

Análisis de las Funciones Ambientales Humedal Tierra Blanca

Municipio de Soacha

Miguel Enrique Guillen Ferla

Yenifer Carolina Avendaño Carreño

Asesor

Juan Pablo Herrera Cerquera

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente ECAPMA

Ingeniería Ambiental

2025

Dedicatoria

A ti que, aunque no estás presente vives en nuestras almas.

Agradecimientos

Al profesor Juan Pablo por su apoyo y tiempo.

Resumen

El humedal tierra blanca está ubicado en la comuna 1 del Municipio de Soacha atravesando los barrios villa Italia, Villa Mercedes, ducales y villa flor, es uno de los ecosistemas urbanos más representativos del municipio, gracias a sus características es una fuente de preservación de fauna y flora. En la actualidad el humedal no desempeña adecuadamente sus funciones ambientales debido a problemas económicos, sociales y ecológicos principalmente ocasionados por el desarrollo urbano y los asentamientos subnormales en la ronda del humedal. Las funciones ambientales o los servicios que proveen los ecosistemas naturales como el humedal Tierra Blanca son vitales para el sostenimiento y biodiversidad del planeta. Son grandes contribuyentes del bienestar humano y óptimo desarrollo de las especies. El valor económico actual de un servicio ecosistémico no representa un valor significativo en el mercado comparado con el producto nacional bruto mundial, ya que los servicios ecosistémicos que prestan los humedales son gratuitos. Esta monografía busca resaltar la importancia de los servicios ecosistémicos o funciones ambientales de los humedales, principalmente humedal Tierra Blanca, recopilando información por medio de un análisis bibliométrico y sistemático, usando la base de datos Web of Science WoS enfocados en criterios de búsqueda Topic (Titulo, abs, key) humedales, servicios ecosistémicos, funciones Ambientales. Se identificaron 353 referencias provenientes de investigaciones realizadas entre los años 2003-2023, reflejando que el año con mayores publicaciones fue el 2022 con 41 artículos referentes, el autor más importante o citado Smith, Loren M. de la universidad de Oklahoma. Los principales resultados reflejan que el interés por el valor de los servicios ecosistémicos ha venido en aumento, sin embargo, se deben buscar alternativas que satisfagan las necesidades colectivas y ambientales, permitiendo la

integración de dichos conceptos y metodologías que ayuden en la armonía social y la buena toma de decisiones respecto a los servicios ecosistémicos.

Palabras clave: funciones de los humedales, servicios de los humedales, servicios ecosistémicos de los humedales.

Abstract

The Tierra Blanca wetland is located in Commune 1 of the Municipality of Soacha, passing through the neighborhoods of Villa Italia, Villa Mercedes, Ducales, and Villa Flor. It is one of the most representative urban ecosystems in the municipality, serving as a vital source of flora and fauna preservation due to its characteristics. Currently, the wetland does not adequately perform its environmental functions due to economic, social, and ecological problems, primarily caused by urban development and informal settlements in its buffer zone. The environmental functions or services provided by natural ecosystems like the wetland are crucial for the planet's sustainability and biodiversity. They significantly contribute to human well-being and the optimal development of species. However, the current economic value of an ecosystem service does not hold significant market value compared to the global gross national product, as the services provided by wetlands are free of charge. This monograph seeks to highlight the importance of ecosystem services or environmental functions of wetlands, particularly the Tierra Blanca wetland, by compiling information through a bibliometric and systematic analysis using the Web of Science (WoS) database. The search criteria focused on Topic (Title, Abstract, Keywords): wetlands, ecosystem services, and environmental functions. A total of 353 references were identified from research conducted between 2003 and 2023, with the highest number of publications occurring in 2022 (41 relevant articles). The most prominent and cited author was Loren M. Smith from the University of Oklahoma. The main findings indicate that interest in the value of ecosystem services has been increasing. However, alternatives must be sought to meet collective and environmental needs, integrating these concepts and methodologies to promote social harmony and informed decision-making regarding ecosystem services.

Keywords: wetland functions, wetland services, wetland ecosystem services.

Tabla de Contenido

Lista de tablas	11
Lista de Figuras.....	12
Introducción	13
Justificación de la Investigación	15
Objetivos.....	17
Objetivo General.....	17
Objetivos Específicos.....	17
Marco Teórico	18
Importancia de los Humedales.....	18
Funciones ambientales y Servicios Ecosistémicos	18
Sostenibilidad Ambiental	20
Marco Conceptual.....	22
Clasificación de los umedales del territorio CAR.....	22
Restauración de Humedales Urbanos	22
Caso de Estudio: Restauración del Humedal Tibabuyes.....	23
Referentes Internacionales en Restauración de Humedales.....	23
Valoración Económica de los Servicios Ecosistémicos	24
Valor Económico de los Servicios Ecosistémicos En Colombia	25
Marco Contextual.....	27

Características ecológicas	29
Problemáticas y amenazas	29
Estrategia Metodológica	31
Tipo de Estudio y Material de Análisis	31
La Metáfora del Árbol de la Ciencia en la Selección Documental	32
Variables Bibliométricas	34
Análisis bibliométrico	34
Indicadores bibliométricos	34
Recopilación y Análisis de Datos Bibliométricos	35
Fundamentación Conceptual del Eco Barómetro	35
Resultados	38
Análisis Bibliométrico de los Documentos Recopilados	38
Indicadores de producción científica	39
Análisis de red sistemático	43
Documentos Clásicos (Raíz)	43
Documentos Estructurales (tronco)	45
Perspectivas Emergentes Sobre Humedales (clústeres)	46
Clúster 1: Metodología y Regulación	46
Clúster 2: Ecológico-biológico	47

Clúster 3: Hidrológico-avanzado	48
Cinco Recientes (hojas)	49
Eco barómetro percepción de la comunidad sobre el humedal Tierra Blanca	51
Ficha técnica	51
Análisis Eco barómetro.....	65
Matriz de criterios	68
Matriz de Priorización de Medidas para el Humedal Tierra Blanca.....	72
Cálculo del Puntaje Total y Priorización.....	73
Matriz de priorización.....	74
Discusión.....	76
Análisis correlacional entre la percepción comunitaria y la revisión sistemática	76
Países que lideran las publicaciones sobre servicios ecosistémicos y su influencia en Colombia.....	79
Conclusiones	81
Recomendaciones	83
Referencias Bibliográficas	84

Lista de tablas

Tabla 1 <i>Interés de los Países en los Servicios Ecosistémicos</i>	40
Tabla 2 <i>Autores más Relevantes</i>	41
Tabla 3 <i>Revistas más Relevantes</i>	42
Tabla 4 <i>Matriz de Criterios Humedal Tierra Blanca</i>	68
Tabla 5 <i>Matriz de Priorización de Medidas para el Humedal Tierra Blanca</i>	72
Tabla 6 <i>Resultados Matriz de Priorización</i>	74

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Imagen Mapa Ubicación Humedal Tierra Blanca</i>	28
Figura 2 <i>Diagrama De Flujo Prisma Para Revisiones Sistemáticas.</i>	33
Figura 3 <i>Citaciones Y Publicaciones Por Año</i>	39
Figura 4 <i>Conocimiento De La Comunidad Sobre La Presencia Humedal Tierra Blanca</i>	52
Figura 5 <i>Percepción Ambiental Por Parte De La Comunidad En Zona De Influencia.</i>	53
Figura 6 <i>Importancia De La Conservación Del Medio Ambiente En La Comunidad Aledaña Al Humedal Tierra Blanca</i>	54
Figura 7 <i>Valoración Del Medio Ambiental En La Comunidad Aledaña Al Humedal Tierra Blanca</i>	55
Figura 8 <i>Percepción De La Comunidad Sobre Problemáticas En El Humedal Tierra Blanca.</i>	56
Figura 9 <i>Nivel De Preocupación De La Comunidad Aledaña Al Humedal Tierra Blanca</i>	57
Figura 10 <i>Opinión De La Comunidad Aledaña Sobre El Humedal De Tierra Blanca.</i>	58
Figura 11 <i>Percepción De La Comunidad Sobre La Información Que Recibe Del Humedal Tierra Blanca</i>	59
Figura 12 <i>Percepción De La Comunidad Respecto Al Humedal</i>	60
Figura 13 <i>Medios Informativos Para La Comunidad</i>	61
Figura 14 <i>Quien Es El Verdadero Responsable Del Humedal Tierra Blanca Según La Comunidad</i>	62
Figura 15 <i>¿Las Acciones Actuales Son Suficientes Para La Conservación Del Humedal?</i>	63
Figura 16 <i>¿Qué Tan Dispuesta Esta La Comunidad De Participar En Acciones En Beneficio Del Humedal?</i>	64

Introducción

Los humedales son ecosistemas de vital importancia para la biodiversidad, la regulación del ciclo del agua y el bienestar humano. Sin embargo, desde finales del siglo XIX y principios del XX, fueron percibidos como áreas improductivas, lo que llevó a su degradación y desaparición en muchas regiones. Solo a partir década de 1960 que comenzó a surgir una conciencia global sobre su valor ecológico, culminando en la creación de la Convención de Ramsar en 1971, un tratado internacional que promueve la conservación y el uso racional de los humedales. Colombia se adhirió a este convenio en 1980, sumándose a los esfuerzos mundiales para proteger estos ecosistemas. Actualmente, más de 170 países forman parte de este acuerdo, estableciendo numerosas reservas y áreas protegidas que reflejan el creciente reconocimiento de los servicios ecosistémicos que los humedales brindan. (Costanza et al. 2014)

En Colombia, los humedales son especialmente relevantes debido a su extensión y diversidad. Según el Instituto Humboldt (2018), el país cuenta con aproximadamente 31.700 humedales, lo que subraya su importancia estratégica para la conservación y el desarrollo sostenible. Desde 2019, se han implementado programas de educación ambiental y estrategias para promover su protección como el *Plan Nacional de Protección de Humedales* (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [MADS], (2020). Entre estos ecosistemas, el humedal **Tierra Blanca**, ubicado en el municipio de Soacha, Cundinamarca, destaca por ser uno de los más grandes y mejor conservados de la sabana de Bogotá. Sin embargo, su conservación enfrenta serios desafíos debido a la presión urbana y la contaminación, lo que lo convierte en un caso emblemático de la lucha por preservar estos valiosos entornos.

El humedal Tierra Blanca ha sido catalogado por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR 2004) como uno de los más vulnerables de la cuenca del río Bogotá. La urbanización descontrolada ha destruido más de la mitad de su extensión original, generando la pérdida de coberturas vegetales, la reducción del espejo de agua y la disminución de la biodiversidad. Además, la presencia de especies no aptas para este ecosistema y la contaminación derivada de las 503 familias asentadas en su zona de influencia han agravado su deterioro. Frente a esta situación, la CAR, en colaboración con la administración municipal y empresas privadas, ha impulsado programas de restauración y preservación, aunque el desafío sigue siendo enorme. (CAR, 2004).

Este estudio se justifica por la necesidad de comprender a profundidad los impactos de la urbanización y la contaminación en el humedal Tierra Blanca, así como de evaluar la efectividad de las estrategias de conservación implementadas hasta el momento. A pesar de los esfuerzos realizados, existe un vacío de conocimiento sobre cómo estos factores interactúan y afectan la resiliencia del ecosistema a largo plazo. Además, se carece de un marco integral que permita cuantificar y valorar los servicios ecosistémicos que este humedal proporciona, lo cual es esencial para fundamentar políticas públicas y acciones de conservación más efectivas. Al abordar estas problemáticas, este trabajo busca contribuir al conocimiento científico y a la toma de decisiones informadas que garanticen la preservación del humedal Tierra Blanca, no solo como un patrimonio natural, sino como un elemento clave para el bienestar de las comunidades locales y el equilibrio ecológico de la región.

Justificación de la Investigación

El humedal Tierra Blanca representa un caso de estudio único para analizar los servicios ecosistémicos que brindan los humedales en contextos de alta presión urbana. A pesar de su importancia ecológica, falta conocimiento sobre cómo la urbanización y la contaminación afectan su capacidad para proveer servicios como la regulación hídrica, la conservación de la biodiversidad y el secuestro de carbono. Este estudio contribuirá a la generación de datos científicos que permitan comprender mejor la dinámica de estos ecosistemas en entornos urbanos, así como a desarrollar metodologías para evaluar integralmente sus servicios ecosistémicos. Además, servirá como base para futuras investigaciones que busquen replicar o contrastar estos hallazgos en otros humedales de Colombia y el mundo.

El humedal Tierra Blanca no solo es un ecosistema de alto valor ecológico, sino también un recurso fundamental para las comunidades locales, este estudio busca generar información que permita diseñar estrategias de educación ambiental y participación comunitaria, empoderando a los habitantes para que se conviertan en actores activos en la conservación del humedal, los resultados podrían mejorar la calidad de vida de la población al promover prácticas sostenibles que reduzcan la contaminación y fomenten el uso responsable de los recursos naturales.

Esta investigación podría servir como insumo para la formulación de políticas públicas más efectivas, que integren la protección de los humedales en los planes de ordenamiento territorial y desarrollo urbano, podría fortalecer las iniciativas de restauración y conservación lideradas por la administración Municipal de Soacha, la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) y otras entidades, contribuyendo a la sostenibilidad ambiental de la región.

En conclusión, este estudio busca generar impactos positivos en la sociedad y el medio ambiente, al tiempo que aporta herramientas para la toma de decisiones informadas en el ámbito político y de gestión ambiental. La conservación del humedal Tierra Blanca es esencial para garantizar el equilibrio ecológico de la sabana de Bogotá y el bienestar de las generaciones presentes y futuras.

Objetivos

Objetivo General

Analizar la funcionalidad ambiental del humedal Tierra Blanca para lograr estrategias que permitan el desarrollo sostenible en relación con la comunidad.

Objetivos Específicos

Identificar las principales problemáticas del humedal Tierra Blanca y los factores que intervienen en estos.

Realizar un análisis cualitativo sobre la percepción de la comunidad del humedal Tierra Blanca

Desarrollar un matriz de criterios que identifique las funciones ambientales del humedal y su relación con las problemáticas vigentes en aras de alcanzar alternativas de soluciones.

Marco Teórico

Importancia de los Humedales

Los humedales son uno de los ecosistemas hídricos más importantes debido a la retención de agua y cambio progresivo entre los sistemas acuáticos y terrestres (Mitsch et al. 2013), son terrenos con agua que mantienen una actividad biológica que se adaptan a los ambientes húmedos y esto favorece la presencia de especies, tienen un gran valor ya que han demostrado que sus funciones son útiles para los humanos y sus elementos más importantes son el agua, los sustratos y las comunidades siendo el agua el principal elemento que controla la vida vegetal y animal. (Mitsch et al. 2013)

Funciones ambientales y Servicios Ecosistémicos

Los servicios ecosistémicos que prestan los humedales se derivan del mantenimiento de los procesos ecológicos esenciales, que dan la capacidad de auto sostenimiento conocida como homeostasis, es decir, la que regula los ciclos de materia, los flujos de energía y la oferta de información a través del paisaje.

Entre las funciones principales de los humedales se encuentran varios beneficios y valores en materia de control de sedimentos y erosión; control de inundaciones; mantenimiento de la calidad del agua y reducción de la contaminación, abastecimiento de aguas superficiales y subterráneas; apoyo a la pesca, la ganadería y la agricultura; recreación al aire libre y educación para una sociedad humana; y estabilidad climática. ((Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca [CAR] 2004)

Las funciones del ecosistema se refieren de diversas formas al hábitat, su aspecto biológico y procesos de los ecosistemas. Bienes ecosistémicos (como los alimentos) y los servicios (como la asimilación de residuos) representan los beneficios que las poblaciones humanas obtienen, directa o indirectamente, de las funciones del ecosistema. (Costanza et al. 1997). Los humedales y sus funciones ecosistémicos se han degradado con el paso del tiempo a nivel global según, Según Davidson(2014), los humedales han experimentado una reducción significativa, alcanzando promedios del 54% al 57%, con algunas regiones del mundo registrando pérdidas de hasta el 87% desde 1700. Durante el siglo XX y principios del XXI, la tasa de pérdida se aceleró drásticamente, llegando a porcentajes del 64% al 71% desde 1900.

