

Sistema de áreas naturales protegidas y corredores biológicos e hidrológicos del Bosque de Agua (Sanba)

System of protected natural areas and biological and hydrological corridors in Forest of Water (Sanba)

FERNANDO JARAMILLO MONROY*,  <https://orcid.org/0000-0002-8260-8970>
Comisión Estatal de Biodiversidad de Morelos, México, fernando.jaramillo@morelos.gob.mx

ÚRSULA OSWALD-SPRING,  <https://orcid.org/0000-0002-9271-8698>
Universidad Nacional Autónoma de México, México, uoswald@gmail.com

AMILCAR MORALES GAMAS,  <https://orcid.org/0000-0001-5560-4125>
Centro de Investigación en Ciencias de Información Geoespacial, México, amilcar@centrogeo.edu.mx

MARIO LEDESMA ARREOLA,  <https://orcid.org/0000-0001-6927-6185>
Centro de Investigación en Ciencias de Información Geoespacial, México, mledesma@centrogeo.edu.mx
*Autor de correspondencia

Abstract

This study proposes the creation of a system of protected natural areas and biological and hydrological corridors in Forest of Water (Sanba) in order to ensure water sustainability for central Mexico's megalopolis. The biological and hydrological importance of the Sanba is assessed; the instruments regulating land use, water, and biodiversity are analyzed; and key stakeholders are interviewed, who offered critiques and proposals for establishing and managing the system. With the help of experts, the Sanba's polygonal map is updated, and a proposal is developed for biological and hydrological corridors that will connect the protected natural areas.

Keywords: connectivity, land planning, Forest of Water, megalopolis viability.

Resumen

El artículo propone la creación de un sistema de áreas naturales protegidas y corredores biológicos e hidrológicos en el Bosque de Agua (Sanba) para la sustentabilidad hídrica de la megalópolis del centro de México. Se evalúa la importancia biológica e hidrológica del Sanba, se analiza los instrumentos que regulan el uso del suelo, el agua y la biodiversidad, y se entrevista a actores clave, quienes hicieron críticas y propuestas para establecer y manejar el sistema. Con expertos se actualiza la poligonal del Sanba y se elabora la propuesta de corredores biológicos e hidrológicos que conectarán las áreas naturales protegidas.

Palabras clave: conectividad, planificación territorial, Bosque de Agua, viabilidad de la megalópolis.

Recepción: 12 de septiembre de 2023 / Aceptación: 2 de marzo de 2025 / Publicación: 26 de mayo de 2026



Esta obra está protegida bajo la
Licencia Creative Commons
Atribución-NoComercial-Sin
Derivadas 4.0 Internacional



CÓMO CITAR: Jaramillo Monroy, Fernando; Oswald-Spring, Úrsula; Morales Gamas, Amilcar y Ledesma Arreola, Mario (2026). Sistema de áreas naturales protegidas, corredores biológicos e hidrológicos del Bosque de Agua (Sanba). *Economía, Sociedad y Territorio*, 26: e2259. <http://dx.doi.org/10.22136/est20262259>

Introducción

El Anáhuac (“cerca del agua”) ha sido históricamente una de las regiones más privilegiadas de México por su abundancia de agua, biodiversidad y excelente clima que permitieron el florecimiento de diversas culturas. Culminó en el México prehispánico con el surgimiento del Imperio azteca, donde se aprovechó de manera sostenible la biodiversidad y el lago enorme que ahí existía. Sin embargo, a partir del siglo XVI, los españoles impusieron un cambio radical en el manejo del agua y los lagos mediante la expulsión del recurso hídrico del valle central (Oswald-Spring, 2024). Desde entonces el esfuerzo ha sido eliminar el agua y desecar la cuenca de México para promover los bienes raíces, y en su lugar se estableció una megalópolis de concreto.

Hoy, la megalópolis enfrenta una de las mayores crisis de agua con la sobreexplotación severa de los seis acuíferos que abastecen a los habitantes de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. Además, se bombea de los estados vecinos una tercera parte del agua requerida con altos costos energéticos. Ante una sequía creciente y escasez de agua en condiciones de aridez, se pronostican en las próximas décadas escenarios de falta de agua, agravados por los escenarios de calentamiento global y cambio climático (Oswald-Spring, 2024; Domínguez, 2024; González-Villareal *et al.*, 2024).

Por lo tanto, se requiere de un cambio estratégico respecto a las formas del manejo hidráulico con soluciones ingenieriles que han llevado a la sobreexplotación de los acuíferos y cuerpos de agua, tanto de la Cuenca de México como de las cuencas aledañas (Oswald-Spring, 2024; González-Villareal *et al.*, 2024). Se debe favorecer una solución hídrica basada en la naturaleza mediante la gestión de los recursos hídricos y el manejo integrado de las cuencas hidrológicas, la ordenación y gestión sostenible del territorio y la conservación de la biodiversidad (Oswald-Spring, 2024; González-Villareal *et al.*, 2024).

