La matriz de indicadores obtenida parte de los órdenes del paisaje señalando el tipo de entorno pueden ser aplicados (AVU o ANP) y son clasificados de acuerdo con el tipo de servicio ecosistémico que miden o evalúan (**Tabla 3**).

Matriz de Índices

Los índices seleccionados y clasificados en esta matriz poseen la cualidad de establecer relaciones entre indicadores a través de fórmulas matemáticas. En la siguiente matriz (**Tabla 4**) y de manera similar a la anterior, se parte de los órdenes del paisaje, aplicables a AVU o ANP. Adicionalmente, a esta matriz se le integran los indicadores que son empleados en los índices, así como son incluidos estudios más antiguos, citados en dichas investigaciones que fueron utilizados como referencia o modificados para la elaboración de dichos índices. En seguida, se presentan los resultados de dicha clasificación destacando la presencia predominante de índices del orden natural biofísico.

Tabla 3
Matriz de Indicadores

Orden	Categoría	Función	Indicador	Descripción	Estudio
Natural/ Biofísico	AVU/ANP	Regulación	Permeabilidad del suelo (m ² de área de tipo de superficie)	Relación entre las superficies funcionalmente significativas en el ciclo del suelo y la superficie total de la zona de estudio.	Morales-Cerdas <i>et al.</i> , 2018
			Cobertura de vegetación (Ha)	Superficie cubierta por vegetación de la zona de estudio	Córdoba-Hernández, 2022
			Salud de la vegetación	Nivel de salud de la vegetación en la zona de estudio	
			Transparencia del aire/ Calidad del aire	Sirve para realizar una estimación de calidad	Bruni, 2016 López-Sánchez <i>et al.</i> , 2020
			Mantenimiento /mejora de la calidad del agua	Capacidad de purificación como servicio ofrecido por una cuenca	Orrantia-Albizu <i>et al.</i> , 2008 López-Sánchez <i>et al.</i> , 2020 Bruni, 2016
			Retención del carbono	Valor de las Formaciones forestales en términos de depósito de carbono	
			Naturalidad/ Grado de intervención humana	Nivel de influencia humana	Orrantia-Albizu <i>et al.</i> , 2008 Martins-Brito <i>et al.</i> , 2022
			Rareza	Representa la distancia media entre los lugares donde aparece una determinada unidad paisajística	

Orden Social/Cultural	Soporte	Diversidad paisajística	Evolución de la riqueza en configuraciones y caracteres paisajísticos. Ya sea a través de elementos como de paisajes en su conjunto	Nogué <i>et al.</i> , 2019 García-Romero <i>et al.</i> , 2019 Martins-Brito <i>et al.</i> , 2022
		Reemplazabilidad	Estima la capacidad de un ecosistema para recuperarse tras una perturbación	Orrantia-Albizu <i>et al.</i> , 2008
		Valor florístico-fitocenótico/ Pérdida o riqueza de especies	Mide el valor de la biodiversidad	López-Sánchez <i>et al.</i> , 2020
		Fragmentación	Ruptura de la continuidad del área natural debido a las áreas artificiales	Nogué <i>et al.</i> , 2019
	Recreación	Áreas verdes per cápita (m ² /Hab)	Área de espacio verde(m ²) /número de habitantes	Díaz-Osorio y Medina-Ruíz, 2019
		Porcentaje de áreas verdes públicas (%)	Área de espacio verde (m ²) /terreno unidad de superficie (m ²) %.	Campagnaro <i>et al.</i> , 2019 Morales-Cerdas <i>et al.</i> , 2018
		Accesibilidad (%)	Número de residentes en un área de 300 m ² / número de habitantes	
		Número de árboles por cada 100 habitantes	Número de árboles/número de habitantes x100	
		Árboles en las calles (Densidad de árboles por tramo de calle)	Número de árboles/ km de calles y carreteras (km)	
		Proximidad a los espacios verdes	Expresa la relación de los espacios verdes disponibles y la población Pverde(%) = (Población con cobertura simultánea a los tipos de espacios	Díaz-Osorio y Medina-Ruíz, 2019