Las funciones ambientales trabajan en torno al concepto de capital natural que es una metáfora para indicar la importancia de los elementos de la naturaleza para la sociedad humana, muestra cómo se pueden derivar estándares de sostenibilidad con respecto a estas funciones, (Ekins et al. 2003) y se identifican cuatro funciones principales:

Función de regulación: Se refiere a la regulación de los procesos ecológicos y que apoya a los sistemas bióticos (ciclos biogeoquímicos, regulación climática, depuración de aguas, etc.)

Funciones de producción: Recolección de ecosistemas naturales como por ejemplo los recursos genéticos y las materias primas.

Función del hábitat: principalmente trabaja en la conservación de los ecosistemas naturales como refugio y hábitat de producción para plantas y animales silvestres.

Funciones de información: es la posibilidad de acceder a la recreación, el deleite del paisaje, información cultural e investigación científica.

Sostenibilidad Ambiental

El capital natural puede definirse como la capacidad de las existencias de capital en su conjunto para continuar realizando las que tienen una contribución importante al ser humano de bienestar y sustentabilidad ambiental como el mantenimiento de funciones ambientales. Esto indica que la sostenibilidad ambiental se describe como la administración eficiente de los recursos naturales. Según las Naciones Unidas (2020) el concepto de sostenibilidad ambiental representa una forma de convivir en equilibrio con nuestro entorno y prevenir una escasez que puede poner en riesgo la humanidad, lo cual hace de este tema algo necesario para cada persona, organización y gobierno dentro del planeta.

La protección de los humedales se da cuando se encuentra la necesidad de conservación de este tipo de ecosistemas después de evaluar su definición e importancia, y se firma un acuerdo en la ciudad de Ramsar (Iran) en 1971, La Convención Relativa de Los Humedales, la cual es un tratado intergubernamental que sirve de marco para la acción nacional y la cooperación internacional en pro de la conservación y el uso racional de los humedales y sus recursos, como contribución al logro de un desarrollo sostenible en todo el mundo. Su misión es “la conservación y el uso racional de los humedales mediante acciones locales y nacionales y gracias a la cooperación internacional, como contribución al logro de un desarrollo sostenible en todo el mundo”. (Ramsar) 1971)

Por otra parte, en Estados Unidos se aprobaba la Ley de agua limpia y de conservación de humedales (*Clean Water Act*) en 1972, que abriría caminos para el reconocimiento e importancia de la protección de humedales debido a su rol de vital importancia para la vida silvestre dentro del territorio norte americano.

Por tanto y más las naciones unidas dentro del marco y sus objetivos de desarrollo sostenible radicados en el año 2015, resaltando los objetivos 6. (Agua limpia y Saneamiento) Objetivo 13. (Acción por el clima) y objetivo 14. (Vida submarina) recalca la importancia de estos ecosistemas (Humedales) para el desarrollo sostenible y el bienestar humano.

Uno de los últimos informes de relevancia hacia estos ecosistemas fue emitido por la Plataforma Gubernamental Sobre Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos (IPBES 2019), donde hacen el llamado de alerta sobre la pérdida de biodiversidad global con especial énfasis en la degradación y pérdida de humedales, llamando así a la acción colectiva entre naciones para trabajar en pro de su conservación.

Marco Conceptual

Clasificación de los humedales del territorio CAR.

En el plano nacional y según la CAR Calvachi B. y Galindo G. (2009) (CAR, 2011) propusieron en los lineamientos de manejo y monitoreo de los humedales de la jurisdicción CAR en el territorio nacional que, con base en sus provincias geográficas de los ecosistemas acuáticos de Colombia, se deben agrupar por rango altitudinal y climatología es así como se pueden clasificar en:

- Humedales de alta montaña:
- Humedales de Páramo
- Humedales de Ladera.
- Humedales del altiplano cundiboyacense.
- Humedales subandinos.
- Humedales de tierras bajas.

En este caso, el humedal Tierra Blanca hace parte de ese puñado de humedales del altiplano cundiboyacense que integra la estructura ecológica principal de Bogotá y su sabana. Ecosistema (Humedal) que se ha visto vulnerado a la degradación y pérdida de su biodiversidad los últimos 30 años debido al crecimiento desmesurado y desarrollo del casco urbano que colinda con él.

Restauración de Humedales Urbanos

La convención Ramsar (1971) trajo consigo un programa de restauración de los humedales con el fin de liberar el potencial desaprovechado del sistema más valioso de la Tierra,

vinculando a los humedales más importantes de cada una de las regiones del planeta denominados como "Sitios Ramsar", esto quiere decir que cuentan con la máxima categoría de protección a nivel mundial, en la ciudad de Bogotá se encuentra el complejo de humedales urbanos compuesto por 11 ecosistemas como el humedal de Tibabuyes, humedal Juan Amarillo, humedal del burro entre otros. (Gómez 2017)

Caso de Estudio: Restauración del Humedal Tibabuyes

El humedal de Tibabuyes es uno de los ejemplos de restauración urbana, su restauración inicio en el año 2013 y se completó en el 2017, mediante acciones como la remoción de especies invasoras y residuos sólidos, replantación de vegetación nativa y restauración de la cobertura vegetal, construcción de un sistema de tratamiento de aguas residuales, creación de senderos y miradores para el ecoturismo, e implementación de un programa de educación y conciencia ambiental para la comunidad. Sus resultados más importantes incluyeron la mejora en la calidad del agua, reduciendo la carga de nutrientes y contaminantes en un 70 por ciento. Incremento de la biodiversidad, se registraron 120 especies de aves, 20 especies de mamíferos y 15 especies de reptiles y mamíferos, anfibios, además mejoro el impacto social, con mejor calidad de vida de los habitantes de la zona; se redujo la contaminación del aire y del agua se mejoró la seguridad y la salud pública. (Gómez, 2015)

Referentes Internacionales en Restauración de Humedales

Humedales de la Costanera Sur (Buenos Aires, Argentina), se restauró su función ecológica para promover la conservación de la biodiversidad trabajando en la restauración de marismas y hábitats ribereños trayendo como impacto un hábitat para aves migratorias y otras

especies. *"La intervención demostró que la recuperación de servicios hidrológicos puede revertir la pérdida de biodiversidad en entornos urbanos"* (Cuadrado, 2010)

Humedales de Xochimilco (Ciudad de México, México) fueron restaurados para frenar la contaminación y recuperar especies como el ajolote, entre sus mayores beneficios esta la mejora de la calidad del agua y la revitalización de un espacio cultural y ecológico clave para la ciudad. (Sánchez & Ramírez 2015)

Sungei Buloh Wetland Reserve (Singapur) fue un humedal degradado por la expansión urbana su proceso de rehabilitación se realizó mediante la plantación de manglares y rehabilitando la vegetación ribereña creando un refugio para aves migratorias y especies acuáticas. ((Lee & Chou 2007)

Valoración Económica de los Servicios Ecosistémicos

La valoración económica de los servicios ecosistémicos es una herramienta fundamental para comprender y cuantificar los beneficios que los ecosistemas brindan a la sociedad. Este enfoque permite asignar un valor monetario a servicios que, aunque no tienen un precio de mercado, son esenciales para el bienestar humano y el funcionamiento de los sistemas naturales.

Su importancia incluye beneficios como la provisión de agua, la regulación del clima, la polinización, la protección contra inundaciones y el valor cultural y recreativo de los espacios naturales. Sin embargo, estos servicios suelen ser subvalorados o ignorados en la toma de decisiones económicas y políticas, lo que ha llevado a la degradación de ecosistemas clave. La valoración económica busca hacer visibles estos beneficios, proporcionando argumentos sólidos para su conservación y manejo sostenible (Costanza et al. 2014). En el caso del humedal Tierra

Blanca, este enfoque permitiría cuantificar los costos asociados a su degradación, como la pérdida de biodiversidad y la reducción de la capacidad de regulación hídrica, así como los beneficios económicos que se podrían obtener mediante su restauración y conservación.

Valor Económico de los Servicios Ecosistémicos En Colombia

Colombia en la actualidad ha manejado con importancia el valor de los servicios ecosistémicos, según el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2019) los servicios ecosistémicos son *"los beneficios que los ecosistemas proporcionan a las sociedades humanas, incluyendo: (1) servicios de regulación (clima, protección contra desastres, polinización), (2) servicios de soporte (formación de suelos, ciclos biogeoquímicos), y (3) servicios culturales (recreación, turismo, valores espirituales)"* (p. 34).

varía dependiendo del servicio ecosistémico y la región del país, según un estudio de la Corporación -autónoma Regional del Valle del Cauca junto a la Universidad del Valle encontró que el valor económico de los servicios ecosistémicos en la Cuenca del Rio Cauca tiene un valor aproximado de \$12.000 millones de pesos (aprox. 3.8 millones de dólares) al año. Otro ejemplo de estudio de valor económico en Colombia fue realizado por la Universidad de los Andes y el instituto de Investigación de recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, estimo que el valor económico anual de los servicios ecosistémicos en Colombia es de aproximadamente \$143 mil millones de pesos (\$45 millones de dólares)

El humedal Tibabuyes es un caso de valor económico de relevancia en la ciudad de Bogotá, ya que estudios realizados por la Universidad de los Andes en colaboración con la CAR y Fundación Humedales de Bogotá, bajo la metodología valoración contingente alrededor del humedal, arrojó como resultado la valoración económica total de los servicios ecosistémicos del

humedal con un valor aproximado de \$1.350 millones de pesos (aprox. 430 mil dólares) al año.

Cabe resaltar que este estudio es solo uno de los muchos realizados en Colombia que sirven como herramienta para evaluar la importancia de los ecosistemas y en la toma de decisiones en pro de su conservación y sostenibilidad.

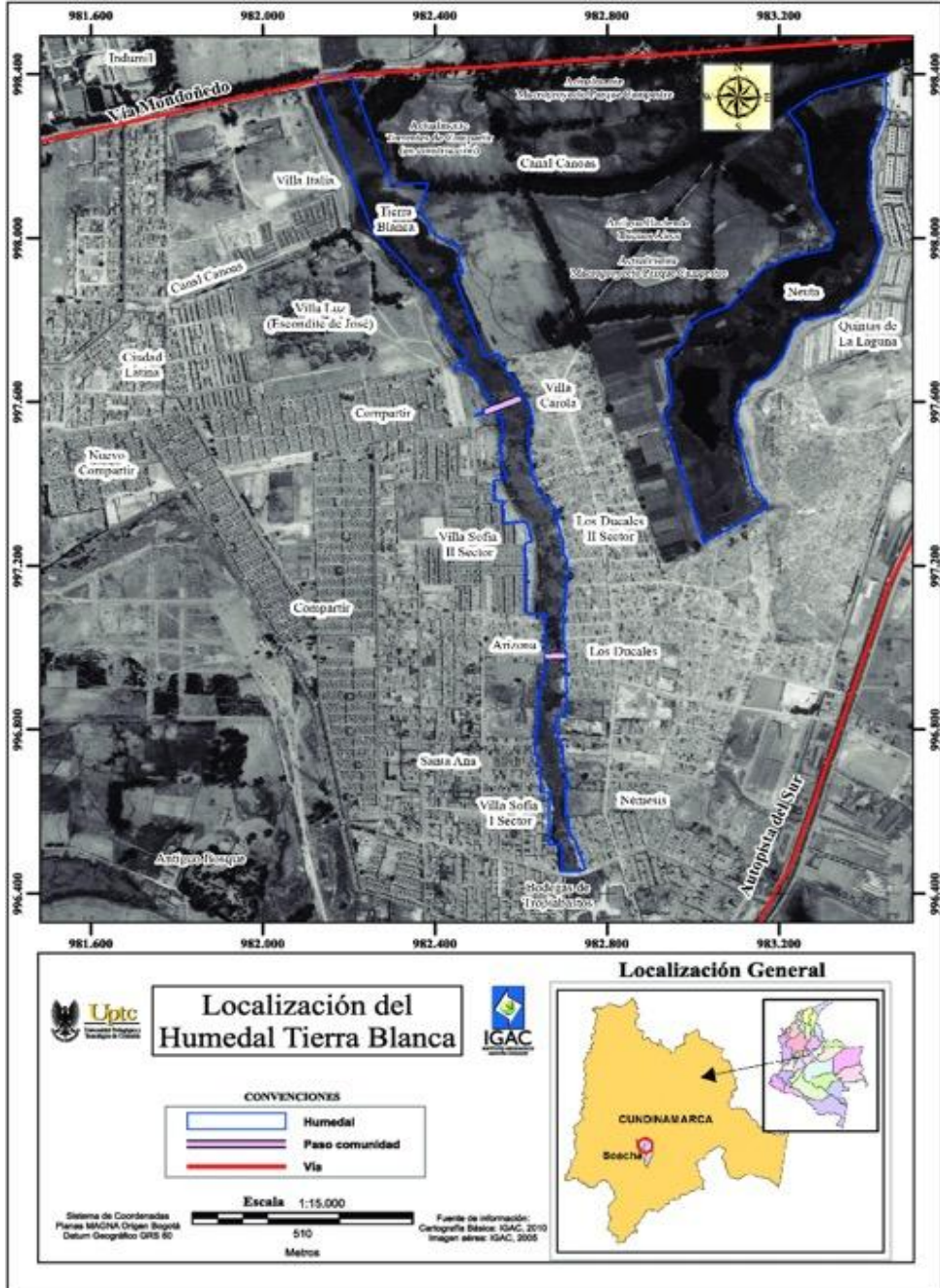
Marco Contextual

El humedal Tierra Blanca se ubica en la comuna 1 del municipio de Soacha Cundinamarca, en el sur del casco urbano del municipio, colindando con los barrios Ducales, compartir, Némesis, Villa Italia, Villa Luz, Villa Sofia, Villa Carola y Santa Ana, entre la Autopista Sur que comunica a Bogotá con Soacha y la Vía Mondoñedo que comunica a Soacha con Mosquera (Ver Figura 1). Hace parte del conglomerado de 13 humedales, la mayoría, aún no reconocidos ni constituidos legalmente en el Municipio, el humedal Tierra Blanca dada su importancia en el territorio fue declarada por parte de la Corporación autónoma regional (CAR) como reserva hídrica para la ciudad en el año 2006.

Coordenadas geográficas. El humedal Tierra Blanca se localiza aproximadamente entre las coordenadas 4.5500° de latitud norte y 74.2333° de longitud oeste.

Figura 1

Imagen mapa ubicación Humedal Tierra Blanca



Tomado de Cartografía básica – IGAC

Características ecológicas

Biodiversidad. El humedal Tierra Blanca alberga una gran diversidad de flora y fauna, incluyendo especies endémicas y migratorias. Entre las especies de aves reportadas se encuentran el tingua bogotana (*Rallus semiplumbeus*), en peligro de extinción, y el pato canadiense (*Anas discors*), que utiliza el humedal como sitio de descanso durante su migración.

Vegetación. La cobertura vegetal del humedal incluye especies típicas de los humedales altoandinos, como juncos (*Schoenoplectus californicus*), eneas (*Typha latifolia*) y bogotá (*Carex* spp.). Estas plantas cumplen funciones clave en la retención de sedimentos, la filtración de agua y la provisión de hábitat para la fauna.

Problemáticas y amenazas

Urbanización. La expansión urbana en Soacha ha sido la principal causa de la degradación del humedal. Más de 500 familias habitan en su zona de influencia, lo que ha generado presión sobre el ecosistema.

Contaminación. El humedal recibe aguas residuales domésticas y residuos sólidos, lo que ha afectado la calidad del agua y la salud del ecosistema. Estudios de la CAR han detectado altos niveles de contaminación por metales pesados y materia orgánica.

Pérdida de biodiversidad. La fragmentación del hábitat y la contaminación han llevado a la desaparición de varias especies de flora y fauna. Además, se han introducido especies invasoras que compiten con las nativas.