El Bosque de Agua se denomina a la región forestal ubicada entre las serranías del Chichinautzin, Ajusco y las Cruces que establece conectividad hacia la Sierra Nevada y hacia el Nevado de Toluca. Bajo este contexto, el objetivo del establecimiento del sistema de áreas naturales protegidas, corredores biológicos e hidrológicos en el Bosque de Agua (Sanba) es contribuir al abasto de agua a la Megalópolis del Centro de México (MCM) mediante la protección y manejo del Bosque de Agua, que se ubica en las serranías que delimitan a la Ciudad de México con el Estado de México y el estado de Morelos, a través de la gestión integral del territorio, el agua y la biodiversidad, y así establecer la interconexión de un sistema de áreas naturales protegidas, corredores biológicos e hidrológicos que permitan el manejo integrado del paisaje y la conectividad de los espacios naturales con la MCM.

1. Marco referencial de la conectividad

Las principales causas del cambio climático y de la pérdida de la biodiversidad a nivel mundial son la destrucción y fragmentación de los hábitats. Los principales instrumentos para la conservación de la biodiversidad han sido el establecimiento y manejo de áreas naturales protegidas (ANP) y más reciente se han impulsado Otras Medidas Efectivas de Conservación (denominadas OMEC) basadas en área (IUCN-WCPA, 2019; Hilty *et al.*, 2021).

Sin embargo, a nivel global continúa incrementándose la pérdida de la biodiversidad debido a que las ANP no están ubicadas en los lugares adecuados o a que la planificación y el manejo han sido incorrectos principalmente por el creciente aislamiento y la transformación de los ecosistemas alrededor de las ANP y las OMEC por actividades humanas, lo cual contribuye al riesgo de extinción de especies y limita la conectividad de los ecosistemas (Prugh *et al.*, 2008).

Diversos estudios demuestran que las ANP de mayor tamaño y funcionalmente conectadas tienen mayores probabilidades de conservar un mayor número de especies y mayores extensiones de ecosistemas y hábitats (Hilty *et al.*, 2021; Resasco, 2019). Durante las últimas décadas han aumentado los conocimientos y metodologías para la planificación, establecimiento y manejo de los corredores ecológicos (Crooks y Sanjayan, 2006; Hermoso López *et al.*, 2011; Rudnick *et al.*, 2012; Hilty *et al.*, 2019).

A nivel internacional se considera que el mantenimiento y la restauración de la conectividad ecológicas son fundamentales para la conservación de la biodiversidad y sus funciones y servicios irremplazables como la provisión de agua (Hilty *et al.*, 2021). A nivel nacional, la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio) (2012) establece que se debe priorizar la conservación *in situ* fortaleciendo y consolidando las redes de áreas protegidas, generar políticas públicas de conectividad de ecosistemas que aseguren la continuidad de procesos ecológicos, así como conservar y recuperar la conectividad de cuencas hidrográficas (Conabio, 2016). El cambio de uso de suelo y la fragmentación de los ecosistemas naturales son causa directa de la pérdida de biodiversidad. Por ende, luchar contra la fragmentación del paisaje y propiciar la conectividad ecológica de fragmentos aislados es una acción de alta prioridad (Conabio, 2022).

Entre los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ONU, 2018) se establecen, entre otras, las siguientes prioridades: garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos (Objetivo 6), lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles (Objetivo 11), gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y detener la pérdida de biodiversidad (Objetivo 15).

En la Conferencia de las Naciones Unidas sobre la Diversidad Biológica (COP15), en Kunming-Montreal (Canadá) en diciembre de 2022, se llegó a un acuerdo histórico para orientar las acciones mundiales en favor de la naturaleza de aquí a 2030 en donde se estableció un plan estratégico que incluye “medidas concretas para detener y revertir la pérdida de la naturaleza, incluida la protección del 30% del planeta y el 30% de los ecosistemas degradados para 2030” (ONU, 2022, p.1).

La mayoría de las metas nacionales y regionales de conservación de la biodiversidad, cambio climático y sostenibilidad ambiental no podrán cumplirse si no incorporan aspectos de conectividad. La conectividad es indispensable para alcanzar los objetivos del Convenio sobre la Diversidad Biológica. (Hilty *et al.*, 2021, p. 50)

En la Visión Nacional de manejo integrado del paisaje y conectividad se establece que:

para el año 2030, en una cuarta parte de la superficie de México se tomarán las decisiones sobre la gestión territorial de manera articulada y adaptativa desde los paisajes terrestres, tanto rurales como urbanos. Éstos se conectan y manejan integralmente por medio de procesos de negociación y colaboración que valoran y vinculan los intereses de todos los actores... (Semarnat *et al.*, 2017, p. 6)

Para nuestro país la Ley General de Cambio Climático define los corredores biológicos como “la ruta geográfica que permite el intercambio y migración de las especies de flora y fauna silvestre dentro de uno o más ecosistemas cuya función es mantener la conectividad de los procesos biológicos para evitar el aislamiento de las poblaciones”; considera como acciones de adaptación “el establecimiento y la conservación de las ANP y corredores biológicos” y determina que las dependencias y las entidades de la administración pública federal, los estados y los municipios “implementarán acciones para la adaptación, que fortalezcan la resistencia y la resiliencia de los ecosistemas mediante acciones para la restauración de la integridad y la conectividad ecológica” (Ley General de Cambio Climático, 2023, p. 3, 20, 21).