			verdes/Población total) x100	
		Conectividad a la red verde	Hace referencia al conjunto de permeabilidad del suelo y densidad de árboles en las calles $CON (puntos) = (Permeabilidad del suelo + Densidad de arbolado)$	
		Intensidad de uso/ Usos dados por la población	Usos e intensidad de usos dados por la población hacia el área de estudio	Muñoz-Pedrerros <i>et al.</i> , 2012
		Densidad poblacional	Concentración de habitantes por superficie Hab/Ha	Montico <i>et al.</i> , 2019
		Número de programas municipales y sectoriales relacionados a la gestión ambiental	PMGA= (Número de programas de gestión ambiental) / (Número de municipalidades)	
		Inversión económica en protección y desarrollo de servicios ambientales por municipalidad o sector	IESA= (Presupuesto para la protección ambiental) / (Número de habitantes por colonia, distrito o barrio)	Romero-Vargas <i>et al.</i> , 2019
ANP	Gestión	Pago por Servicios Ambientales	Trasladar los valores de los servicios ecosistémicos a valores monetarios $PSA = K \times ICac / (1 + Ln S)$ K: constante de ajuste ICac: valor de IC acumulado de la propiedad en cuestión (IC x ha)	Romero-Vargas <i>et al.</i> , 2019 Orrantia-Albizu <i>et al.</i> , 2008

				S: superficie en hectáreas	
				Uso de suelo: Proporción de áreas verdes urbanas (%) Proporción de áreas naturales (%) Proporción de superficie agrícola (%)	Zonificación de los usos permitidos en el territorio de acuerdo con la planificación territorial López-Sánchez <i>et al.</i> , 2020 Córdoba-Hernández, 2022
	AVU/ANP	Valores culturales	Conservabilidad	Característica del paisaje que con base en sus características objetivas y subjetivas permite establecer el grado de protección que merece y permite establecer jerárquicamente el orden de protección de ella y el resto de las unidades paisajísticas	Llanque-Chana, 2020
			Conocimiento del paisaje	Nivel de información y reconocimiento que tiene y experimenta la población sobre el paisaje	Nogué <i>et al.</i> , 2019
		Aprovisionamiento	Aprovechamiento/ Valor económico del paisaje	Actitudes y actividades de la sociedad respecto a los recursos paisajísticos. Capacidad de convertir los recursos naturales en recursos productivos	Montoya-Valencia y Aponte-García, 2019 Nogué <i>et al.</i> , 2019
Orden Visual/ Estético	AVU/ANP	Experiencias estéticas	Percepción del verde urbano	Proporción del campo visual que ocupa la vegetación en la calle PE Verde (%) =(Superficie de viario público con volumen	Díaz-Osorio y Medina-Ruíz, 2019

	verde superior al 10%)/(Superficie de viario público total) x 100	
Calidad visual	Particularidades del paisaje que representan valores estéticos, singulares y naturales asociados a características físicas	Muñoz-Pedrerros <i>et al.</i> , 2012 Montoya-Valencia y Aponte-García, 2019
Exposición visual	Partes visibles del paisaje desde puntos de observación determinados. Permite medir el nivel en que un paisaje puede ser visto	Llanque-Chana, 2020
Fragilidad visual	Grado de deterioro que el paisaje es capaz de soportar ante cambios en sus atributos	Muñoz-Pedrerros <i>et al.</i> , 2012
Potencial paisajístico	Posibilidad de un sitio y los recursos con los que cuenta para aumentar su calidad escénica	Montoya-Valencia y Aponte-García, 2019

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 4
 Matriz de índices

Orden	Categoría	Nacionalidad	Índice	Indicadores	Uso	A/H	Estudio	
Natural/ Biofísico	AVU	Internacional (Costa Rica)	Índice biótico del suelo $IBS = \left[\frac{\sum (fi \times ai)}{At} \right]$	Tipo de sustrato (fi)	Se refiere a la medida de la relación entre las áreas funcionalmente significativas en el ciclo natural del suelo y la superficie total de una región de estudio.	No	Morales-Cerdas et al., 2018	
				Área del tipo de superficie (ai)				
				Superficie del área verde (At)				
					Naturalidad (N)			
					Reemplazabilidad (P)			
					Amenaza (A)			
					Valor florístico-fitocenótico (F)	Evaluar de manera numérica la calidad o valor natural de un área geográfica específica	Si	Orrantia-Albizu et al., 2008
				Rareza (R)				
				Retención del carbono (RC)				
					Protección del suelo (S)			
				Mantenimiento o mejora de la calidad del agua (Ag)				
				Coefficiente de las necesidades territoriales (E)				