Reducción del espejo de agua. Debido a la extracción de agua y los procesos de relleno, el espejo de agua del humedal ha disminuido significativamente, afectando su capacidad para regular el ciclo hídrico.

Esfuerzos de conservación. Programas de restauración. La CAR, en colaboración con la administración municipal y empresas privadas, ha implementado proyectos de restauración que incluyen la revegetación de áreas degradadas, la limpieza de residuos sólidos y la construcción de humedales artificiales para mejorar la calidad del agua.

Educación ambiental. Desde 2019, se han llevado a cabo campañas de sensibilización y educación ambiental dirigidas a la comunidad local, con el objetivo de fomentar prácticas sostenibles y reducir la contaminación.

Normativa. El humedal Tierra Blanca está protegido bajo la normativa colombiana, incluyendo la Ley 99 de 1993, que establece las bases para la gestión ambiental, y la Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos.

Estrategia Metodológica

Tipo de Estudio y Material de Análisis

Este estudio se basó en un análisis bibliométrico y revisión sistemática (ver figura 2) de la literatura científica sobre servicios ecosistémicos en humedales, utilizando como fuente principal la base de datos Web of Science (WoS). Esta plataforma, reconocida internacionalmente por su rigurosidad, permite acceder a publicaciones de alto impacto, incluyendo artículos científicos, actas de congresos y patentes. Su capacidad para rastrear citas y redes de colaboración entre autores fue clave para evaluar tendencias, influencia académica y vacíos de conocimiento en el tema. El análisis sistemático consiste en revisar de manera estructurada y exhaustiva la literatura científica disponible sobre un tema, con el fin de identificar tendencias, vacíos de conocimiento y áreas prioritarias para futuras investigaciones. Para el caso de los humedales y sus servicios ecosistémicos, este análisis siguió los siguientes pasos:

Búsqueda de literatura en WoS para identificar artículos, tesis y reportes técnicos relacionados con humedales y servicios ecosistémicos.

Palabras clave "wetland functions" OR "wetland services" OR "wetland ecosystem services", donde "wetland ecosystem services" presento los resultados más relevantes y con mayor número de casos e investigaciones científicas, resaltando los beneficios que los humedales pueden proporcionar a la sociedad, su valoración económica y su clasificación como principal hábitat para la biodiversidad

Selección y filtrado La ecuación para la búsqueda incluyo todos los tipos de revista en un periodo de consulta desde el año 2000 al 2023, la fecha de búsqueda fue 15/05/2024

Interpretación de resultados: Discutir las tendencias encontradas, como el aumento de estudios sobre servicios de regulación hídrica y la escasez de investigaciones sobre servicios culturales. Proponer áreas prioritarias para futuras investigaciones, como la valoración económica integral del humedal Tierra Blanca.

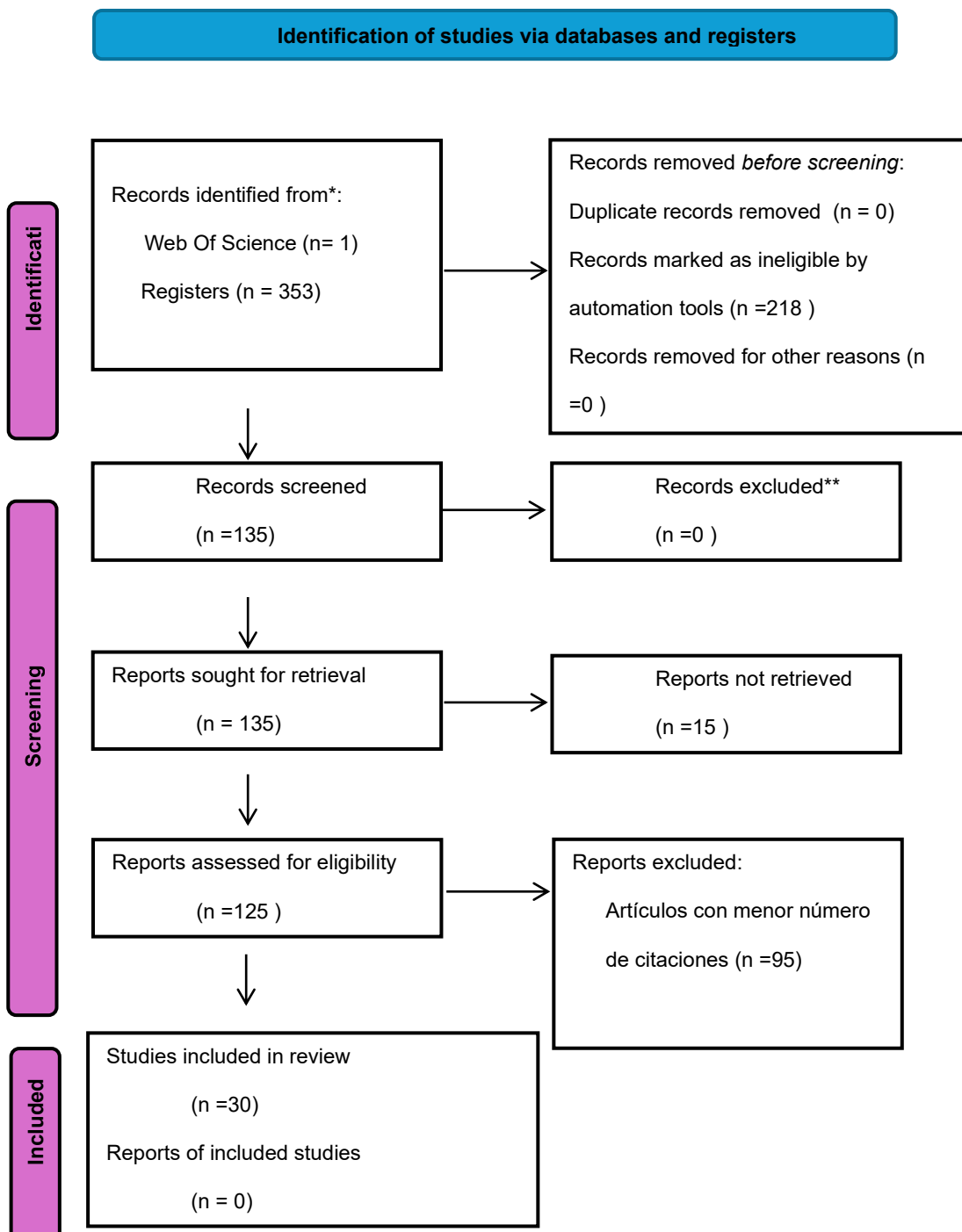
De esta base de datos se extrajeron los artículos con mayor número de citas en artículos científicos, lo que proporciona información de calidad y de alta relevancia.

La Metáfora del Árbol de la Ciencia en la Selección Documental

Para organizar la literatura académica con mayor relevancia sobre los servicios ecosistémicos de los humedales, se empleó la metáfora del *árbol de la ciencia* (Pérez-Tamayo, 2004) que permite clasificar los documentos según su influencia y temporalidad. Las raíces representan los cinco trabajos clásicos que sentaron las bases teóricas, como los de Costanza et al. (1997) sobre la valoración económica de los ecosistemas y Mitsch y Gosselink (2000) en la ecología de humedales. El tronco lo conforman cinco estudios estructurales que consolidaron el campo, entre ellos los de Zedler y Kercher (2005) sobre las funciones hidrológicas y la investigación de Smith et al. (2008) acerca de la biodiversidad en humedales urbanos. Las ramas incluyen quince aportes perspectivas recientes, como los análisis de Gardner et al. (2015) sobre políticas de conservación y los enfoques socioecológicos de Davidson (2018). Finalmente, las hojas simbolizan cinco investigaciones innovadoras (2020-2023), entre ellas los estudios de Remote Sensing aplicado a monitoreo de humedales (Wang et al., 2022) y la justicia ambiental en contextos urbanos (Aguilar-Gómez, 2023). Esta estructura jerárquica asegura un análisis integral, desde fundamentos históricos hasta tendencias emergentes.

Figura 2

Diagrama de flujo PRISMA para revisiones sistemáticas.



Nota, Diagrama de Flujo de PRISMA Adaptado de *PRISMA 2020 Flow Diagram for New Systematic Reviews*, por PRISMA Statement, 2020 (<https://www.prisma-statement.org/>). CC-BY.

Variables Bibliométricas

La principal variable que se tuvo en cuenta fue el número de citas en artículos y revistas científicas, entre otras variables, países, autores, universidad

Análisis bibliométrico

El análisis bibliométrico es una técnica cuantitativa que permite evaluar la producción científica sobre un tema, identificando autores, instituciones, países y redes de colaboración más influyentes. Para el caso de los humedales y sus servicios ecosistémicos, este análisis podría incluir:

Indicadores bibliométricos

Producción científica por año: Identifica el número de publicaciones anuales sobre humedales y servicios ecosistémicos. Por ejemplo, estudios como los de Costanza et al. (1997) y De Groot et al. (2012) han impulsado un aumento en la producción científica sobre este tema.

Autores e instituciones más productivas: y años de publicación. Esto en aras de tener una base bibliográfica con la información más relevante de autores e instituciones académicas que permitan ondear la base de esta monografía.

Revistas más influyentes: Identificar revistas científicas que publican frecuentemente sobre el tema

Redes de colaboración: Analizar las colaboraciones entre autores, instituciones y países.

Revistas más influyentes: Identificar revistas científicas que publican frecuentemente sobre el tema

Recopilación y Análisis de Datos Bibliométricos

Mediante los criterios de búsqueda en WoS , Topic (Titulo, abs, key), y mediante la herramienta de WoS ^analizar resultados^ para gestionar los indicadores bibliométricos que fueron plasmados en tablas, donde se reflejan los criterios de búsqueda, cantidad de artículos y el idioma en el que fue publicado, países con mayor número de publicaciones, los autores más importantes según su número de publicaciones citaciones y universidad de publicación y las revistas con la información de su cuartil, porcentaje, H-índex y país.

Fundamentación Conceptual del Eco Barómetro

El EcoBarómetro es una herramienta metodológica diseñada para evaluar las actitudes, percepciones y comportamientos ambientales de una comunidad. En este estudio, se aplicó a los residentes de la Comuna 1 de Soacha, zona de influencia del humedal Tierra Blanca, con el fin de analizar su relación con este ecosistema. Su estructura se organiza en cuatro dimensiones interrelacionadas:

Dimensión cognitiva: Evalúa el conocimiento y la percepción que las personas tienen sobre problemas ambientales (cambio climático, contaminación, etc.). Incluye preguntas sobre información factual y comprensión de causas y efectos.

Dimensión afectiva: Mide las emociones, valores y preocupaciones hacia el medio ambiente, basado en teorías como la *Biofilia* (Wilson, 1984)

Dimensión conativa: Analiza las intenciones y disposición a actuar de manera proambiental, relacionado con modelos como la *Teoría del Comportamiento Planificado* (Ajzen 1991)

Dimensión activa: Examina acciones concretas realizadas (ej., participación en actividades de conservación, hábitos sostenibles). Se inspira en escalas de comportamiento ecológico como las de Kaiser (1998) y Corral-Verdugo (2010).

Proceso de Diseño, Aplicación y Validación del Instrumento

Diseño del Instrumento

- Revisión teórica: Identificación de constructos basados en literatura sobre el humedal Tierra Blanca
- Elaboración de ítems: Redacción de preguntas para cada dimensión, usando escalas (muy importante, poco importante, bueno, regular malo)

Aplicación

- Muestreo: Selección de participantes representativos (focalizado).

Validación:

- Validez de constructo: Análisis factorial confirmatorio (CFA) para verificar estructura dimensional. (Byrne 2016)
- Confiabilidad: Cálculo de consistencia interna (Alfa de Cronbach > 0.70;. (Nunnally, J. C., & Bernstein, I. H. 1994)

El tipo de muestreo utilizado y perfil de los encuestados

- Muestreo no probabilístico por cuotas (accidental), zona aledaña al humedal.
- Criterios de inclusión: Mayores de 18 años, residentes en la región de estudio.

El tipo de análisis aplicado (análisis de frecuencias, cruces interpretativos y codificación cualitativa si aplica).

Análisis cuantitativo

- Estadística descriptiva: Frecuencias y porcentajes para hábitos ambientales

Resultados

Análisis Bibliométrico de los Documentos Recopilados

La búsqueda en WoS dio como resultado 353 artículos los cuales se clasificaron según la metáfora del árbol, que es una herramienta utilizada para explicar el proceso de construcción del conocimiento, inspirada en la idea de que el conocimiento, como un árbol, tiene raíces, tronco ramas hojas y frutos, que ayuda a organizar los artículos, de tal forma, que los ubicados en la raíz se basan en la literatura clásica, representando los fundamentos teóricos que sostienen la investigación, en el tronco se ubicaron los artículos más estructurales, es decir los conceptos claves teorías y principios de la investigación y en las hojas se ubicaron los artículos más actuales, las extensiones que permiten explorar nuevas áreas, que visualiza los clústeres y las investigaciones emergentes conectando con nuevos campos. (Valencia-Hernández et al. 2020) Para cada una de las herramientas del árbol se organizó la información de forma que la más relevante se identificó a través del número de citas, y se analizó cada artículo para determinar si aplicaba a la temática planteada. (Valencia-Hernández et al. 2020)

La información fue organizada en hojas de cálculo de un Excel donde la frecuencia de las distribuciones fue citas y autores, cada uno de los documentos se evaluó basándose en las palabras clave, título, resumen, principales hallazgos y total de número de citas, esta estructura permitió identificar la importancia de las funciones ambientales de los humedales y su valor económico. (Cerquera et al. 2024)

Se utilizó la herramienta eco barómetro para identificar la percepción de la comunidad hacia el humedal.

Indicadores de producción científica

La figura 3 muestra la relación entre el número de citas y las publicaciones generadas por año, evidenciando un incremento en la importancia hacia los servicios ecosistémicos de los humedales, desde el año 2017 avanzando de forma significativa hasta el 2022 aunque con descensos en los años 2019 y 2023.

Figura 3

Citaciones y publicaciones por año



Elaboración propia, basado en la metodología de *Cerquera et al.* (2024)

En los documentos analizados se destaca Estados Unidos como uno de los países que más investigaciones ha publicado, con 140 artículos, seguido por la república popular de china con 76, e Inglaterra con 30 publicaciones. La tabla 1 muestra el interés de los países en los servicios ecosistémicos y su porcentaje de publicaciones en relación con el total de artículos analizados.

Tabla 1*Interés de los países en los servicios ecosistémicos*

<i>No</i>	<i>País</i>	<i>Publicaciones</i>	<i>%</i>
1	USA	140	39.7%
2	PEOPLES R CHINA	76	21.5%
3	ENGLAND	30	8.5%
4	CANADA	29	8.2%
5	AUSTRALIA	18	5.1%
6	FRANCE	15	4.2%
7	NETHERLANDS	15	4.2%
8	SOUTH AFRICA	15	4.2%
9	INDIA	13	3.7%
10	SWEDEN	11	3.1%

Seguimos con los autores, tabla 2, con los más relevantes con respecto a las investigaciones de servicios ecosistémicos donde Smith Loren es el autor con mayor número de publicaciones, 7 en total y 4070 publicaciones lo que reitera la importancia de su artículo, seguido por Everard, Mark con igual número de publicaciones y menos citas con 2584 citas. En cuanto al H-index que la métrica que usa el impacto y la productividad de un investigador en función de sus publicaciones científicas y las citas que estas reciben. (Hirsch, 2005) Matthew Cohen tiene el índice H más alto (37) con solo 4 publicaciones, lo que

sugiere que sus trabajos son altamente influyentes y muy citados. Esto indica que el índice H no depende únicamente del número de publicaciones, sino también de la calidad e impacto de estas. Loren M. Smith tiene un alto número de citas (4070) y un índice H de 36, lo que refleja una combinación de productividad (7 publicaciones) y alto impacto en su campo.