Es relevante destacar que la nueva Ley del equilibrio ecológico y de la protección al ambiente del estado de Morelos establece que: “la conservación de la biodiversidad es de la más alta importancia y valor estratégico para la sustentabilidad del estado de Morelos”, por lo cual se impulsará “el establecimiento y manejo del Sistema Estatal y Regional (con las entidades vecinas) de ANP, corredores biológicos e hidrológicos, para la conservación de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos a nivel local y regional” y “colaborar con las entidades vecinas de México y la Ciudad de México, para la observancia y actualización de la Estrategia para la Conservación del Bosque de Agua” (Ley del equilibrio ecológico y de la protección al ambiente del estado de Morelos, 2022, art. 12, 13).

2. El Bosque de Agua y la conectividad

Entre los temas prioritarios que se establecieron en la Estrategia para la Conservación del Bosque de Agua (Ecoba, 2012, p. 32) se encuentra la falta de un sistema funcional de ANP. Para resolverlo, se propusieron las acciones siguientes:

1. “Generar planos de conectividad entre ANP y otras áreas silvestres protegidas o no”.
2. “Fomentar áreas certificadas de carácter voluntario para iniciar en el corto plazo los trabajos de recuperación del bosque, y en el mediano y largo plazo, crear una gestión unitaria integral del territorio del Bosque de Agua”.
3. “Establecer y/o fortalecer la red de ANP a nivel federal, estatal, municipal y comunitario, establecidas dentro y en el área de influencia del Bosque de Agua”.
4. “Crear la red de corredores fluviales protegidos (ríos y barrancas) para su restauración con el apoyo de grupos ciudadanos”.

Dentro de este contexto, es prioritario la generación de conocimiento para la planificación, manejo integrado y conectividad de una de las regiones estratégicas de México, el Bosque de Agua, que contribuya a la provisión de agua y otros beneficios ambientales a la zona más densamente poblada del país. Cabe mencionar que desde la década de los noventa se han venido haciendo diversas propuestas y gestiones para proteger al Bosque de Agua, ubicado entre las serranías del Chichinautzin y las Cruces (Greenpeace, 2005; Ecoba, 2012), e incluso establecer un sistema de ANP para la conectividad hacia el oriente con la Sierra Nevada y hacia el poniente con el Nevado de Toluca, que en conjunto forman una W (Jaramillo Monroy y Aguilar Benítez, 1998). Sin embargo, estas propuestas no se han concretado en las políticas públicas ni en el establecimiento de instrumentos legales que contribuyan a la protección integral del Bosque de Agua.

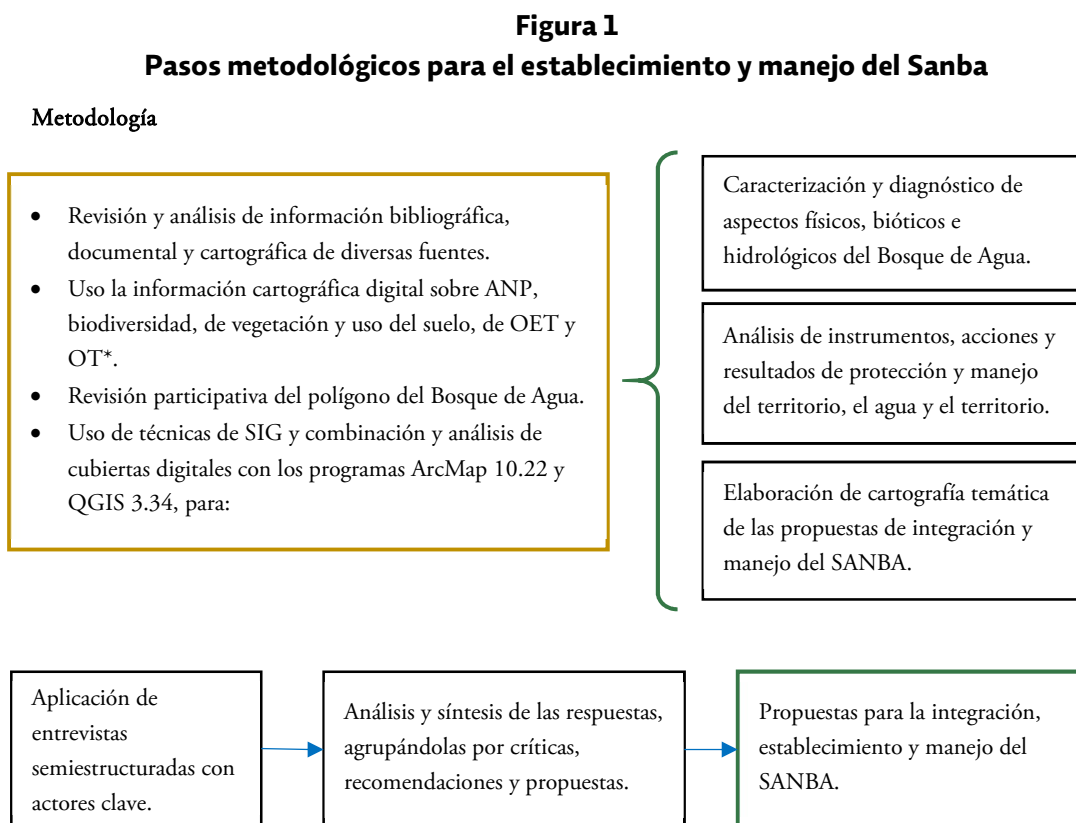
El Bosque de Agua conserva una notable biodiversidad que aporta diversos beneficios ambientales, especialmente el agua superficial y subterránea que ha permitido el desarrollo de la megalópolis, que tiene como centro al área metropolitana de la Ciudad de México, rodeada por las áreas metropolitanas de Cuernavaca al sur y Toluca al poniente (Padilla Martínez *et al.*, 2008; Ecoba, 2012). A pesar del vertiginoso crecimiento que se ha dado durante las últimas décadas de esta megalópolis, por una parte, se ha incrementado la sobreexplotación de los recursos hídricos y, por la otra, ha