Orden	Categoría	Nacionalidad	Índice	Indicadores	Uso	A/H	Estudio
Natural/ Biofísico	AVU	Internacional (Chile)	Indicador de calidad de las áreas verdes urbanas (Plazas y parques) $\text{Calidad Plazas} = (\text{MG} \times 0.25) + (\text{VG} \times 0.25) + (\text{AU} \times 0.05) + (\text{SG} \times 0.05) + (\text{DE} \times 0.20)$ Calidad Parques= $(\text{MG} \times 0.20) + (\text{VG} \times 0.25) + (\text{AU} \times 0.225) + (\text{SG} \times 0.10) + (\text{DE} \times 0.225)$	Mantenimiento general (MG) Vegetación (VG) Accesibilidad Universal (AU) Seguridad (SG) Diversidad de equipamientos (DE)	Evaluar calidad de los parques y jardines urbanos en relación con su accesibilidad y elementos físicos.	No	INE, 2020
	AVU/ANP	Internacional (Estados Unidos)	Índice de Shannon-Weaver $H = -\sum P_i \ln P_i$	Abundancia proporcional de la especie (Pi). Calculada como el peso seco de una especie dividido sobre el peso seco total en la muestra	Medir la cantidad de biodiversidad específica que existe en un ecosistema	No	1916
ANP	Internacional (Chile)		Índice de vulnerabilidad de la cuenca hidrográfica $\text{WVI} = (\text{F1} \times \text{W1}) + (\text{F2} \times \text{W2}) + \dots + (\text{Fn} \times \text{Wn})$ F: Factores de vulnerabilidad W: Peso relativo	Estresores antropogénicos Fragilidad ambiental Perturbación natural	Evaluar la vulnerabilidad de las cuencas hidrográficas	Si	Arriagada et al., 2019

Orden	Categoría	Nacionalidad	Índice	Indicadores	Uso	A/H	Estudio
Natural/ Biofísico	AVU7ANP	Internacional (Argentina)	<p>Índice de vegetación remanente $IVR = \frac{(VR/At)}{x100}$</p> <p>Índice de presión demográfica $IPD = DP \times r$</p> <p>Índice de criticidad ambiental</p>	<p>Área total de vegetación remanente (VR)</p> <p>Área total del área de estudio</p> <p>Densidad poblacional: Habitantes por cada 100 ha</p> <p>Tasa de incremento poblacional (r)</p> <p>Índice de presión demográfica</p> <p>Índice de vegetación remanente</p>	<p>Expresa la cobertura de vegetación natural del área como porcentaje total del área</p> <p>Valora la tasa de crecimiento de la densidad de las poblaciones humanas</p> <p>Evaluar el estado de criticidad de un área natural desde una categoría 1: estable o relativamente intacto, hasta una categoría 5:</p>	Si	Montico <i>et al.</i> , 2019
	AVU/ANP	Nacional (México)	<p>Índice de la calidad del agua (ICA) de Brown y McClelland</p>	<p>Tipos de Contaminantes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Coliformes fecales • PH • Demanda bioquímica de oxígeno en 5 días • Nitratos • Fosfatos • Variación de la temperatura • Turbidez • Sólidos disueltos totales • Oxígeno disuelto 	<p>Define el tipo de usos que se le puede dar a un cuerpo de agua en relación al nivel de calidad del agua que este posea (Pésima a Excelente).</p>	Si	Vidal-Álvarez <i>et al.</i> , 2022

Orden	Categoría	Nacionalidad	Índice	Indicadores	Uso	A/H	Estudio	
Visual/ Estético	AVU	Internacional (España)	Capacidad de absorción visual del paisaje $CAV = P \times (E+R+D+C+V)$	Pendiente (P)			Llanque-Chana, 2020	
				Erosionabilidad (E)				
				Potencial (R)				
				Diversidad de vegetación (D)				
				Contraste de Color (C)	Evaluar la calidad visual de los paisajes urbanos	No		
				Actuación humana (V)				
	ANP	Internacional (Chile)	Valor de Fragilidad visual intrínseca $VFVP = S f / nf$	Factores biofísicos (f)				Muñoz-Pedrerros et al., 2012
				Número de factores considerados (n)				

Orden	Categoría	Nacionalidad	Índice	Indicadores	Uso	A/H	Estudio
Social/ Cultural	ANP	Internacional (Colombia)	Índice de importancia de los ecosistemas $I = Co + Of + Pem + Per + Ns$	Cobertura (Co)			
				Oferta (Of)			
				Permanencia (Pem)	Evalúa la importancia de la cobertura de cierto ecosistema de acuerdo con el nivel de satisfacción y atención a las necesidades que brinda.	No	Castañeda-Camacho, 2013
				Periodicidad (Per)			
				Nivel de satisfacción (NS)			

Nota: *A/H: Aplicación del estudio en paisaje de Humedal

Fuente: Elaboración Propia.