Tabla 2

Autores más relevantes

No	Autor	Pu- blicaciones	Citacio- nes	Índice H
1	Smith, Loren M.	7	4070	36
2	Everard, Mark	7	2584	24
3	Jiang, Bo	6	1470	17
4	Euliss, Ned H.	5	2115	26
5	Rapinel, Sebastien	5	726	13
6	Cui, Lijuan	5	2615	26
7	Li, Wei	5	815	17
8	Hubert-Moy, Laurence	5	2014	24
9	Cohen, Matthew	4	4209	37
10	McLaughlin, Daniel L.	4	1648	22

En cuanto a las revistas más relevantes la tabla 3 nos muestra que WETLANDS es la revista con mayor número de citas, donde también se relaciona con **SJR** un valor numérico que

mide el impacto de una revista y el cuartil que mide el impacto de la revista dentro de su categoría (Scimago Lab, 2007). aunque tiene un alto número de publicaciones y un H-Index considerable, su SJR y cuartil (Q2) indican un impacto moderado, seguido por **ECOLOGICAL ENGINEERING**, una revista de alto impacto (Q1) con un SJR y H-Index elevados, lo que refleja su influencia en el campo de la ingeniería ecológica.

Tabla 3

Revistas más relevantes

No	Revistas	Pu- blicaciones	Por- centaje	Cuar- til	SJR	H- index
1	WETLANDS	33	9.3%	Q2	0.56	100
2	ECOLOGICAL ENGINEERING	14	4.0%	Q1	1.05	161
3	ECOLOGICAL INDICATORS	13	3.7%	Q1	1.63	183
4	ECOLOGICAL APPLICATIONS	12	3.4%	Q1	1.76	238
5	ECOSYSTEM SERVICES	12	3.4%	Q1	2.11	109
6	SUSTAINABILITY	12	3.4%	Q1	0.67	169
7	WETLANDS ECOLOGY AND MA- NAGEMENT	11	3.1%	Q2	0.46	77
8	ENVIRONMENTAL MANAGE- MENT	8	2.3%	Q1	0.83	142
9	SCIENCE OF THE TOTAL ENVI- RONMENT	8	2.3%	Q1	2	353
10	ECOLOGICAL ECONOMICS	7	2.0%	Q1	1.98	248

Análisis de red sistemático

En el análisis de red se identifican los artículos más relevantes en este caso para los servicios ecosistémicos de los humedales, para optimizar este análisis se utilizó la metáfora del árbol de la ciencia para la selección de los documentos con más relevancia, cinco clásicos (raíz), cinco estructurales (tronco), quince perspectivas (ramas) y cinco recientes (hojas).

Documentos Clásicos (Raíz)

Los artículos de investigación sobre los servicios ecosistémicos de los humedales y los artículos en esta revisión bibliográfica son los más destacados, es decir, se agrupan los artículos clasificados como altamente citados, que muestran disposiciones clásicas y dominantes. (Cerquera et al. 2024) Esta sección analiza cinco (6) artículos que se consideran dominantes.

Los servicios ecosistémicos y su valoración global se estimaron en un valor anual de aproximadamente **33 billones de dólares**, superando el PIB global de la época. (Constanza et al. 1997), este artículo sentó las bases para la valoración económica de los servicios ecosistémicos y destacó la importancia de conservar los ecosistemas para el bienestar humano. Los humedales contribuyen significativamente al valor económico global de los servicios ecosistémicos este artículo incluye a los humedales como uno de los ecosistemas más valiosos, destacando su papel en servicios como la regulación hídrica, la purificación del agua y el almacenamiento de carbono.

La clasificación y valoración de los servicios ecosistémicos requiere métodos estructurados, como mapas conceptuales, tipologías y matrices, que permiten vincular las funciones ecológicas con estrategias de valoración económica y ecológica. Según De Groot et al. (2010), las funciones ecosistémicas pueden organizarse jerárquicamente en cuatro categorías

principales, funciones de regulación en donde se mantiene los procesos naturales y se regulan las condiciones ambientales, funciones de hábitat que proporcionan refugio y condiciones adecuadas para la supervivencia de especies, funciones de producción proporcionan recursos naturales utilizados por los seres humanos y funciones de información o culturales que brindan beneficios no materiales como como valores estéticos y educativos.

Incorporar los servicios ecosistémicos en la planificación y toma de decisiones es un reto muy importante, debido a que hay humedales con casos muy críticos donde su vulnerabilidad y valor se ven determinados por la integración de políticas donde se discute la necesidad de proteger los humedales y su papel en la regulación hídrica, conflictos de uso donde se analizan los desafíos de la conservación de humedales como la agricultura y la urbanización y la valoración no económica donde se enfatiza la importancia de considerar valores culturales y sociales.(Daily et al. 2009)

Cuantificar la pérdida de los humedales a nivel global es viable tal cual lo menciona Davidson, (2014) donde menciona los aspectos sobre la pérdida de los humedales y sus implicaciones, Pérdida de regulación hídrica, la reducción de humedales ha disminuido su capacidad para controlar inundaciones y recargar acuíferos. Biodiversidad amenazada, la pérdida de hábitat ha llevado a la disminución de especies dependientes de humedales. Impacto climático, la degradación de humedales, especialmente turberas, ha liberado grandes cantidades de carbono almacenado. Consecuencias sociales: Comunidades que dependen de los humedales para recursos como pesca y agua potable han sido afectadas.

Documentos Estructurales (tronco)

Los humedales desempeñan un papel crucial en la regulación del ciclo hidrológico. Según Cohen et al. (2016) en "Do Geographically Isolated Wetlands Influence Landscape Functions", los humedales aislados, aunque pequeños, contribuyen significativamente a la regulación del flujo de agua, reduciendo el riesgo de inundaciones y recargando acuíferos. Además, McLaughlin and Cohen (2013) destacan que la capacidad de los humedales para almacenar y liberar agua de manera gradual es fundamental para mantener la estabilidad hidrológica en las cuencas.

Los humedales , funcionan como filtros naturales: estudios como el de Zedler y Kercher (2005) revelan que retienen entre 30-60% del nitrógeno y 20-40% del fósforo de escorrentías agrícolas, reduciendo costos de tratamiento de agua. Más allá de sus beneficios hidrológicos, albergan biodiversidad crítica; en humedales urbanos como los de Colombo (Sri Lanka) se han registrado más de 200 especies de aves migratorias (Russi et al., 2013). Además, los cambios en el valor de los servicios ecosistémicos de los humedales están fuertemente influenciados por factores socioeconómicos y políticos. Un estudio revelador en el noreste de China (Song et al. 2021) demostró que la expansión agrícola y el desarrollo urbano fueron los principales impulsores de la degradación de humedales entre 2000-2015, resultando en una pérdida del 23% de su área total. Este trabajo cuantificó cómo la conversión de humedales para uso agrícola redujo en un 35% su capacidad de regulación hídrica y en un 28% su potencial de purificación de agua.

Perspectivas Emergentes Sobre Humedales (clústeres)

El estudio de los humedales ha evolucionado significativamente en las últimas décadas, con enfoques interdisciplinarios que abordan aspectos metodológicos, ecológicos, hidrológicos y de políticas públicas. A continuación, se analizan los clústeres o ramas emergentes identificadas en la literatura reciente, resaltando las nuevas tendencias, metodologías y enfoques que están transformando la comprensión y gestión de estos ecosistemas.

Clúster 1: Metodología y Regulación

Este clúster se centra en el desarrollo de técnicas avanzadas y políticas para la conservación y gestión de humedales. Los estudios incluidos en este grupo destacan la importancia de herramientas como la teledetección y los sistemas de información geográfica (SIG), autores como Bartzen et al (2010) monitorean cambios en la cobertura y salud de los humedales. También se puede abordar la importancia de definir equivalencias hidrológicas a escala de paisaje para garantizar que las medidas de mitigación sean efectivas y que consideren la interconexión de humedales con otros ecosistemas. (Bedford, 1996). Otros estudios como el de Rebelo, Finlayson, and Nagabhatla (2009) sienta las bases para una tendencia emergente en la gestión de humedales, el desarrollo de políticas basadas en evidencia científica implementando enfoques de manejo adaptativo, que permiten ajustar las estrategias de conservación en función de los resultados del monitoreo. Otro ejemplo de regulación mediante técnicas avanzadas se encuentra en el artículo de Whigham (1999), que examina el proceso de mitigación de humedales y su impacto en la política de "no pérdida neta", destacando la necesidad de enfoques dinámicos y adaptativos.

Todas estas herramientas permiten identificar patrones de degradación y evaluar la efectividad de las medidas de conservación, así como la implementación de políticas ambientales para garantizar la protección de estos ecosistemas.

Clúster 2: Ecológico-biológico

Este clúster se enfoca en las interacciones ecológicas y biológicas que sustentan el funcionamiento de los humedales. Los estudios incluidos aquí exploran temas como la diversidad microbiana, las interacciones planta-microbio y los efectos de las prácticas humanas en estos ecosistemas.

El Uso de visualización de datos para comunicar hallazgos científicos de manera efectiva es cada vez más usado y una tendencia emergente donde se destaca la importancia de herramientas visuales para analizar datos ecológicos complejos (Wickham 2016). Por ejemplo, se puede utilizar para resaltar el papel de la diversidad microbiana en el mantenimiento de las funciones del suelo en humedales, dando un enfoque en microbiomas y su papel en los ciclos biogeoquímicos. (Wang et al. 2015)

Otro factor importante en la restauración ecológica es enfoque en procesos ecológicos clave, esta perspectiva es esencial para la conservación y restauración de humedales como el Tierra Blanca, ya que no solo mejora la efectividad de las acciones de restauración, sino que también promueve la sostenibilidad a largo plazo de estos ecosistemas críticos. Al integrar este enfoque, se pueden desarrollar estrategias más robustas y adaptativas que aseguren la recuperación de las funciones ecológicas y la biodiversidad de los humedales.

El estudio de Cheng, Zhang, and He (2019) resalta la importancia de un manejo sostenible de los recursos agrícolas para reducir la contaminación de los humedales, mientras que el estudio de Maron et al (2018) ofrece perspectivas para mejorar la funcionalidad del humedal a través de la restauración de procesos ecológicos clave. Al integrar estas perspectivas, se pueden desarrollar estrategias más efectivas y sostenibles para garantizar la preservación del humedal Tierra Blanca y sus servicios ecosistémicos.

Clúster 3: Hidrológico-avanzado

Este clúster se centra en el desarrollo y aplicación de modelos hidrológicos avanzados para mejorar la gestión integral de los humedales. Los estudios incluidos aquí abordan temas como la modelización de flujos de agua y energía, y la aplicación de herramientas computacionales para la gestión de recursos hídricos.

Una de estas herramientas se basa en el uso de modelos estadísticos complejos para análisis hidrológicos (Kuznetsova et al., 2017), presenta herramientas estadísticas avanzadas para analizar datos hidrológicos, útiles para estudios de humedales, por otro lado, la modelización a gran escala de humedales, propuesta por (Xia et al., 2012) examina modelos de flujos de agua y energía a escala continental, con aplicaciones para la gestión de humedales

Otra tendencia emergente en este clúster es la Integración de datos satelitales en modelos hidrológicos donde Gassman, Sadeghi, and Srinivasan (2014). Analiza el uso del modelo SWAT (Soil and Water Assessment Tool) para la gestión de cuencas hidrográficas y humedales, finalmente el desarrollo de modelos predictivos para anticipar impactos del cambio climático propone un nuevo modelo hidrológico para entender la dinámica de los humedales costeros este

estudio realizado por Martinez-Martinez et al. (2014) da una gran perspectiva para la recuperación de humedales costeros.

Cinco Recientes (hojas)

El uso de tecnologías como la teledetección y los sistemas de información geográfica (SIG) ha permitido un mejor inventario, mapeo y análisis de cambios en los humedales. Según Ozesmi y Bauer (2002) en "Remote Sensing and GIS for Wetland Inventory, Mapping and Change Analysis", estas herramientas son esenciales para monitorear la extensión y condición de los humedales, lo que facilita la planificación y gestión sostenible de estos ecosistemas. la restauración o creación de humedales debe considerar no solo las características locales, sino también su función dentro del sistema hidrológico más amplio. Esto asegura que los servicios ecosistémicos, como la regulación hídrica y la recarga de acuíferos, se mantengan a nivel de cuenca. Bedford (1996) Zedler (2000) en "Ecological Issues Related to Wetland Preservation, Restoration, Creation and Assessment" destaca que la restauración de humedales debe basarse en principios ecológicos sólidos para garantizar que los servicios ecosistémicos, como la purificación del agua y el hábitat para la biodiversidad, sean efectivamente restaurados. Además, enfatiza la importancia de monitorear los resultados de estas intervenciones para asegurar su éxito a largo plazo.

La política de **no pérdida neta** de humedales busca equilibrar la pérdida de humedales con su restauración o creación. **Robertson (2006)** en "*A Dynamic Analysis of the Wetland Mitigation Process and Its Effects on No Net Loss Policy*" analiza los desafíos de implementar esta política, destacando que la mitigación a menudo no logra compensar completamente la

pérdida de servicios ecosistémicos. Esto se debe a que los humedales creados o restaurados pueden no replicar completamente las funciones de los humedales naturales, especialmente en términos de biodiversidad y regulación hídrica.

El árbol de la ciencia proporciona un marco integral para abordar la problemática ambiental del Humedal Tierra Blanca. Desde los documentos clásicos que fundamentan su valoración económica, hasta las perspectivas emergentes que ofrecen herramientas innovadoras para su gestión, este enfoque permite diseñar estrategias efectivas y sostenibles.

Desde los documentos raíz y analizando la situación del humedal Tierra Blanca se puede tener en cuenta las siguientes estrategias realizar la valoración económica de los servicios ecosistémicos: para cuantificar los beneficios económicos que este humedal proporciona, como la regulación hídrica, la purificación del agua y el almacenamiento de carbono. Esto puede justificar inversiones en su conservación y restauración.

Clasificar las funciones ecosistémicas del humedal Tierra Blanca facilita la identificación y valoración de los servicios que ofrece el humedal, como su papel en la regulación de inundaciones y la provisión de hábitat para especies en peligro.

Integración de servicios ecosistémicos en la planificación resalta la importancia de integrar la conservación del humedal en los planes de ordenamiento territorial y desarrollo urbano del municipio de Soacha.

Los documentos estructurales son esenciales para diseñar estrategias de gestión basadas en procesos ecológicos clave, mediante la Regulación hídrica en humedales aislados Resalta su papel en la reducción del riesgo de inundaciones en zonas urbanas aledañas.

Identificar las funciones hidrológicas de los humedales justifica la necesidad de restaurar su capacidad de almacenamiento de agua para mitigar inundaciones y resalta su valor como espacio de esparcimiento y educación ambiental para la comunidad local.

Eco barómetro percepción de la comunidad sobre el humedal Tierra Blanca

Ficha técnica

Ámbito: Comunidad aledaña al humedal Tierra Blanca

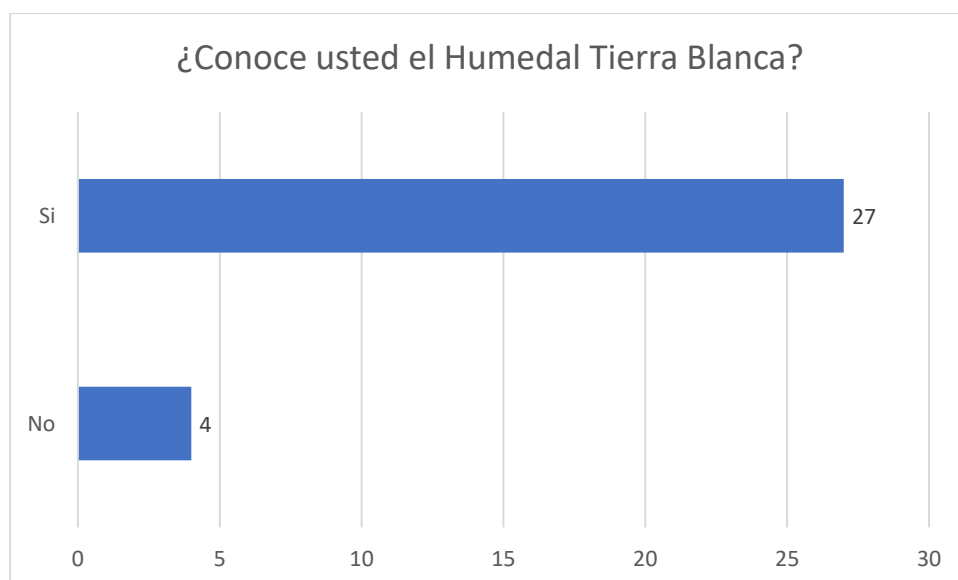
Universo: líderes y líderes comunitarias de las JAC aledañas al humedal

Muestra: 31 líderes comunitarios encuestados mediante un formulario virtual y compartido a través de canales como WhatsApp y correo electrónico.