habido un deterioro y disminución de las áreas forestales y las ANP que la abastecen de agua; de continuar esta tendencia se estará hipotecando la viabilidad ambiental y de desarrollo sustentable de la MCM.

Ante esta situación, proponemos el establecimiento y manejo del sistema de ANP, corredores biológicos e hidrológicos del Bosque de Agua (Sanba), como un mecanismo necesario y estratégico para mantener y garantizar los invaluable beneficios ambientales, sobre todo del abasto de agua para la región centro del país. Este artículo presenta los avances que se han tenido para sustentar los planes de conectividad entre ANP y otras áreas silvestres protegidas o no, así como para elaborar la propuesta del Sanba.

3. Metodología

Los pasos metodológicos utilizados para el desarrollo de la investigación se encuentran en la figura 1.



Fuente: elaboración propia con base en Conanp, 2025; Conabio, 2000, Conabio y UAEM, 2004; Conabio-Conanp-TNC-Pronatura-FCF-UANL, 2007; Inegi, 2024b; SEIARN Morelos, 2021; Capanaf, 2023; Sedema, 2021.

3.1. La importancia biológica e hidrológica del Bosque de Agua

Se revisó y analizó información bibliografía, documental y cartográfica sobre estudios y diagnósticos de los aspectos físicos, bióticos e hidrológicos del Bosque de Agua, así como de las propuestas de acciones y resultados del manejo para proteger y aprovechar sus recursos naturales. A partir de estos datos, se elaboró una síntesis de dicha información. Se usaron sistemas de información geográfica para integrar las bases de datos y elaborar la cartografía temática de las propuestas de conformación y manejo del Sanba. Se utilizó el motor de base de datos PostgreSQL 15.4 con la librería geoespacial PostGIS 3.4.0 y la herramienta visual de gestión de base de datos DBeaver versión 24.1.4, además del lenguaje de programación Python 3.11.8 con el editor Spyder versión 5.5.1. Se usó la información cartográfica digital sobre ANP de la Conanp (2025), de las secretarías de medioambiente del Estado de México, de Morelos y de la Ciudad de México (SEIARN Morelos, 2021; Capanaf, 2023; Sedema, 2021), de biodiversidad de la Conabio y Conanp (2024), sobre hidrología de Conagua (2023) e Inegi (2024a), de vegetación y uso del suelo y urbanización del Inegi (2024b). Dichas cubiertas digitales se combinaron y se analizaron con los programas ArcMap 10.22 (Esri, 2021) y QGIS 3.34 (QGIS, 2023). Con base en estas herramientas se elaboraron mapas y tablas temáticos del Bosque de Agua.

3.2. Entrevistas a actores clave

Durante abril, mayo y junio de 2023 se hicieron entrevistas semiestructuradas a 20 personas, siete de organizaciones de la sociedad civil (OSC), dos del sector empresarial, cinco del sector gobierno y seis del sector académico, de los cuales cuatro son del Estado de México, 12 de Morelos y cuatro de la Ciudad de México. Las personas entrevistadas están familiarizadas con la región del Bosque de Agua y con el tema ambiental. Asimismo, se les compartió, días previos a la entrevista, un documento con la propuesta del Sanba y las preguntas de la entrevista vinculadas al proceso de planificación, establecimiento y puesta en marcha.

Las preguntas para todos los actores clave entrevistados fueron las mismas y estaban redactadas en lenguaje entendible para personas con grado de licenciatura. Cabe aclarar que de los 20 entrevistados, ocho tienen doctorado, seis con maestría y seis con licenciatura. Las entrevistas se realizaron de manera virtual y se grabaron. Después, se hizo un análisis y síntesis de las respuestas agrupándolas por observaciones, críticas, recomendaciones y propuestas de mejora del Sanba.