7. Discusión

Los indicadores reportados en este trabajo han ayudado a identificar los diversos servicios ecosistémicos evaluados en los espacios verdes urbanos (AVU/ANP), donde predominan los indicadores orientados a las ciencias naturales como lo son: los del orden natural/biofísico. Estos hallazgos, coinciden con lo reportado por Breuste *et al.* (2013), donde reporta que uno de los principales servicios ecosistémicos de las AVU y humedales, son precisamente los servicios de regulación, esto para enfrentar al cambio climático en todas sus escalas, en especial los efectos de islas de calor en todas las ciudades del mundo.

Con respecto a la diversidad de indicadores en el mismo orden natural/biofísico para AVU (**Tabla 3**), los resultados muestran que existe un mayor número de investigaciones con indicadores destinados a la cobertura y calidad de la vegetación y suelo, mientras que; para el caso del recurso hídrico en humedales se reporta solo un indicador: mantenimiento/mejora de la calidad del agua, que hace referencia a la purificación y la transparencia del recurso (Orrantia-Albizu *et al.*, 2008; Bruni, 2016; López-Sánchez *et al.*, 2020).

Otro punto relevante para destacar es que, durante la realización de este trabajo, se identificaron diversas investigaciones enfocadas por un lado a AVU/ANP y por el otro a humedales, para el primer caso; estudios de cobertura y calidad de la vegetación, accesibilidad y percepción y en para el segundo caso; enfocados a la calidad del agua.

Si consideramos que los humedales son parte de las AVU/ANP (SEDATU, 2022; Owusu *et al.*, 2024), y que además, a nivel mundial representan uno de los ecosistemas más abundantes capaces de brindar una alta calidad de servicios ecosistémicos (Hernández y Moreno-Casasola, 2018; Aguilar-Medrano, 2023), pero que, actualmente, se encuentran muy impactados debido a la urbanización (Silva *et al.*, 2014; Lobato de Magalhães *et al.*, 2024); estos resultados evidencian la necesidad de la implementación de más estudios enfocados a los humedales urbanos, sobre todo en México, ya que como Zhou *et al.* (2016) lo indican, los países en desarrollo, presentan una mayor tasa de pérdidas de humedales, ya sean costeros o urbanos como lo es el humedal de Tembladeras, Veracruz.

De acuerdo con el observatorio de Catalunya, existe el reto de integrar indicadores cuantitativos y cualitativos en el estudio del paisaje, de modo que las aproximaciones al concepto paisajístico, que incluye por extensión a las AVU, ANP y humedales urbanos, se dan desde dos regiones distintas, desde aquello desplegado de las ciencias naturales y lo social (con estudios humanísticos y culturales), mismo que se observa en la matriz de datos obtenida.

De manera que, es necesaria la comprensión integral del paisaje para desarrollar herramientas traducidas en indicadores que sean capaces de ir más allá de una evaluación cuantitativa o cualitativa de los elementos materiales del paisaje y abordar las aspiraciones de los habitantes respecto a las características que perciben de sus entornos vitales (Nogué *et al.*, 2019), como es el caso de las AVU y ANP urbanas.

Para el caso de la matriz de índices, se encontró que el Índice de Vulnerabilidad de la Cuenca Hidrográfica (Arriagada *et al.*, 2019) y el Índice para la avifauna (Morales-

Cerdas *et al.*, 2018), podrían ser ideales para la evaluación de ANP y AVU en paisaje de humedales, aunado a los indicadores relacionados a la calidad del agua; pues es el elemento predominante y vital en este tipo de ecosistemas. Sin embargo, no existen una cantidad relevante de indicadores que integren aspectos cualitativos de los elementos físicos de este tipo de paisaje específicamente, siendo la mayoría de los indicadores de corte cuantitativos y procedentes de las ciencias naturales, enfrentando nuevamente el desafío de evaluar el paisaje de manera integral.