Metodología: Presentación de forma presencial de la encuesta y explicación de su objetivo a los diferentes líderes de las JAC aledañas al humedal aplicada desde septiembre 1 a noviembre 15.

Figura 4

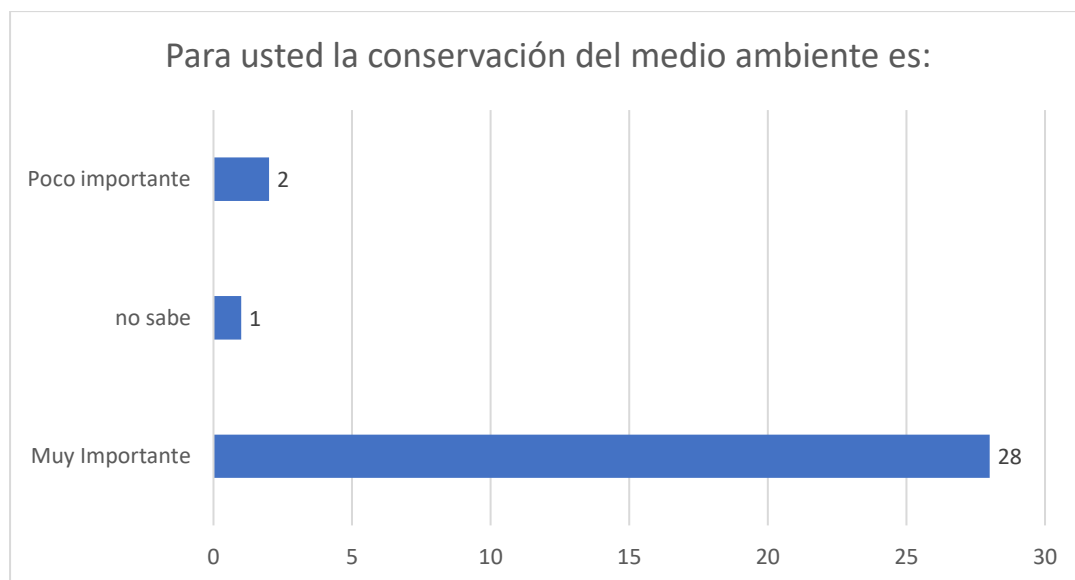
Conocimiento de la comunidad sobre la presencia Humedal Tierra Blanca



En los resultados de la figura 4 la mayoría de los encuestados 87,1% presentan conocimiento sobre el humedal Tierra Blanca, aunque el 12.9 % dice no conocer el humedal, en este contexto puede que lo confundan con otro tipo de cuerpo de agua, esto describe la falta de conocimiento hacia los ecosistemas de importancia dentro de su territorio a pesar de que desde el 2006 este humedal fue declarado por la CAR como Reserva Hídrica y la administración municipal ha reconocido la importancia del humedal estableciendo planes y programas para su conservación.(Alcaldía de Soacha 2018)

Figura 5

Percepción ambiental por parte de la comunidad en zona de influencia.

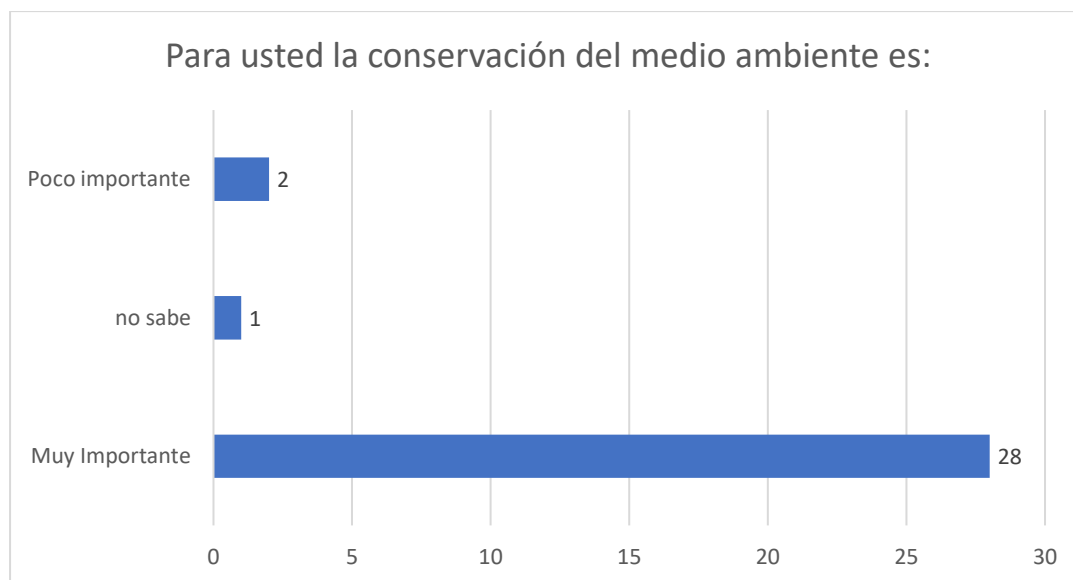


La mayoría de la comunidad percibe, según la figura 5, una amplia preocupación por el estado del humedal. Su principal preocupación ambiental es la degradación del humedal con un porcentaje de 35.5% , seguido de la pérdida de la biodiversidad con 32.3% y un amplio porcentaje se preocupa por la educación ambiental 19.4%, finalmente, la minoría se preocupa por el cambio climático con un 12,9%. Con respecto a esto la administración municipal ha reconocido la importancia del humedal Tierra Blanca como una prioridad para la conservación y lo establece en el plan de ordenamiento territorial de Soacha 2018 – 2035. (Alcaldía de Soacha 2018)

Figura 6

Importancia de la Conservación del medio ambiente en la comunidad aledaña al Humedal

Tierra Blanca

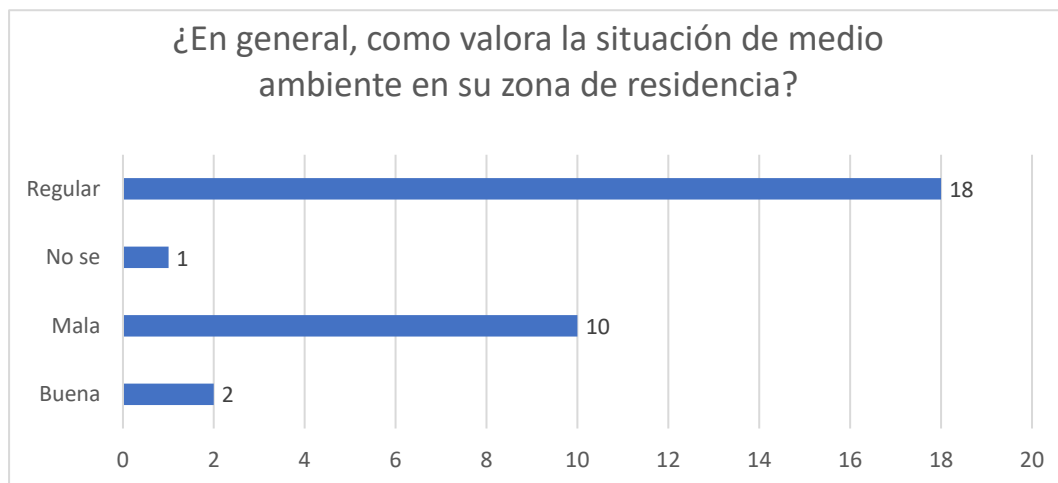


La figura 6 demuestra que gran parte de la comunidad 93,3%, percibe muy importante la conservación del medio ambiente, mientras que el 6,7% no se preocupa por su conservación, este resultado difiere de un estudio hecho por la Alcaldía de Soacha en 2018, donde encontró que solo el 12% de la población encuestada sabía sobre la importancia del humedal para la regulación del ciclo del agua y la biodiversidad. Otro estudio realizado por la CAR en 2019 encontró que solo el 20% de la población encuestada consideraba que era un lugar importante para la conservación del medio ambiente. ((Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca [CAR] 2004)

Estos tres ejemplos que incluyen esta monografía demuestran que, a mayor paso del tiempo, crece la importancia de la conservación del humedal Tierra Blanca por parte de la comunidad.

Figura 7

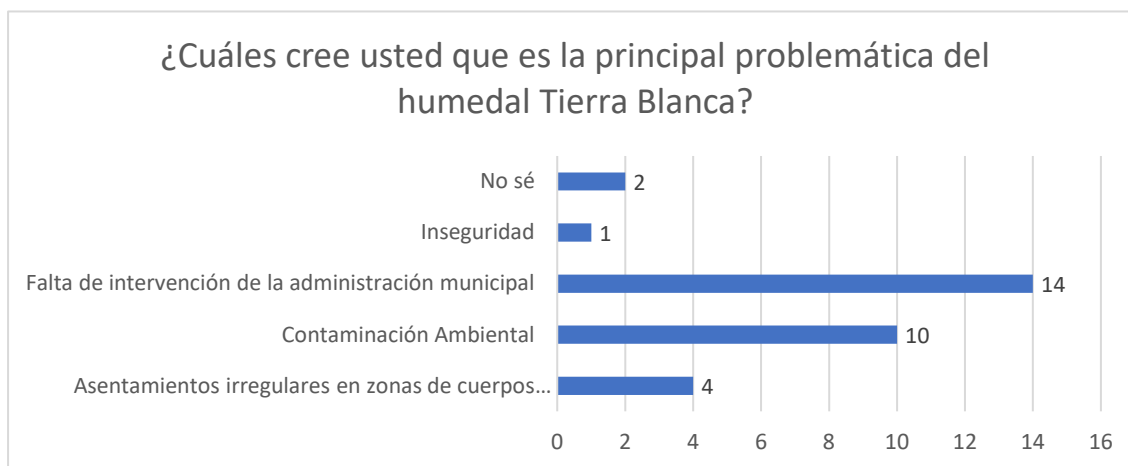
Valoración del medio ambiental en la comunidad aledaña al Humedal Tierra Blanca



La percepción de la comunidad en la figura 7, muestra que la situación actual con relación al medio ambiente es regular con un porcentaje de 58,1% mientras que el 32,3 % percibe que la situación es mala, una persona representando 3,2 % no sabe mientras que otra parte 6,5% afirma que es buena. En conclusión, la comunidad aledaña al humedal Tierra Blanca tiene una percepción mixta del medio ambiente. Por un lado, algunos valoran el humedal como un lugar importante para la recreación y la biodiversidad, por otro lado, otra parte de la comunidad lo asocia como un lugar contaminado y no como un recurso valioso. (Gómez 2017)

Figura 8

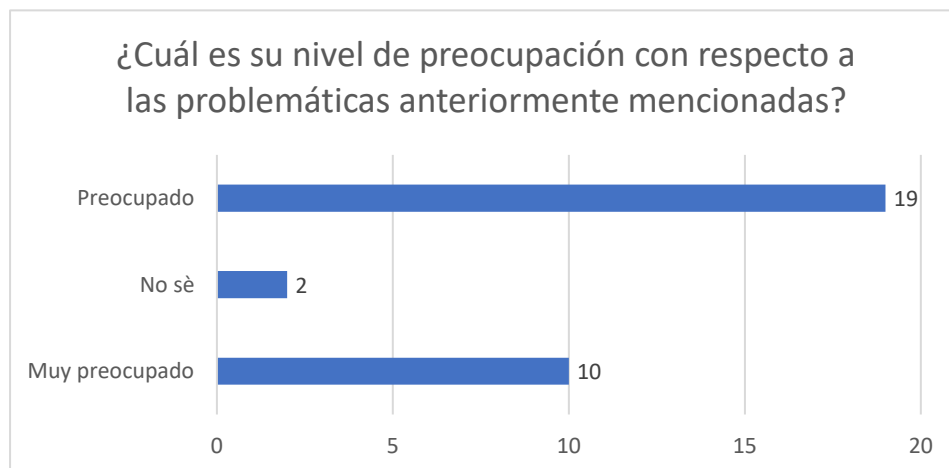
Percepción de la comunidad sobre problemáticas en el Humedal Tierra Blanca.



El 42.2% de la comunidad, según la figura 8, está de acuerdo en que la problemática principal es la falta de intervención de la administración municipal, seguido de la contaminación ambiental que se presenta en el humedal con un 32,3 %, el 12,9% opinan que los asentamientos irregulares en zonas de cuerpos hídricos es la principal problemática del humedal, mientras que la minoría percibe que la inseguridad es el principal problema. La contaminación del agua es un problema grave del humedal, según (Hernandez, Gomez, and Rodriguez 2008), sea detectado la presencia de sustancias químicas y patógenas en el agua, esto ha llevado a la comunidad a preocuparse por la salud y bienestar de los habitantes y visitantes. Colombia establece que los humedales son ecosistemas importantes que deben ser protegidos y conservados según la ley 1450 de 2011, y la comunidad percibe que esta normatividad no es efectiva.

Figura 9

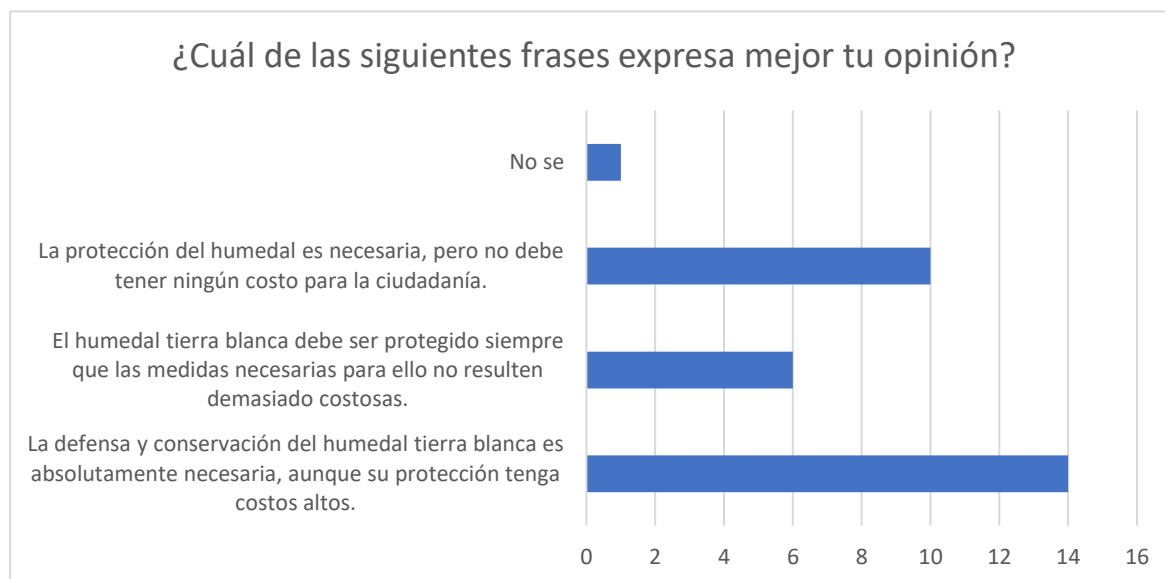
Nivel de preocupación de la comunidad aledaña al humedal Tierra Blanca



La figura 8, muestra la preocupación de la comunidad, el 61,3% coincide que está intranquilo por las problemáticas mencionadas anteriormente, el 32,3% de la comunidad se encuentra muy preocupado y el 6,5% no sabe. La comunidad tiene razones para estar preocupada debido a que este ecosistema a estado sometido a una gran presión por la expansión urbana, según un análisis histórico (Alcaldía de Soacha 2018), en las últimas tres décadas la zona ha experimentado una degradación significativa a causa de la falta de un adecuado ordenamiento territorial. Debido a esto, la alcaldía Municipal integro al Humedal Tierra Blanca en el Plan de Ordenamiento Territorial (2018 – 2035), como una prioridad para la conservación del medio ambiente y la regulación del ciclo del agua.