3.3. El análisis de las coincidencias, vacíos, omisiones y contradicciones entre los instrumentos de planificación, manejo y uso del territorio y el agua

Se revisó el análisis de vacíos y omisiones en la conservación de la biodiversidad de México (Conabio *et al.*, 2007), así como su aplicación y actualización a mayor escala para la región del Bosque de Agua en cuanto a establecimiento y manejo de ANP en regiones prioritarias de conservación y en regiones hidrológicas prioritarias (Conabio, 2000; Conabio y UAEM, 2004). Con estos fines, se utilizó la información cartográfica digital de la Conabio, de la Conanp, de Inegi y de la Secretaría de Medio Ambiente del Estado de México, la de Morelos y la de Ciudad de México para obtener mapas digitales de vegetación y uso del suelo, hidrología, ANP, ordenamientos ecológicos territoriales (OET) y ordenamientos territoriales (OT).

Se revisaron y analizaron los aspectos relacionados con la biodiversidad (número y distribución de la flora y fauna, de tipos de vegetación), así como a la regulación del uso del territorio de los ordenamientos ecológicos territoriales regionales y locales, de los programas de manejo de ANP, de programas de desarrollo urbano y programas de manejo de cuencas en cuanto a la ubicación, extensión y regulación de la zonificación del uso del suelo. Para la definición de los corredores hidrológicos del Bosque de Agua se recopilaron los estudios hidrológicos (especialmente en aspectos relacionados con los volúmenes y distribución del agua y los volúmenes de los aprovechamientos y balances de disponibilidad) y de programas de manejo de las cuencas, subcuencas y microcuencas de la región del Bosque de Agua.

3.4. Revisión del polígono del Bosque de Agua e integración cartográfica del Sanba

Se hizo un análisis de las fortalezas, debilidades, huecos y omisiones de la poligonal original del Bosque de Agua, que tiene una extensión de 250,000 ha, publicado en la Estrategia para la Conservación del Bosque de Agua (Ecoba, 2012) (mapa 1). Posteriormente, se concluye que es necesario revisarlo y reestructurarlo tomando en consideración lo siguiente:

- Deja fuera áreas estratégicas para la captación e infiltración de agua al subsuelo y para abastecimiento de agua superficial y de los acuíferos estratégicos de la región.

- Además, deja fuera áreas estratégicas para conservación de la biodiversidad que vale la pena proteger antes de que se urbanicen.
- Por otra parte, dicha poligonal se encuentran en parte o es vecina de diversas ANP y áreas forestales que no fueron incluidas y que, por sus características naturales y porque ya cuentan con un instrumento de protección, es pertinente incluirlas en el Bosque de Agua.
- Finalmente, la necesidad de corredores biológicos e hidrológicos que vincularan espacialmente al Bosque de Agua para lograr la conectividad entre las diversas ANP y áreas forestales de la región y proteger los vitales beneficios ambientales que el Bosque de Agua aporta a la megalópolis y a las comunidades rurales de una vasta región del centro de México.

Se llevó a cabo un proceso de revisión y actualización de la poligonal de Bosque de Agua (mapa 1), en el que participaron 29 especialistas en territorio, ambiente y conservación de ecosistemas, de diversas instituciones gubernamentales federales y estatales, así como de OSC e instituciones académicas vinculadas a las ANP, a los OET, OT y al manejo de cuencas hidrológicas, lo que permitió incluir un enfoque multidisciplinario en este ejercicio.