Como se ha dicho, en México existen 6,331 humedales, una parte de ellos de importancia internacional (SEMARNAT, 2023), sin embargo, la mayoría de investigaciones relacionados con el uso de indicadores e índices para la evaluación de ANP y AVU es significativamente menor en comparación al resto de países latinoamericanos. Adicionalmente, subyace la necesidad de que estos indicadores sean considerados para la toma de decisiones en relación con la planificación urbana e incidir en la protección de dichos ecosistemas.

Por lo anterior, vale la pena recalcar la importancia de las diversas designaciones a los ecosistemas, como lo son: sitios Ramsar (humedales) o ANP, ya que, estas categorías en realidad no garantizan una protección al paisaje. Prueba de ello, son los programas de manejo de las ANP de carácter federal. Actualmente, en México existen 226 ANP decretadas hasta el mes de febrero 2024 (CONANP, 2024a), de las cuales sus programas de manejo deben publicarse y actualizarse. Sin embargo, no todas las ANP decretadas a la fecha han publicado su programa de manejo correspondiente, de acuerdo con el listado de programas de manejo de la CONANP (2024b), sólo el 56% (126 ANP) del total de ANP ha cumplido con este requisito. Para el caso del ANP Tembladeras, la última actualización fue en el año 2018.

Es importante mencionar que los trabajos de investigación orientados a la valoración de los servicios ecosistémicos mediante indicadores e índices en las ANP juegan un rol esencial; ya que podrían direccionar a los programas de manejo de estos espacios naturales a una mejor gestión y conservación mediante acciones de monitoreo y preventivas.

Retomando el contexto en México, los indicadores para la evaluación del paisaje suelen centrarse en aspectos físicos (como calidad del agua, cobertura vegetal y usos de suelo) y solo algunos aspectos sociales y culturales, pero estos últimos recibiendo menor atención. Esto puede deberse a que los aspectos físicos del suelo y coberturas son esenciales para la planificación territorial, debido a que son indicadores que permiten establecer las zonificaciones (Con apoyo en las técnicas de teledetección y sistemas de información geográfica SIG) y usos de suelo. Esta concepción y gestión del paisaje es fragmentada, y se aleja de la visión holística y ecológica que se espera para el estudio, evaluación y comprensión del paisaje.

8. Conclusiones

La evaluación de los servicios ecosistémicos que brindan las AVU y ANP urbanas es vital para constatar la contribución al bienestar socio ecológico de los habitantes de la ciudad. Los paisajes de humedales urbanos son especialmente afectados por la

urbanización, a pesar de ser uno de los ecosistemas altamente productivos en servicios ecosistémicos. Frente a este panorama, es necesaria la evaluación de estos servicios con ayuda de los indicadores aquí presentados.

En dichos entornos, es necesaria la utilización de indicadores cuantitativos como la calidad del aire, agua, suelo, etc. y cualitativos, como la calidad visual y estética percibida por los habitantes, pues el paisaje y por ende las AVU y ANP no son únicamente biofísicas, sino sociales, culturales y estéticas. El uso de indicadores cuantitativos con mayor frecuencia, provenientes de las ciencias naturales es la referencia más cercana para medir la calidad de servicios de soporte de hábitat y regulación. La cantidad de indicadores relacionados con el orden visual y estético son menores, a la par que las del orden biofísico; no obstante, se realizan de manera separada y no integral.

Finalmente, existen muy pocos indicadores acerca de la función de aprovisionamiento, o el valor de los elementos del paisaje en términos económicos, mientras que, sobre indicadores de gestión de las ANP y AVU no se registran índices o conjunto de indicadores aterrizados en modelos matemáticos que permitan medir la eficiencia y/o eficacia de las políticas públicas sobre las ANP y AVU y la protección de sus servicios ambientales.

Referencias

- Aguilar-Medrano, R.** (2023). Importancia de los humedales costeros de la península de Yucatán como centros de conexión ecológica para peces. *Bioagrociencias*, 16(1), 27. <http://dx.doi.org/10.56369/BAC.4748>
- Arriagada, L., Rojas, O., Arumí, J. L., Munizaga, J., Rojas, C., Farias, L. y Vega, C.** (2019). A new method to evaluate the vulnerability of watersheds facing several stressors: A case study in mediterranean Chile. *Science of The Total Environment*, 651(1), 1517-1533. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.237>
- Becken, S. y Job, H.** (2014). Protected Areas in an era of global-local Change. *Journal of Sustainable Tourism*, 22(4), 507-527. <https://doi.org/10.1080/09669582.2013.877913>
- Breuste, J., Schnellinger, J., Qureshi, S., y Faggi, A.** (2013). Urban Ecosystem services on the local level: Urban green spaces as providers. *Ekológia (Bratislava)*, 32(3), 290-304. <https://doi.org/10.2478/eko-2013-0026>
- Bruni, D.** (2016). Landscape Quality and Sustainability Indicators. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, (8), 698-705. <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2016.02.047>
- Campagnaro, T., Tomaso, S., Cambria, V. E. y Semenzato, P.** (2019). Indicators for the Planning and Management of Urban Green Spaces: A Focus on Public Areas in Padua, Italy. *Sustainability*, 11(24), 7071. <https://doi.org/10.3390/su11247071>