Figura 10

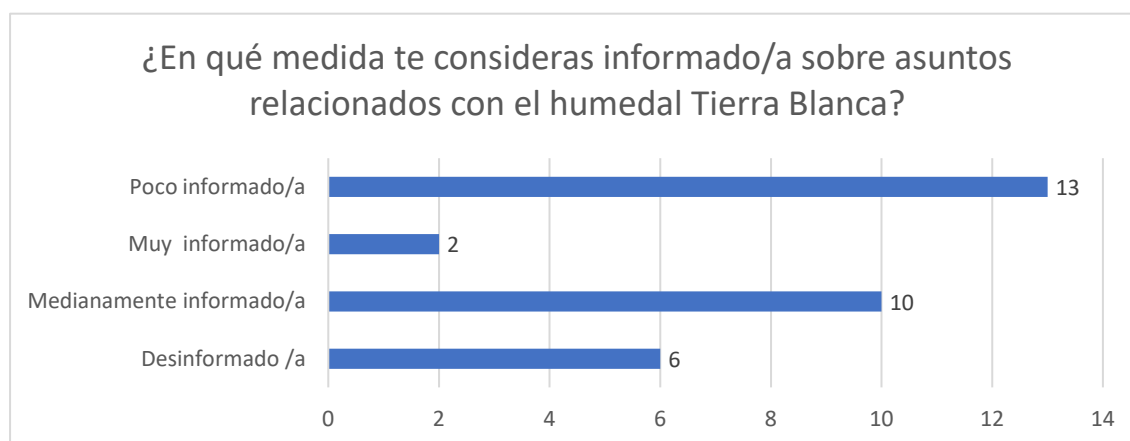
Opinión de la comunidad aledaña sobre el Humedal de Tierra Blanca.



El 45,2% de la población, según la figura 10, opina que la defensa y conservación del humedal es importante sin importar que sea costoso, otro porcentaje alto 32,3% manifiesta que la protección del humedal es necesaria pero no debe tener costo para la ciudadanía, el 19,4 % opina que el humedal debe ser protegido, pero no puede ser costoso y la minoría 3,2% no sabe. La valoración económica del humedal Tierra Blanca para la comunidad es baja. No tienen una comprensión clara del valor económico y no hay incentivos para proteger y conservar este recurso (Uribe. 2019), un informe de la Contraloría General de la República encontró que la administración municipal no ha asignado suficientes recursos para la conservación del humedal, y que la falta de coordinación entre las entidades gubernamentales ha impedido la implementación efectiva de los planes y programas asignados para este humedal. (Contraloría General de la República 2020)

Figura 11

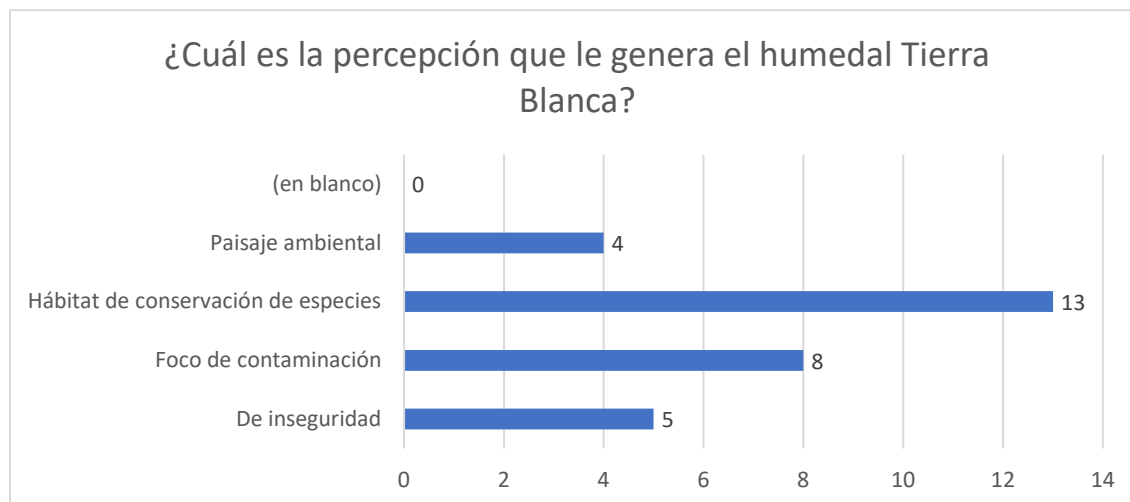
Percepción de la comunidad sobre la información que recibe del Humedal Tierra Blanca



Una gran parte de la comunidad como se muestra en la figura 11, se siente poco informado 41,9%, el 32,3% esta medianamente informado, el 19,4 % se siente desinformado y la minoría 6,4% muy informado. La comunidad tiene acceso limitado a la información, según (Gómez, 2017) esta información no es clara y no siempre precisa, lo que se relaciona con la falta de cumplimiento de la normatividad vigente, la ley 1450 de 2011 conocida como ley de ordenamiento territorial, establece que las comunidades deben tener acceso a información clara y precisa sobre los proyectos y actividades que se llevan a cabo en sus territorios. Por ello la comunidad aledaña al humedal Tierra Blanca considera que no tiene acceso a información suficiente u oportuna sobre las actividades que se llevan a cabo en el humedal.

Figura 12

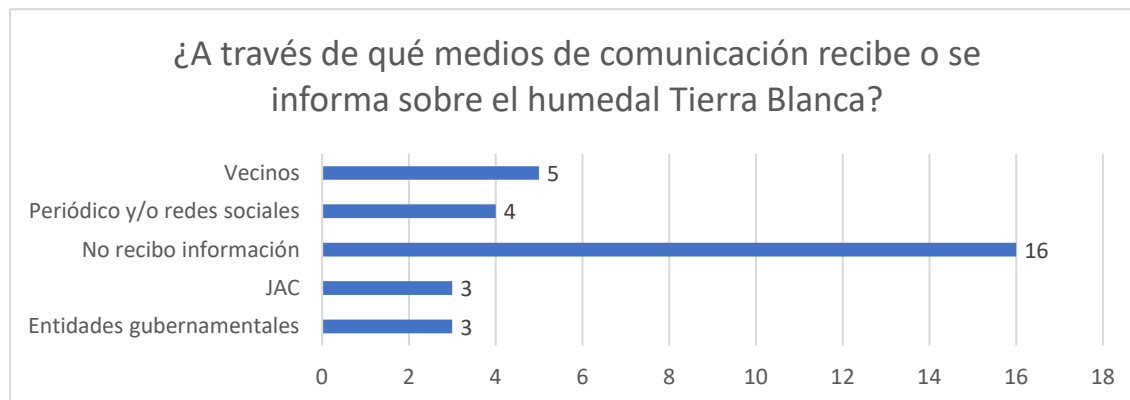
Percepción de la comunidad respecto al humedal



El 26,6% de la población siente que es un foco de contaminación, el 43,4% lo percibe como un hábitat de conservación, el 16,7% un foco de inseguridad y la minoría 13,3% lo siente como paisaje ambiental. La percepción de la comunidad según la figura 12, es un tema complejo, en el estudio realizado por Gomez et al. (2017), la comunidad percibe que el humedal es un lugar importante para la recreación y la conservación de la biodiversidad, sin embargo, consideran que el humedal también está siendo degradado por la contaminación, la deforestación y la falta de manejo sostenible (Hernandez, Gomez, and Rodriguez 2008). La ley 1333 de 2009 establece que los humedales deben ser protegidos y conservados para mantener su biodiversidad y función ecológica, pese a esto la comunidad siente que no se aplica la normatividad.

Figura 13

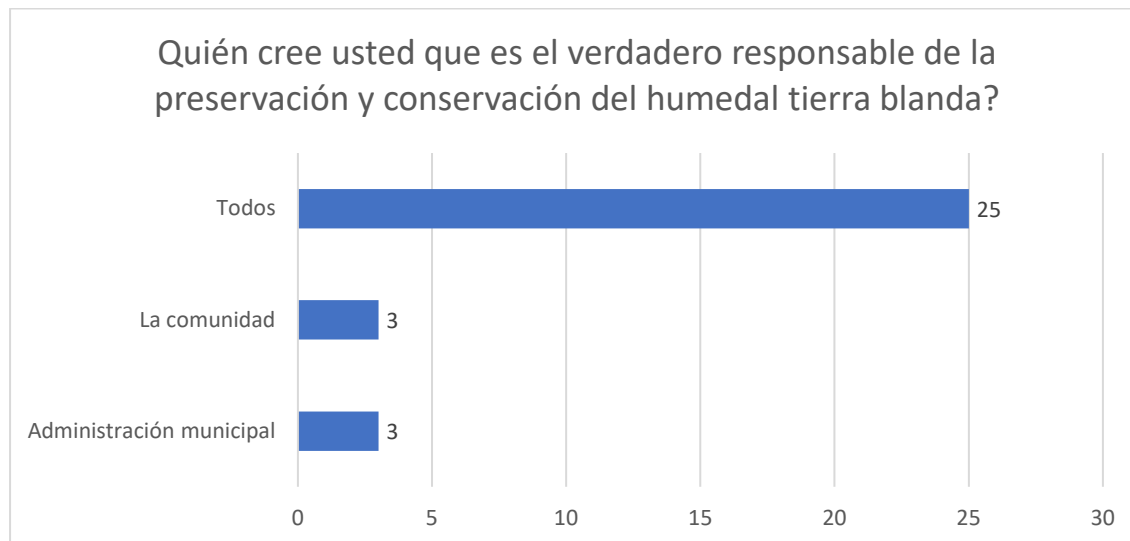
Medios informativos para la comunidad



La figura 13 tiene como resultado que el 51,6% considera que no recibe información, el 16,1% recibe información a través de sus vecinos, el 12,9% lee la información en periódicos o redes sociales y se presentan dos porcentajes con el 9,7% donde manifiestan que reciben la información por medio de la Juntas de Acción Comunal y entidades gubernamentales. El estudio realizado por Gómez, Hernández , & Rodríguez , (2017) establece que la comunidad se siente mal informada debido a la falta de educación ambiental y conciencia sobre la importancia de los humedales, de acuerdo con la ley 1712 de 2014 las autoridades ambientales deben proporcionar información clara y precisa sobre los humedales y sus características, cuya responsabilidad está bajo la administración municipal.

Figura 14

Quién es el verdadero responsable del Humedal Tierra Blanca según la comunidad

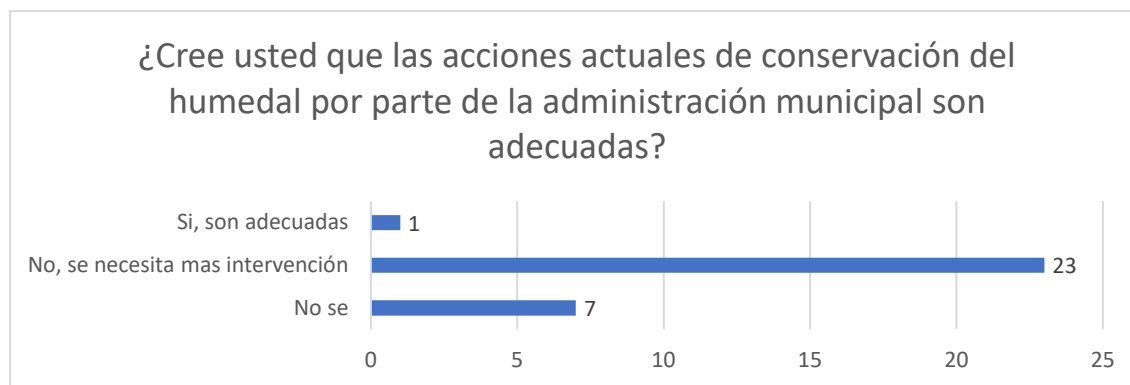


La figura 14 demuestra que la comunidad siente que todos los actores involucrados son los responsables del humedal con el 80,6% , el 9,7% de la población percibe que la comunidad es el principal responsable y el otro 9,7% percibe que el responsable es la administración municipal. En conclusión, la comunidad siente que todos son actores responsables, según el estudio de (Gómez, Hernández , & Rodríguez , 2017) el verdadero responsable de la preservación y conservación del humedal Tierra Blanca es el municipio de Soacha, especialmente la secretaria de Ambiente y la CAR. Analizando la respuesta de la comunidad se encuentra esta normatividad que respalda su percepción, ley 1450 de 2011 establece la responsabilidad de los municipios en la protección y conservación de los ecosistemas de su jurisdicción , la ley 99 de 1993 establece que las corporaciones autónomas regionales son las responsables de la gestión y administración de los recursos naturales de su jurisdicción y la ley 1551 de 1012 considera que la participación ciudadana es un derecho fundamental de la ciudadanía y los municipios deben garantizar la

participación de la comunidad en toma de decisiones sobre la gestión del medio ambiente en sus territorios.

Figura 15

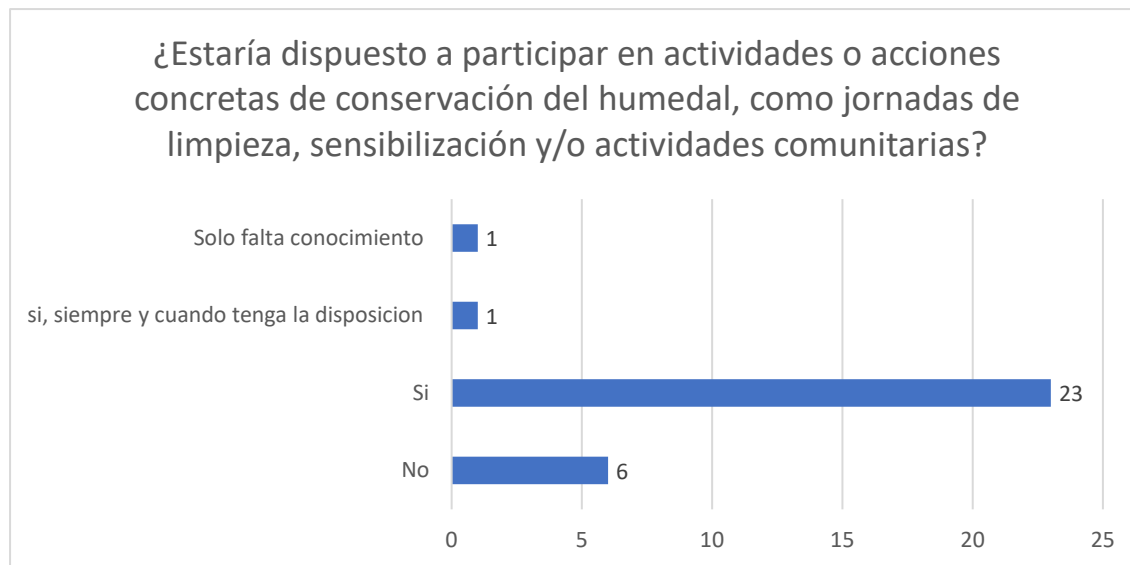
¿Las acciones actuales son suficientes para la conservación del humedal?