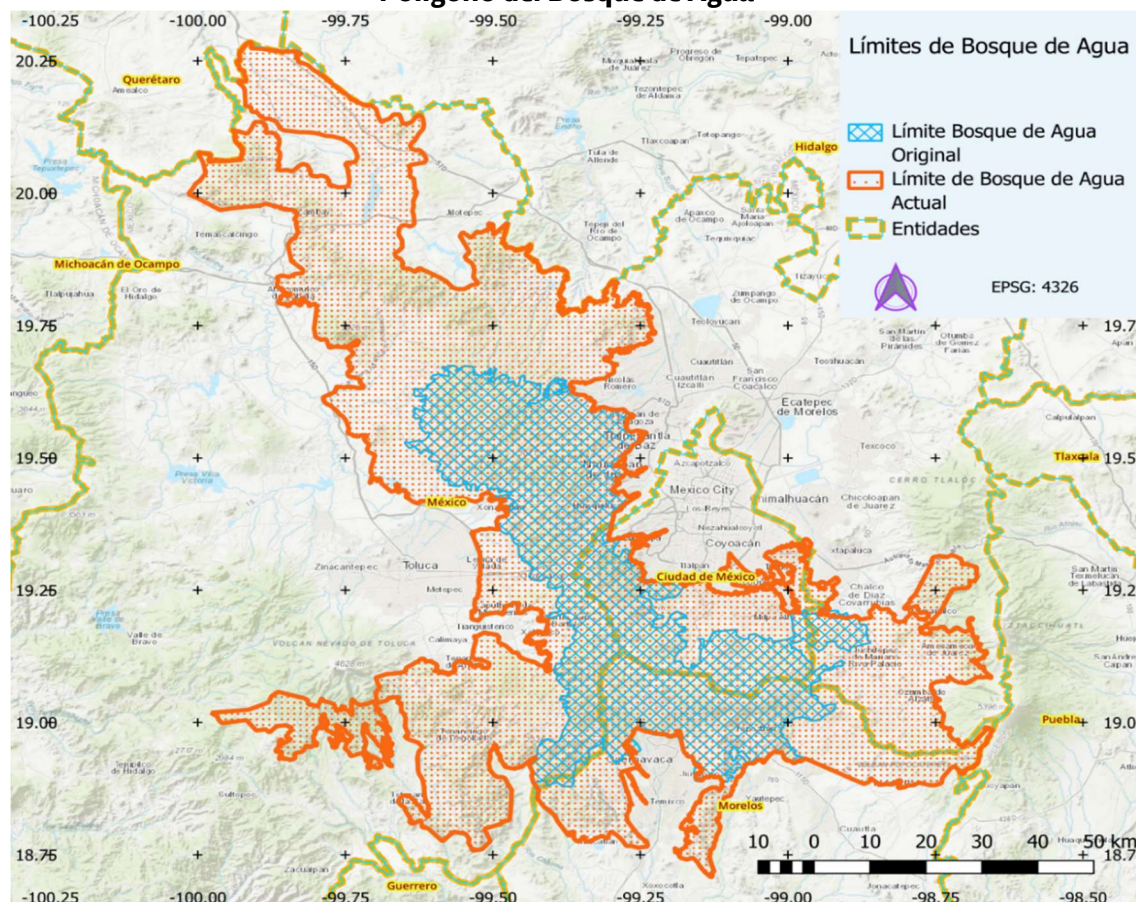
Fue un proceso de cartografía participativa entre 2020 y 2023, es decir, un proceso colegiado de intercambio de saberes que se plasmó en una propuesta inicial de redefinición del polígono del Bosque de Agua mediante una herramienta de cartografía digital participativa que, a través de reuniones virtuales, permitió realizar diversos intercambios y con acceso a edición para todos los participantes de entidades de gobierno, sociedad civil y organizaciones de base comunitaria. Se estableció una dinámica de participación con formulación de las propuestas en el mapa digital, análisis de viabilidad, espacio de opiniones y discusión, redefinición y ajustes en el área propuesta, nuevas rondas de discusión y ajustes y revisión y acuerdo de la propuesta de redefinición del polígono.

Para la revisión y reestructuración de dicha poligonal, se siguieron los criterios siguientes:

1. Que se incluyeran corredores biológicos entre ANP o áreas forestales.
2. Establecer una red de áreas protegidas vecinas aledañas al polígono original.
3. Tomar los polígonos de los decretos originales de las ANP aledañas al polígono original.
4. Incluir corredores hidrológicos de agua superficial y subterránea considerando los límites de los acuíferos.

5. Incluir cabeceras de microcuencas y zonas de recarga (de muy alta, alta o media permeabilidad), fundamentales para la recarga de los acuíferos que se abastecen del Bosque de Agua.
6. Revisar finamente el polígono para excluir las áreas urbanas ya consolidadas, las cuales se identificaron con base en la densidad de población y la concentración espacial de estructuras físicas, como construcciones, infraestructura vial y viviendas.
7. Que exista continuidad topográfica de la serranía, de vegetación y uso del suelo.
8. No incluir polígonos aislados que no tengan conexión con dicha continuidad.
9. Que se considerara la compatibilidad de la nueva poligonal con los instrumentos de regulación de usos del suelo a nivel regional y local, como son las ANP y los OET y los OT (o planes de desarrollo urbano).

Mapa 1
Polígono del Bosque de Agua



Fuente: elaboración propia con base en Ecoba (2012).

4. Resultados

4.1 Bosque de agua: el pilar biológico de la megalópolis

El Bosque de Agua se localiza en el Eje Neovolcánico, en la zona transición entre las regiones biogeográficas Neártica y Neotropical. Diversas porciones del Bosque de Agua han sido reconocidas como parte de tres Regiones Prioritarias Terrestres para la Conservación (Arriaga *et al.*, 2000), de seis Regiones Hidrológicas Prioritarias a nivel nacional (Arriaga *et al.*, 2002) y de seis Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (Arizmendi y Márquez, 2008). Con base en el análisis de vacíos y omisiones en conservación de la biodiversidad terrestre de México (Conabio *et al.*, 2007), Bosque de Agua se ubica dentro de las regiones del país con mayores índices de importancia biológica, de riesgo, de respuesta y de prioridad para la conservación de la biodiversidad de México.