- Castañeda-Camacho, A. C.** (2013). *Diseño de una metodología para evaluar el estado de los servicios ecosistémicos*. Universidad Militar Nueva Granada. Especialización en planeación ambiental y gestión integral de los recursos naturales.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas [CONANP].** (2018). *Ciudades verdes y sustentables*. Gobierno de México. <https://tinyurl.com/386bde78>
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas [CONANP].** (2023). *Áreas Naturales Protegidas*. Gobierno de México. <https://tinyurl.com/3dn8ztsy>
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas [CONANP].** (2024a). *Programas de Manejo de las Áreas Naturales Protegidas de México*. Gobierno de México. <https://tinyurl.com/3s7bdurb>
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas [CONANP].** (2024b). *Listado de las Áreas Naturales Protegidas de México*. Gobierno de México. <https://tinyurl.com/36fjfps9>
- Córdoba-Hernández, R.** (2022). La importancia de la mapificación de los ecosistemas y sus servicios para la planificación urbana. *Cuadernos de Investigación Urbanística*, (145), 1-88. <https://doi.org/10.20868/ciur.2022.145.5030>
- Díaz-Orsorio, M. E. y Medina-Ruíz, M.** (2019). Indicadores de compacidad urbana. Instrumento para el borde urbano. En Aliguera-Martínez, F. A., Sarmiento-Valdés, F. A. (Ed). *El borde verde urbano. Reflexiones para su ocupación* (pp. 198-225). Universidad católica de Colombia.
- Dobbs, C., Escobedo, F. J., Clerici, N., de la Barrera, F., Eleuterio, A. A., MacGregor-Fors, I., Reyes-Paecke, S., Vásquez, A., Zea Camaño, J. D. y Hernández, H. J.** (2019). Urban Ecosystem Services in Latin America: Mismatch between Global Concepts and Regional Realities. *Urban Ecosystems*, 22(1), pp. 173-187. <https://doi.org/10.1007/s11252-018-0805-3>
- European Environment Agency (EEA).** (2005). *EEA core set of indicators (EEA Technical Report No. 1/2005)* [Informe técnico]. Office for Official Publications of the European Communities. <https://tinyurl.com/mwusxbff>
- Gallopín, G. C.** (1997). Indicators and their use: Information for decision-making. Part one – Introduction. En B. Moldan y S. Bilharz (Eds.), *Sustainability indicators: A report on the project on indicators of sustainable development* (pp. 13–27). Wiley. <https://tinyurl.com/mt98vhj4>
- García-Romero, A., Serrano de la Cruz Santos-Olmo, M. A., Méndez-Méndez, A. y Salinas-Chávez, E.** (2019). Diseño y aplicación de indicadores de calidad paisajística para la evaluación de atractivos turísticos en áreas rurales. *Revista de geografía Norte Grande*, (72), 55-73. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022019000100055>
- Gaston, K. J.** (2010). Urban ecology. En K. J. Gaston (Ed.), *Urban Ecology* (pp. 1–9). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511778483.002>