La figura 15 demuestra que el 76.7% de la población está de acuerdo en que no son suficientes las medidas y se necesita más intervención, el 20% no sabe, y una minoría 3,3% dice que si son suficientes las medidas actuales. Un estudio de la contraloría respalda la percepción de la comunidad, donde se evidencio que la Alcaldía de Soacha no ha destinado el presupuesto suficiente para la intervención adecuada de planes y programas para la conservación y protección del Humedal Tierra Blanca. (Contraloria General de la Republica, 2020)

Figura 16

¿Qué tan dispuesta esta la comunidad de participar en acciones en beneficio del humedal?



La mayor parte de la comunidad 74,2% si está dispuesto a participar en acciones que beneficien el humedal, el 16,1% no está dispuesto, el 3,2% siente que falta conocimiento y otro 3,2% dice que si participaría siempre y cuando tenga la disposición. En resumen, la figura 16, demuestra la disposición de participación de la comunidad, según Hernández, Gomez, & Rodríguez (2017) la comunidad considera que la información que recibe del humedal es contradictoria y no siempre objetiva lo que ha llevado a cuestionar la credibilidad de las fuentes de información y sentirse confundida, esto lo podemos relacionar con el porcentaje que no estaría dispuesto a participar. En cuanto a la participación ciudadana la comunidad considera que no tiene oportunidades suficientes para participar en la toma de decisiones sobre el humedal lo que se relaciona con la falta de cumplimiento de la normatividad vigente en materia de participación ciudadana establecida en la ley 1551 de 2012.

Análisis Eco barómetro

La mayoría de la comunidad encuestada se declara mal informada, pero esté dispuesta a participar en acciones de conservación, los estudios clásicos como Constanza, (1997) y de Groot et al., (2010) destacan que, aunque las comunidades pueden no comprender los detalles técnicos de los servicios ecosistémicos (como regulación hídrica o biodiversidad), sí perciben su valor práctico (ej. agua limpia, prevención de inundaciones). Se puede encontrar en esta contradicción una oportunidad de mejora que combine la educación ambiental (Gomez 2017) con herramientas tecnológicas (Rebelo, Finlayson, and Nagabhatla 2009) y participación ciudadana (Ley 1551 de 2012) lo que ayudaría a transformar la motivación actual en conservación efectiva.

La percepción de la comunidad sobre la responsabilidad compartida enfatiza la falta de claridad sobre cómo ejercerla, esto tiene implicaciones críticas para la gestión del Humedal Tierra Blanca, tanto positivas como negativas. Dentro de las implicaciones positivas se encuentra el reconocimiento de que *todos son responsables* (comunidad, administración municipal, CAR); esto podría facilitar modelos de gobernanza policéntrica, donde múltiples actores cooperan bajo roles definidos, por ejemplo, si la comunidad asume su corresponsabilidad, podría organizarse para monitorear contaminación con herramientas del clúster metodológico como: SIG o teledetección ciudadana.

Esto abre puertas a programas de capacitación y empoderamiento, como los propuestos en el clúster ecológico-biológico (Wang et al. 2015), donde la ciencia ciudadana puede fortalecer la conservación.

Las implicaciones negativas se centran en el riesgo de inacción por difusión de responsabilidad, la psicología social muestra que, cuando la responsabilidad se percibe como

compartida pero no asignada, surge el efecto espectador: nadie actúa porque asume que otro lo hará, similar a lo señalado por Contraloría, 2020 sobre la falta de coordinación entre entidades, por ejemplo, el 42.2% critica la inacción municipal, pero si la comunidad tampoco actúa, se perpetúa el círculo vicioso de degradación.

Zedler and Kerche (2005) destacan que la gestión efectiva requiere claridad en las funciones, lo cual en el humedal Tierra Blanca se aplicaría de la siguiente manera

- *Municipio*: Ordenamiento territorial y financiamiento (ej. incluir el humedal en POT con metas claras).
- *CAR*: Monitoreo técnico y cumplimiento normativo.
- *Comunidad*: Vigilancia y acciones locales (ej. reforestación, educación ambiental).

Usar metodologías del clúster hidrológico-avanzado (modelos predictivos, Arnold et al., 2012) para mostrar impactos concretos de la participación.

Actualmente existe una brecha entre el valor simbólico que la comunidad le asigna al humedal y el conocimiento real sobre sus funciones ecosistémicas, según la encuesta, la comunidad da al humedal un alto valor simbólico con un conocimiento limitado sobre funciones ecosistémicas, esta brecha refleja una valoración afectiva o intuitiva frente a un desconocimiento técnico, pero se puede sobrellevar la clave está en traducir el lenguaje técnico a beneficios tangibles, como usar infografías basadas en datos del clúster hidrológico-avanzado. modelos SWAT Gassman, (2014), para mostrar como el humedal reduce inundaciones. Instrumentalizar la disposición participativa con herramientas sencillas, como plataformas digitales con información en lenguaje sencillo (cumpliendo Ley 1712 de 2014). Institucionalizar el conocimiento local en

la toma de decisiones, como señala Daily et al. (2009), la conservación requiere que las comunidades no solo "*quieran*" proteger, sino que "*sepan por qué y cómo*". En Tierra Blanca, esto significa convertir la preocupación abstracta en acción informada.

Matriz de criterios

Tabla 4

Matriz de Criterios Humedal Tierra Blanca

Funciones eco-sistémicas / Problemáticas Diagnosticadas	Regulación hídrica	Purificación del agua	Hábitat biodiversidad	Regulación térmica	Valor cultural/recreativo
Contaminación del agua	Impacto: Reduce capacidad de almacenamiento y recarga. Actores: CAR, industrias, comunidad. Solución: Monitoreo	Sobrecarga de nutrientes (eutrofización). Actores: Agricultores, municipio. Solución: mantenimiento del	Impacto: Mortandad de peces y aves. Actores: Comunidad, CAR. Solución: Restauración de riberas con plantas nativas (Wagg et al., 2014).	Impacto: Calor por algas tóxicas. Actores: Agricultores, municipio, CAR. Solución: Reforestación de riberas para sombra.	Impacto: Pérdida de atractivo turístico. Actores: JAC, CAR, comunidad. Solución: Rutas ecoturísticas con cartelería

	con sensores (Ozesmi & Bauer, 2002) y educación sobre químicos prohibidos (Hernández et al., 2018).	humedal mediante remoción de sedimentos, control de crecimiento de planta y monitoreo de la calidad del agua.			educativa (Russi et al., 2013).
Asentamientos irregulares	Impacto: Alteración del flujo hídrico. Actores: Alcaldía, invasores. Solución: Reubicación con incentivos y zonificación en POT (Ley 1450 de 2011).	Impacto: Vertimiento de aguas residuales. Actores: Plastiqueras informales, comunidad sin servicio de alcantarillado, Alcaldía Solución:	Impacto: Fragmentación del hábitat. Actores: CAR, Administración municipal. Solución: Corredores ecológicos (Mitsch & Gosselink, 2015)	Impacto: Aumento de temperatura local. Actores: JAC, comunidad aledaña Solución: reubicación y aplicación de barreras vegetales	Impacto: Conflictos por uso del suelo. Actores: JAC, CAR y administración municipal Solución: Talleres de concienciación (Daily et al., 2009).

		Sistemas de tratamiento descentralizados (Ghermandi et al., 2010).			
	Impacto: Inundaciones recurrentes. Actores: Secretaría de Ambiente. Solución: Modelos hidrológicos (Xia et al., 2012) para priorizar obras.	Impacto: Acumulación de sedimentos. Actores: CAR. Solución: Dragados ecológicos (Bedford, 1996).	Impacto: Especies invasoras. Actores: CAR. Solución: Programas de control biológico (Zhang et al., 2020).	Impacto: Microclima más extremo. Solución: Red de estaciones meteorológicas comunitarias.	Impacto: Desinterés comunitario. Actores: Medios locales, comunidad Solución: difusión de información documental sobre el humedal (Ley 1712 de 2014).

			Impacto: Extinción local	
	Impacto: Menos	Impacto: Menos	de fauna. Actores:	Impacto: Pérdida de
	retención de agua por	oxigenación del	Comunidad, CAR,	identidad cultural.
	deforestación.	agua. Actores: CAR,	administración	Actores: Líderes locales.
Pérdida de	Actores: Comunidad.	comunidad.	municipal.	Solución: promover
biodiversidad	Solución: Pagos por	Solución:	Solución: Sensibilizar	actividades e iniciativas
	servicios ambientales	Reintroducción de	sobre la importancia de	ecoturísticas en torno al
	(Constanza, 1997).	especies nativas	la biodiversidad, control	humedal Tierra Blanca.
		(Zedler, 2000).	y eliminación de especies	
			invasoras.	

Nota: Funciones ambientales del humedal Tierra Blanca, su relación con las problemáticas vigentes y posible solución

Matriz de Priorización de Medidas para el Humedal Tierra Blanca

Tabla 5

Matriz de Priorización de Medidas para el Humedal Tierra Blanca

Criterio	Descripción	Peso (1-5)
Efectividad	Grado en que la medida reduce el impacto climático identificado.	5
Costo eficiencia	Relación entre beneficios ambientales y costos económicos.	4
Participación comunitaria	Importancia que la comunidad le da al humedal	5
Servicios de regulación	Beneficios adicionales en otras funciones ecosistémicas y funciones naturales que controlan procesos	4
Alineación normativa	Cumplimiento con leyes nacionales/locales (ej.: Ley 99 de 1993, POT Soacha).	4
Urgencia	Rapidez de implementación y duración de los resultados.	3

Nota: Matriz basada en el Método de Análisis Multicriterio (Murillo et al., 2021)

Cálculo del Puntaje Total y Priorización

Fórmula: Suma de (Puntuación × Peso del criterio) para cada solución.

Umbrales:

25-30 puntos: (Prioridad máxima)

18-24 puntos: (Prioridad media)

<18 puntos: (Prioridad baja)

Prioridad Máxima

Mantenimiento del humedal y corredores riparios según la tabla 6 destacan por su alta efectividad, participación comunitaria y servicios ecosistémicos. Ambas soluciones superan el umbral, siendo críticas para la conservación y mitigación climática.

Prioridad Media

Modelos hidrológicos y reubicación de asentamientos tienen puntajes intermedios, requieren ajustes en costos o participación social.

Se debe dar importancia primero a las soluciones de prioridad máxima para asegurar la integridad del humedal y fortalecer la articulación con la comunidad y normativas locales en las soluciones de prioridad media.

Matriz de priorización

Tabla 6

Resultados Matriz de Priorización

Problemática	Solución propuesta	Efectividad (5)	Costo beneficio (4)	Participación ciudadana (5)	Servicios de regulación (4)	Alineación normativa (4)	Urgencia (3)	Puntaje Total	Prioridad
Contaminación del agua	Mantenimiento del humedal mediante remoción de sedimentos, control de crecimiento de planta y monitoreo de la calidad del agua.	4	2	5	5 (biodiversidad + regulación hídrica)	4	5	25	Máxima

	Reubicación				3				
Asentamientos irregulares	con incentivos y zonificación en POT	5	2	3	(térmica + paisaje)	3	4	20	Media
Falta de intervención municipal	Modelos hidrológicos (Xia et al., 2012) para priorizar obras.	3	3	4	(educación + cultura)	4	4	22	Media
Perdida de la biodiversidad	Corredores riparios con especies nativas	4	4	5	(hábitat + regulación térmica)	4	5	27	Máxima

Nota: Los puntajes totales se calcularon multiplicando cada puntuación por el peso del criterio y sumando los resultados

Discusión

Análisis correlacional entre la percepción comunitaria y la revisión sistemática

Este análisis se basa en establecer conexiones temáticas y conceptuales entre los hallazgos de la encuesta y la información recopilada de los artículos científicos donde se evidencia lo siguiente:

La comunidad del humedal Tierra Blanca no posee los conocimientos suficientes sobre este ecosistema, en "Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making" se destaca la importancia a de integrar los servicios ecosistémicos en la planificación territorial. refleja una desconexión entre la comunidad y los servicios ecosistémicos que este proporciona (por ejemplo, regulación hídrica y biodiversidad). (R. S. de Groot et al. 2010)

La pérdida de humedales afecta los servicios ecosistémicos, debido a la urbanización, la agricultura y el cambio climático. La preocupación de la comunidad por la degradación del humedal Tierra Blanca se alinea con estas tendencias globales, según Davidson, (2014) utilizar datos históricos y de percepción remota puede demostrar cómo ha cambiado el humedal a lo largo del tiempo, reforzando la necesidad de acciones de conservación.

Otro de los hallazgos es la importancia de la conservación del medio ambiente para la comunidad del humedal Tierra Blanca y cómo las funciones hidrológicas de los humedales varían según su estado ecológico. La valoración de la comunidad sobre la conservación se alinea con la importancia de mantener estas funciones para la regulación del agua, McLaughlin & Cohen, (2013) en su análisis desarrolla proyectos

que restauran las funciones hidrológicas del humedal, como la recarga de acuíferos y la mitigación de inundaciones lo que puede ser un ejemplo de aplicación. Las mayores problemáticas que percibe la comunidad del humedal Tierra Blanca son la contaminación y la falta de intervención municipal, Cohen et al.(2013) destaca el papel de los humedales aislados en el funcionamiento del paisaje. La falta de intervención en el Humedal Tierra Blanca podría estar afectando su capacidad para proporcionar servicios ecosistémicos, y da un ejemplo de cómo se puede establecer un plan de gestión integral que incluya la participación de la comunidad y las autoridades locales, adicional a ello Rebelo, Finlayson, and Nagabhatla (2009) propone el uso de tecnologías como la percepción remota y los SIG para monitorear cambios en los humedales. Estas herramientas podrían utilizarse para identificar fuentes de contaminación y áreas degradadas en el Humedal Tierra Blanca.

En cuanto a la información y participación Bedford (1996), enfatiza la importancia de la participación comunitaria en la gestión de humedales. La disposición de la comunidad a participar se alinea con este enfoque y se podría complementar con Rapid Assessment of Wetland Ecosystem Services (RAWES) donde incluye la participación de la comunidad en la evaluación de los servicios ecosistémicos, lo que podría aumentar la transparencia y la confianza en la información.

Un gran debate ha sido la responsabilidad del humedal Tierra Blanca, R. S. de Groot et al. (2010) resalta en su artículo la necesidad de una gestión colaborativa entre múltiples actores.

Finalmente, una de las mayores preocupaciones de la comunidad es establecer acciones de conservación efectivas, Costanza et al (2014) muestra cómo la restauración puede mejorar los servicios ecosistémicos, lo que podría aplicarse al Humedal Tierra

Blanca, Implementando proyectos de restauración que incluyan la revegetación de áreas degradadas y la eliminación de contaminantes.

Se evidencia una brecha crítica entre el valor simbólico que la comunidad otorga al humedal (93.3% lo considera importante, gráfico x) y su capacidad real para protegerlo esto debido a varios factores, entre ellos, falta de comprensión sobre sus funciones ecosistémicas (solo 12% las conoce, gráfico x), hay una gobernanza fragmentada debido a la ausencia de articulación entre actores clave como la CAR, el municipio y las JAC, y las medidas existentes son insuficientes (76.7% de los encuestados) no se priorizan las acciones de prevención necesarias, esta realidad podría transformarse mediante estrategias concretas Gómez et al., (2017) propone una educación ambiental contextualizada en donde se implementen programas curriculares sobre servicios ecosistémicos en colegios aledaños, usando metodologías prácticas (ej.: salidas de campo para identificar aves migratorias) y creando viveros pedagógicos que permitan la participación de la comunidad. Entre otras alternativas se puede proponer la creación de un concejo local del humedal, Mitsch & Gosselink (2001) exponen un modelo para implementarlo mediante voz y voto en donde cada uno de los actores competentes tendrá una función significativa, por ejemplo, CAR (ejecución técnica), Alcaldía (presupuesto), JAC (vigilancia), y universidades (monitoreo). La acción colectiva es urgente para el Humedal Tierra Blanca y urge traducir el conocimiento en herramientas prácticas para la comunidad, mediante estructuras de decisión compartida donde el municipio pueda exigir rendición de cuentas con datos verificables a las entidades correspondientes de esta forma evitar que el humedal siga siendo objeto de degradación.