La nueva poligonal del Bosque de Agua propuesta para integrar el Sanba (mapa 2) cubre 807,060 ha de socioecosistemas forestales, que aportan agua a 11 acuíferos, cuatro cuencas, 23 subcuencas y 131 microcuencas hidrográficas y abastecen de agua a 23 millones de personas de la MCM. Cerca de 2% de las especies de flora y fauna del mundo se localizan en el Bosque de Agua y, aunque este porcentaje representa tan solo 0.4% del territorio nacional, en la actualidad el Bosque de Agua alberga una gran proporción de la biodiversidad de México: tres de sus cinco zonas ecológicas, ocho de sus 10 tipos de vegetación o ecosistemas, 14% de sus especies de plantas y hongos, 5.7% de sus especies de invertebrados y 14% de todas las especies de vertebrados conocidas en México. Docenas de especies de aves migratorias hibernan en el Bosque del Agua. De la diversidad biótica, aproximadamente 10% es endémica: un total de 325 especies que no se encuentran en ningún otro lugar de la Tierra. El área es verdaderamente crítica sin importar su dimensión, es un rico y funcional corredor biológico e hidrológico (Padilla Martínez *et al.*, 2008; Greenpeace, 2005; Velázquez y Romero, 1999; Conabio y UAEM, 2004; Ecoba, 2012).

La región del Bosque de Agua ha estado expuesta a un acelerado cambio de uso de suelo. Según estudios de Toledo Manzur (2003) y del Colegio de México (Schteingart y Salazar, 2005), en los últimos cuarenta años la cobertura forestal de la zona Sur de la Ciudad de México y del Ajusco se ha reducido en 27 y 35%, respectivamente, mientras que la urbanización ha aumentado entre 240 y 400%. De igual manera, en el Estado de México y en el estado de Morelos se han documentado numerosas pérdidas de ecosistemas naturales en las últimas décadas. Para el estado de Morelos se

estima una pérdida de 3000 a 4000 ha bosques y selvas por año (Conabio y UAEM, 2004; Conafor, 2013) y en el Estado de México se tienen tasas de pérdida anual de bosques y selvas de 1487 hectáreas (Pineda Jaimes *et al.*, 2009).

Se estima que en los últimos cincuenta años en el Bosque de Agua ha habido cambio de uso de suelo por deforestación que ha reducido en un 35% la cobertura del bosque y en contraparte ha habido un incremento del 400% de las áreas urbanas (Ecoba, 2012). Durante las últimas dos décadas se han impulsado en varias ocasiones la construcción de diversas autopistas y libramientos en el Bosque de Agua, que ya está fragmentado en cerca de 40 partes por las carreteras y autopistas existentes; estas últimas constituyen barreras a los movimientos para muchas especies de reptiles, aves y mamíferos endémicas del Bosque de Agua y del Eje Neovolcánico, y que además se encuentran amenazadas o en peligro de extinción. Este impacto del desarrollo de infraestructura urbana y de carreteras deteriora y disminuye la disponibilidad de hábitats y aísla reproductivamente a las poblaciones de las especies, lo que aumenta su riesgo de extinción.

4.2. Relevancia y problemática hídrica del Bosque de Agua

El Bosque de Agua se ubica en la parte alta o cabecera de cuatro cuencas hidrográficas (la del río Balsas al sur, la del Río Lerma al poniente, la de México al oriente y la del Pánuco al norte); de la primera forma parte el territorio del estado de Morelos y de las cuatro cuencas forman parte los territorios de la Ciudad de México y del Estado de México. Además, el Bosque de Agua es cabecera de 23 subcuencas hidrográficas (dos de la Ciudad de México, dos del estado de Morelos y 23 del Estado de México), dos de estas subcuencas (las de los ríos Yautepec y Apatlaco) se comparten entre las tres entidades, dos subcuencas se comparten entre dos entidades y 18 se ubican en solo una entidad (mapa 2). El Bosque de Agua es cabecera de 131 microcuencas hidrográficas.



Nota: BA = Bosque de Agua, ha = hectáreas.

Fuente: elaboración propia con base en Conagua (2020).

Cabe resaltar que las cabeceras o parte alta de estas microcuencas que se ubican en el Bosque de Agua son las zonas de mayor precipitación pluvial (entre 1000 y 1500 mm anuales) y recarga de los acuíferos (mapa 3) que abastecen a las áreas rurales y urbanas de la parte media y baja de las cuencas. Además, en diversas porciones del Bosque de Agua se presenta manantialismo (una alta densidad de manantiales y nacimiento de diversos ríos) (Pohle, 2018). Los límites de las cuencas, subcuencas y microcuencas hidrográficas no corresponden a los límites políticos de las entidades federativas, sino que se comparten entre estas, de ahí la necesidad de planificar y ordenar el territorio y el manejo integrado de cuencas hidrográficas con base en los límites de las cuencas, subcuencas y microcuencas (Jaramillo Monroy, 2019), como ya lo establece la nueva ley ambiental del estado de Morelos (Ley del equilibrio ecológico y de la protección al ambiente del estado de Morelos, 2022).