- Gervasoni, A. L., Figueredo, A. B., Savoy, F., De Gracia, L., Chesini, F. (2024).** Diagnóstico espacial de los espacios verdes públicos en la ciudad de Concepción del Uruguay. Una aproximación a la evaluación de la equidad espacial. *Rev Salud ambient*, 24(1), 43-53. <https://tinyurl.com/3p6t4ex2>
- Hernández, M. E. y Moreno-Casasola, P. (2018).** Almacenes y flujos de carbono en humedales de agua dulce en México. *Madera y bosques*, 24(e2401881), 1-12. <https://doi.org/10.21829/myb.2018.2401881>
- Hernández, M. I. y Bastián-Lima, V. A. (2022).** Diagnóstico sociohidrológico de tres humedales urbanos de Xalapa, Ver., México. *Ambiens Techné et Scientia Méx*, 10 (2), 189-205. <https://tinyurl.com/5598hcj9>
- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C. y Baptista-Lucio, P. (2014).** *Metodología de la investigación*. Mc Graw Hill Education.
- Huang, L., Wu, J., y Yan, L. (2015).** Defining and measuring urban sustainability: a review of indicators. *Landscape Ecology*, 30(7), 1175-1193. <https://doi.org/10.1007/s10980-015-0208-2>
- Instituto Nacional de Estadísticas de Chile [INE]. (2020).** *Indicadores de calidad de plazas y parques urbanos: Informe de resultados* [Informe]. <https://tinyurl.com/2dad4dk7>
- Jennings, V., Floyd, M. F., Shanahan, D., Coutts, C., y Sinykin, A. (2017).** Emerging issues in urban ecology: implications for research, social justice, human health, and well-being. *Population and Environment*, 39(1), 69-86. <https://doi.org/10.1007/s11111-017-0276-0>
- Landgrave, R. y Moreno-Casasola, P. (2012).** Evaluación cuantitativa de la pérdida de. *Investigación ambiental. Ciencia y política pública*, 4(1), 26.
- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente [LGEEPA]. (Reformada, 1 de abril de 2024).** Diario Oficial de la Federación. <https://tinyurl.com/53jwuvy9>
- Lobato-de Magalhães, T., Barba, E. e Infante-Mata, D. (2024).** Cost-Effective Wetland Risk Assessment for Ramsar Site Management in Southern Mexico. *Wetlands and Science Practice*. 42(1), 116-126. <https://tinyurl.com/56b67kvb>
- López-Sánchez, M., Tejedor-Cabrera, A. y Linares-Gómez del Pulgar, M. (2020).** Indicadores de paisaje: evolución y pautas para su incorporación en la gestión del territorio. *Ciudad y Territorio. Estudios Territoriales*, 52 (206), 719-738. <https://doi.org/10.37230/CyTET.2020.206.01>
- Llanque-Chana, J. (2020).** Valoración de la Calidad Visual del Paisaje Urbano de Interés Patrimonial. Valuation of the visual quality of the urban landscape of patrimonial interest. *Territorios en formación*, (17), 4-20. <https://doi.org/10.20868/tf.2020.17.4484>
- Martínez-de Pisón, E. (2009).** *Miradas sobre el paisaje*. Biblioteca Nueva.

- Martínez-Esponda, X.** (2015). *Guía para conocer y cuidar nuestras áreas naturales protegidas*. México. CEMDA. <https://tinyurl.com/5bvwdvnm>
- Martins-Brito, R., Salinas-Chávez, E., y Mirandola-García, P. H.** (2022). Landscape Geocology as a basis for the selection, planning, and management of Protected Areas: Theoretical-methodological aspects. *Revista de geografía Norte Grande*, (83), 305-329. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022022000300305>
- Meza-Aguilar, M. D. C., Velázquez-Ramírez, L., y Larrucea-Garritz, A.** (2017). Recuperación De Áreas Verdes Urbanas. La Importancia Del Diagnóstico Fitosanitario Para La Intervención. *Revista Legado de Arquitectura y Diseño*, 1(22). <https://legadodearquitecturaydiseno.uaemex.mx/article/view/11448>
- Millennium Ecosystem Assessment - MEA.** (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis*. World Resources Institute.
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G.** (2009). Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *PLoS Med* 6(7). <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>
- Montico, S., Di Leo, N., Bonel, B. y Denoia, J.** (2019). Cambios del uso de la tierra en la cuenca del arroyo Ludueña, Santa Fe: Impacto en la sostenibilidad y en los servicios ecosistémicos. *Cuadernos Del CURIHAM*, 25, 31-39. <https://doi.org/10.35305/curiham.v25i0.115>
- Montoya-Valencia, C. D. y Aponte-García, G.** (2019). La naturaleza, sustrato del paisaje urbano. Propuesta de un Índice de Vínculo de las Ciudades con la Naturaleza. *Dearq*, (24), 10-21. <https://doi.org/10.18389/dearq24.2019.01>
- Morales-Cerdas, V., Piedra Castro, L., Romero Vargas, M. y Bermúdez Rojas, T.** (2018). Indicadores ambientales de áreas verdes urbanas para la gestión en dos ciudades de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 66(4), 1421-1435. <http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v66i4.32258>
- Moreno-Casasola, P., López-Rosas, H., Pelaez, L. A., Vázquez-González, C. y Ibarra, R.** (2024). Socio-environmental value of coastal urban wetlands in Veracruz, Mexico. *Wetland Science and Practice*. 42(1), 48-56. <https://doi.org/10.1672/ucrt083-611>
- Muñoz-Pedrerros, A., Moncada-Herrera, J., y Gómez-Cea, L.** (2012). Evaluación del paisaje visual en humedales del río Cruces, sitio Ramsar de Chile. *Revista chilena de historia natural*, 85(1), 73-88. <https://dx.doi.org/10.4067/S0716-078X2012000100006>
- Nogué, J. y Martínez-de Pisón, E.** (2007). *La construcción social del paisaje*. Biblioteca Nueva.
- Nogué, J., de San-Eugenio, J. y Sala, P.** (2019). La implementación de indicadores de lo intangible para catalogar el paisaje percibido. El caso del Observatorio del Paisaje de Cataluña. *Revista de geografía Norte Grande*, (72), 75-91. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022019000100075>