Países que lideran las publicaciones sobre servicios ecosistémicos y su influencia en Colombia

Los países que lideran las publicaciones sobre servicios ecosistémicos reflejan una combinación de factores económicos, científicos, políticos y ambientales que influyen en la producción de conocimiento en esta área. Estados Unidos, por ejemplo, es el país con mayor inversión en ciencia y tecnología a nivel global. Cuenta con instituciones académicas y gubernamentales de alto prestigio que fomentan la investigación en servicios ecosistémicos, China ha incrementado significativamente su inversión en investigación ambiental en las últimas décadas, enfocándose en la restauración de ecosistemas y la mitigación de la contaminación. Esto se refleja en su alta producción científica, Inglaterra, Canadá y Australia, tienen una larga tradición en investigación ambiental y cuentan con políticas públicas que priorizan la conservación de los ecosistemas y sus servicios. Estos países han desarrollado marcos normativos y políticas públicas que promueven la investigación y aplicación de los servicios ecosistémicos en la gestión ambiental. Por ejemplo, la Unión Europea (en la que Inglaterra estuvo incluida hasta 2020) tiene directivas específicas para la conservación de humedales y otros ecosistemas.

La producción científica de estos países puede influir en la gestión de humedales en Colombia mediante la transferencia del conocimiento adoptando metodologías y enfoques probados en otros países para la valoración y conservación de servicios ecosistémicos en humedales, fortalecimiento de políticas públicas y marcos normativos de estos países pueden servir como referencia para Colombia en la implementación de estrategias de conservación y restauración de humedales, (Livernois 2011)

Colombia puede establecer alianzas con instituciones de estos países para acceder a financiamiento y capacitación en la gestión de humedales (Balvanera, y otros, 2006)

Conclusiones

El análisis integral del humedal Tierra Blanca permitió identificar sus funciones ecosistémicas clave entre las cuales se encuentran, la regulación hídrica, encargada del control de inundaciones en época de lluvias, la purificación natural de aguas, contribuyendo al equilibrio ambiental, además de entender el humedal como un espacio recreativo y educativo para la comunidad aledaña, lo que subraya la necesidad de proteger este ecosistema ante posibles amenazas antrópicas o climáticas.

Se evidencio desde el ámbito sociopolítico la falta de articulación entre actores lo cual ha generado mayor afectación en el humedal evidenciando urgencias institucionales, los hallazgos exigen la actualización de los programas y proyectos que el municipio ha propuesto para la restauración y conservación del humedal donde la prioridad debe estar en la restauración hidrológica, control estricto de usos de suelo y un sistema de monitoreo participativo.

El análisis evidenció que la degradación ambiental del humedal (pérdida del 40% de cobertura vegetal, contaminación por metales pesados y reducción del espejo de agua) representa un riesgo inminente tanto para la biodiversidad como para las comunidades aledañas, particularmente en términos de aumento del riesgo de inundaciones. Sin embargo, el estudio también identificó oportunidades significativas, destacando el alto nivel de disposición comunitaria (82% de los encuestados) para participar en procesos de conservación.

Como proyección estratégica, se plantea un modelo de gestión integral basado en tres pilares: investigación aplicada, restauración ecológica adaptativa e integración socioambiental. La viabilidad de estas acciones dependerá fundamentalmente de la articulación efectiva entre actores institucionales, académicos y comunitario representa

una oportunidad única para establecer un modelo replicable de conservación de humedales urbanos en contextos de alta presión antrópica, donde la ventana de oportunidad para acciones efectivas se estima en un periodo crítico de 3 a 5 años. La implementación oportuna de las estrategias propuestas podría convertir este ecosistema en un referente nacional de gobernanza ambiental participativa y adaptativa.

Recomendaciones

A partir de los hallazgos para la administración municipal, se recomienda priorizar la actualización del POT con delimitación clara de las rondas hídricas y la creación de un fondo específico para la restauración ecológica.

La CAR deberá implementar un sistema de monitoreo continuo de la calidad del agua y aplicar sanciones efectivas a los contaminadores, además se puede promover programas de pagos por servicios ambientales. Las comunidades aledañas pueden organizarse en comités ambientales para participar en jornadas de vigilancia y restauración, apoyadas por campañas de educación ambiental que resalten el valor del humedal. Las instituciones educativas deben incorporar módulos prácticos sobre conservación de humedales y desarrollar proyectos de investigación aplicada. El sector privado puede contribuir mediante alianzas para financiar viveros comunitarios y tecnologías de bajo costo para el monitoreo ambiental. Estas acciones, articuladas bajo un modelo de gobernanza colaborativa, son esenciales para revertir el deterioro del humedal y garantizar la provisión de sus servicios ecosistémicos a las generaciones presentes y futuras.

Es prioritario desarrollar un plan específico de adaptación climática que contemple: la ampliación de zonas de amortiguamiento, selección de especies vegetales resistentes y sistemas de alerta temprana. Complementariamente, se propone implementar tecnologías apropiadas como humedales artificiales para tratamiento de aguas, sistemas de energía solar para equipos de monitoreo y plataformas digitales interactivas con realidad aumentada para la educación ambiental.

Referencias Bibliográficas

- Ajzen, Icek. 1991. "The Theory of Planned Behavior." *Organizational Behavior and Human Decision Processes* 50 (2): 179–211.
- Alcaldía de Soacha. 2018. "Plan de Ordenamiento Territorial de Soacha 2018 - 2035." 2018.
- Ambiente y Desarrollo Sostenible., Ministerio de. 2020. "Plan Nacional de Protección de Humedales." 2020. <https://www.minambiente.gov.co>.
- Bartzen, Blake A., Kevin W. Dufour, Robert G. Clark, and F. Dale Caswell. 2010. "Trends in Agricultural Impact and Recovery of Wetlands in Prairie Canada." *Ecological Applications: A Publication of the Ecological Society of America* 20 (2): 525–38.
- Bedford, Barbara L. 1996. "The Need to Define Hydrologic Equivalence at the Landscape Scale for Freshwater Wetland Mitigation." *Ecological Applications: A Publication of the Ecological Society of America* 6 (1): 57–68.
- Bradley, Chris. 2001. "Wetlands (Third Edition) by W.J. Mitsch and J.G. Gosselink. John Wiley & Sons, New York, 2000. No. of Pages: 920. Price: £60.95. ISBN 0 471 29232 X." *Regulated Rivers: Research & Management* 17 (3): 295–295.
- Byrne, B. M. 2016. *Structural Equation Modeling with AMOS (3^a Ed.)*. London, England: Routledge Cavendish.
- Cerquera, Juan Pablo Herrera, Claudia Parra Cortés, Evelin Zapata Ríos, Claudia Tatiana Aroca Pulido, and Arsened Vargas Guarín. 2024. *Synergy of Pollinators and Flower Strips: A Systematic Review and Bibliometric Analysis of Global Research Trends*. BOGOTÁ: LAND DEGRADATION & DEVELOPMENT.

- Cheng, Yu Ti, Li Zhang, and Sheng Yang He. 2019. "Plant-Microbe Interactions Facing Environmental Challenge." *Cell Host & Microbe* 26 (2): 183–92.
- Cohen, Matthew J., Irena F. Creed, Laurie Alexander, Nandita B. Basu, Aram J. K. Calhoun, Christopher Craft, Ellen D'Amico, et al. 2016. "Do Geographically Isolated Wetlands Influence Landscape Functions?" *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 113 (8): 1978–86.
- Constanza, Robert, Ralph d'Arge, Rudolf de Groot, Stephen Farber, Monica Grasso, Bruce Hannon, Karin Limburg, et al. 1997. "The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital." *Nature* 387 (6630): 253–60.
- Contraloría General de la República. 2020. "Informe de La Auditoría Sobre La Gestión Del Humedal Tierra Blanca En Soacha."
- (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca [CAR],). 2004. "Servicios Ecosistémicos de Los Humedales de Cundinamarca (CAR)." 2004.
<https://www.car.gov.co>.
- Corral-Verdugo, V. 2010. *Psicología de La Sustentabilidad: Un Análisis de Lo Que Nos Hace Proecológicos y Prosociales*. Trillas.
- Costanza, Robert, Rudolf de Groot, Paul Sutton, Sander van der Ploeg, Sharolyn J. Anderson, Ida Kubiszewski, Stephen Farber, and R. Kerry Turner. 2014. "Changes in the Global Value of Ecosystem Services." *Global Environmental Change: Human and Policy Dimensions* 26 (May): 152–58.
- Cuadrado. 2010. *Restauración Ecológica En Humedales Urbanos: Caso Costanera Sur*. Editorial Universitaria de Buenos Aires.
- Daily, Gretchen C., Stephen Polasky, Joshua Goldstein, Peter M. Kareiva, Harold A. Mooney, Liba Pejchar, Taylor H. Ricketts, James Salzman, and Robert

- Shallenberger. 2009. "Ecosystem Services in Decision Making: Time to Deliver." *Frontiers in Ecology and the Environment* 7 (1): 21–28.
- Davidson, Nick C. 2014. "How Much Wetland Has the World Lost? Long-Term and Recent Trends in Global Wetland Area." *Marine & Freshwater Research* 65 (10): 934.
- Ekins, Paul, Sandrine Simon, Lisa Deutsch, Carl Folke, and Rudolf De Groot. 2003. "A Framework for the Practical Application of the Concepts of Critical Natural Capital and Strong Sustainability." *Ecological Economics: The Journal of the International Society for Ecological Economics* 44 (2–3): 165–85.
- Gassman, Philip W., Ali M. Sadeghi, and Raghavan Srinivasan. 2014. "Applications of the SWAT Model Special Section: Overview and Insights." *Journal of Environmental Quality* 43 (1): 1–8.
- Gómez. 2017. *Humedales Urbanos de Bogotá: Diagnóstico y Estrategias de Conservación*. Alcaldía Mayor de Bogotá.
- Gómez, Diana. 2015. *Restauración Ecológica Del Humedal Tibabuyes: Resultados 2013-2015*. Bogota: Secretaria Distrital de Ambiente.
- Gomez, Diana. 2017. "Evaluacion de La Calidad Del Agua En Los Humedales Urbanos de Bogota," 2017.
- Gómez, Diana, J. Hernández, and J. Rodríguez. 2017. "Percepcion de La Comunidad Sobre El Humedal Tierra Blanca." *Revista de Ingenieria y Tecnologia*, 10(2) 123-135.
- Groot, R. S. de, R. Alkemade, L. Braat, L. Hein, and L. Willemen. 2010. "Challenges in Integrating the Concept of Ecosystem Services and Values in Landscape Planning, Management and Decision Making." *Ecological Complexity* 7 (3): 260–72.

- Groot, Rudolf de, Luke Brander, Sander van der Ploeg, Robert Costanza, Florence Bernard, Leon Braat, Mike Christie, et al. 2012. "Global Estimates of the Value of Ecosystems and Their Services in Monetary Units." *Ecosystem Services* 1 (1): 50–61.
- Hernandez, J., D. Gomez, and J. Rodriguez. 2008. "Contaminacion Del Agua En El Humedal Tierra Blanca." *Revista de Biología Tropical*, 2008.
- Humboldt., Instituto. 2018. "Informe Anual Sobre Estado de Los Humedales En Colombia." Instituto Humboldt. 2018.
- IPBES. 2019. "IPBES, 2019. Summary for Policymakers of the Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services." *Population and Development Review* 45 (3): 680–81.
- Kaiser, Florian G. 1998. "A General Measure of Ecological Behavior¹." *Journal of Applied Social Psychology* 28 (5): 395–422.
- Lee, K. W., and L. M. Chou. 2007. "Sungei Buloh Wetland Reserve: Restoration Monitoring Report." {National Parks Board Singapore}.
- Livernois, John. 2011. "The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Ecological and Economic Foundations, Edited by Pushpam Kumar. London: Earthscan, 2010, 400pp." *Erasmus Journal for Philosophy and Economics* 4 (2): 130.
- Maron, Pierre-Alain, Amadou Sarr, Aurore Kaisermann, Jean Lévêque, Olivier Mathieu, Julien Guigue, Battle Karimi, et al. 2018. "High Microbial Diversity Promotes Soil Ecosystem Functioning." *Applied and Environmental Microbiology* 84 (9). <https://doi.org/10.1128/AEM.02738-17>.

- Martinez-Martinez, Edwin, A. Pouyan Nejadhashemi, Sean A. Woznicki, and Bradley J. Love. 2014. "Modeling the Hydrological Significance of Wetland Restoration Scenarios." *Journal of Environmental Management* 133 (January): 121–34.
- McLaughlin, Daniel L., and Matthew J. Cohen. 2013. "Realizing Ecosystem Services: Wetland Hydrologic Function along a Gradient of Ecosystem Condition." *Ecological Applications: A Publication of the Ecological Society of America* 23 (7): 1619–31.
- {Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2019. *Política Nacional Para La Gestión Integral de La Biodiversidad y Sus Servicios Ecosistémicos*. Bogota: {MADS}.
- Mitsch, William J., Blanca Bernal, Amanda M. Nahlik, Ülo Mander, Li Zhang, Christopher J. Anderson, Sven E. Jørgensen, and Hans Brix. 2013. "Wetlands, Carbon, and Climate Change." *Landscape Ecology* 28 (4): 583–97.
- NACIONES UNIDAS. 2020. "Informe Sobre Los Objetivos de Desarrollo Sostenible." 2020. <https://www.un.org>.
- Nunnally, J. C., & Bernstein, I. H. 1994. *Psychometric Theory (3ª Ed.)*. New York, NY: McGraw-Hill.
- Pérez-Tamayo, R. 2004. *El Árbol de La Ciencia: Metáfora Para La Clasificación Del Conocimiento*. FCE.
- Ramsar), (convencion. 1971. "Convencion de Ramsar." 1971. <https://www.ramsar.org>.
- Rebelo, L-M, C. M. Finlayson, and N. Nagabhatla. 2009. "Remote Sensing and GIS for Wetland Inventory, Mapping and Change Analysis." *Journal of Environmental Management* 90 (7): 2144–53.
- Sánchez, R., and P. Ramírez. 2015. "Xochimilco: Modelo de Restauración Biocultural." *Ecología Aplicada* 14(2): 45–60.

- Song, Fei, Fangli Su, Chenxi Mi, and Di Sun. 2021. "Analysis of Driving Forces on Wetland Ecosystem Services Value Change: A Case in Northeast China." *The Science of the Total Environment* 751 (141778): 141778.
- Uribe., D. 2019. "Valoracion Economica Del Medio Ambiente En La Comunidad Del Humedal Tierra Blanca." *Revista de Turismo y Desarrollo.*, 10 (1), 1–15.
- Valencia-Hernández, J., S. Robledo, O. Pinilla, M. Duque, and G. Olivar-Tost. 2020. "El Árbol Del Conocimiento: Una Metáfora Para La Síntesis Bibliográfica." *Revista Colombiana de Ciencias Sociales* 11(2),: 45–60.
- Wang, Qian, Huijun Xie, Jian Zhang, Shuang Liang, Huo Hao Ngo, Wenshan Guo, Chen Liu, Congcong Zhao, and Hao Li. 2015. "Effect of Plant Harvesting on the Performance of Constructed Wetlands during Winter: Radial Oxygen Loss and Microbial Characteristics." *Environmental Science and Pollution Research International* 22 (10): 7476–84.
- Whigham, Dennis F. 1999. "Ecological Issues Related to Wetland Preservation, Restoration, Creation and Assessment." *The Science of the Total Environment* 240 (1–3): 31–40.
- Wickham, Hadley. 2016. *Ggplot2*. PDF. 2nd ed. Use R! Cham, Switzerland: Springer International Publishing.
- Wilson, E. O. 1984. *Biophilia*. Cambridge, Mass: Harvard University Press.
- Zedler, Joy B., and Suzanne Kercher. 2005. "WETLAND RESOURCES: Status, Trends, Ecosystem Services, and Restorability." *Annual Review of Environment and Resources* 30 (1): 39–74.