- Noszczyk**, T., Gorzelany, J., Kukulska-Kozieł, A., y Hernik, J. (2022). The impact of the COVID-19 pandemic on the importance of urban green spaces to the public. *Land use policy*, 113(105925), 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105925>
- Ojeda-Revah**, L. (2021). Equidad en el acceso a las áreas verdes urbanas en México: revisión de literatura. *Sociedad y ambiente*, (24), 1-28. <https://doi.org/10.31840/sya.vi24.2341>
- Orrantia-Albizu**, O., Ortega Hidalgo, M. M., Quirós Madrigal, O., y Loidi Arregui, J. (2008). Servicios ambientales del bosque: ensayo en una cuenca atlántica europea con base en la experiencia de Centroamérica. *Revista de Biología Tropical*, 56(4), 2087-2098. <https://tinyurl.com/2s3s76kp>
- Owusu**, R. O., Martínez, J., y Schwarz, N. (2024). Supply and demand of ecosystem services of urban green spaces in deprived areas: Perceptions from Kumasi, Ghana. *Environmental Science & Policy*, 156, 103742. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2024.103742>
- Oyola-García**, A. (2021). La variable. *Revista Del Cuerpo Médico Hospital Nacional Almanzor Aguinaga Asenjo*, 14(1), 90 - 93. <https://doi.org/10.35434/rcmhnaaa.2021.141.905>
- Reinwald**, F., Weichselbaumer, R., Schindelegger, A., y Damyanovic, D. (2024). From strategy to implementation: Mainstreaming urban green infrastructure in Austria's spatial planning instruments for climate change adaptation. *Urban Forestry & Urban Greening*, 94, 128232. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2024.128232>
- Safranov**, T., Berlinsky, N., Slizhe, M. y El Hadri, Y. (2024). Ecosystem services of the North-Western Black Sea wetlands. *Journal Environmental Problems*, 9(2), 65-72. <https://doi.org/10.23939/ep2024.02.065>
- Secretaría** de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano [SEDATU]. (2022). *Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDATU-2021, Espacios públicos en los asentamientos humanos*. Diario Oficial de la Federación. <https://tinyurl.com/3bs6yew8>
- Secretaría** de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (2021). *Servicios ambientales o ecosistémicos, esenciales para la vida*. Gobierno de México. <https://tinyurl.com/2kc67kbb>
- Secretaría** de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (2023). Día Mundial de los Humedales 2023. Gobierno de México. Recuperado el 08 de julio de 2024. <https://tinyurl.com/5n7s3ms6>
- Silva**, R., Villatoro, M. y Ramos, F. (2014). *Caracterización de la zona costera y planteamiento de elementos técnicos para la elaboración de criterios de regulación y manejo sustentable*. UNAM.

- Vidal-Álvarez, M. J., Marín-Muñiz, L. y Hernández-Hernández, D. (2022).** Indicador de la calidad del agua, caso de estudio: Laguna Olmeca, Veracruz, México. *Journal of Basic Sciences*, (8), 122–132. <https://doi.org/10.19136/jobs.a8n23.5351>
- Zhou, D., Zhang, H., y Liu, C. (2016).** Wetland ecohydrology and its challenges. *Ecohydrology & Hydrobiology*, 16(1), 26–32. <https://doi.org/10.1016/j.ecohyd.2015.08.004>