Fuente: elaboración propia con base en Conagua (2020).

Tabla 1
Balance de los acuíferos vinculados al Bosque de Agua

<i>Nombre del acuífero</i>	<i>R</i>	<i>DNC</i>	<i>VEAS</i>	<i>DMA+</i>	<i>DMA-</i>	<i>% DMA</i>
	<i>hm³/año</i>	<i>hm³/año</i>	<i>hm³/año</i>	<i>hm³/año</i>	<i>hm³/año</i>	<i>%</i>
Zona Metropolitana de la Ciudad de México	512.8	0	1020.03	0	-507.23	-99%
Cuernavaca	344.2	125.1	198.75	20.35	0	0
Cuatla-Yautepec	348.6	256	93.12	0	-0.52	-0.14%
Valle de Toluca	336.8	53.6	393.54	0	-110.34	-32.76
Chalco-Amecameca	74	0	99.42	0	-25.42	-34.35%
Cuatitlán-Pachuca	356.7	0	545.4	0	-188.7	-52.90%
Tepeji del Río	46.3	35.2	15.64	0	-4.54	-9.80%
Valle del Mezquital	515	293	184.43	37.57	0	0.00%
Polotitlán	47.6	36.2	13.03	0	-1.63	-3.42%
Ixtlahuaca-Atlacomulco	119	18	96.37	4.63	0	0.00%
Tenancingo	128.3	112.9	19.22	0	-3.82	-2.97%
Totales	2829.3	930	2678.95	62.55	-842.2	-34.7849

Nota: R = recarga total media anual, DNC = descarga natural comprometida, VEASm = volumen de extracción de aguas subterráneas, DMA = disponibilidad media anual, + positiva o – negativa, % = porcentaje de DMA.

Fuente: elaboración propia con base en datos de Conagua (2020).

El Bosque de Agua es en sí un gran corredor biológico e hidrológico, junto con las serranías que conforman la W en el centro del Eje Neovolcánico: 1. Las ANP de la Mariposa Monarca-Valle de Bravo- Nevado de Toluca y el Sistema del Cutzamala al poniente, 2. Las del Popo-Iztaccíhuatl y Cuenca del Amecameca y 3. El Bosque de Agua en la porción central. En conjunto representan una región vital para el abasto de agua de la MCM, así como para el mantenimiento de diversos servicios ambientales que permiten la calidad de vida y son garantía de la sustentabilidad ambiental de la megalópolis.

En el Bosque de Agua se recargan los 11 acuíferos (Conagua, 2020), que abastecen la mayor parte del agua potable a los habitantes de la MCM, a la Ciudad de México (70% del agua que consume), a Toluca (50%) (Semarnat-Conagua, 2021b) y a Cuernavaca (100%) (Ecoba, 2012). Este entorno es debido a que la mayor parte del territorio del Bosque de Agua se ubica en áreas de muy alta, alta y media permeabilidad hídrica, que se encuentran en la parte alta y media de las serranías y por tanto vitales para la recarga de los acuíferos (mapa 3).

El balance hídrico de los 11 acuíferos que se abastecen del Bosque de Agua se presenta en la tabla 1, donde destaca que 8 de los 11 acuíferos tienen déficit o se encuentran sobreexplotados en un 34.7% (mapa 3). Sobresale el acuífero de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México que, de acuerdo con Conagua, es el mayor nivel de sobreexplotación en el país con $-507.23 \text{ hm}^3/\text{año}$. Hay una recarga de $512 \text{ hm}^3/\text{año}$ y una extracción de $1020 \text{ hm}^3/\text{año}$ (100% respecto a la recarga) (Semarnat-Conagua, 2021a).

Con base en los datos de Conagua (2020), se hacen cálculos sobre el balance de disponibilidad de agua de estos acuíferos; se toman en cuenta los datos sobre el volumen de recarga anual total de los 11 acuíferos que es de 2829.30 hm^3 anuales, la descarga anual comprometida es de 930 hm^3 anuales, por su parte el volumen total de extracción de agua de dichos acuíferos es de 2678.95 hm^3 anuales, por lo que sumando estos dos parámetros (descarga anual comprometida más el volumen total de extracción) da un total de 3608.95 hm^3 anuales y la Disponibilidad media anual (DMA) es negativa o con un déficit de dichos acuíferos de -842.20 hm^3 anuales; es decir, se está extrayendo un 34.78% más agua de la que se recarga por año en estos 11 acuíferos (mapa 3). Aunado a esto, la mayor parte de las zonas de recarga de los acuíferos se han venido deforestando y cubriendo con cemento de la urbanización. De los 11 acuíferos que se abastecen del Bosque de Agua, ocho presentan DMA negativa o un déficit a causa de que se extrae un mayor volumen de agua de la recarga total anual del acuífero (Conagua, 2020).

De acuerdo con Semarnat-Conagua (2021a, 2021b), entre los problemas hídricos más relevantes de la región se encuentran: 1. El deterioro de cuencas y acuíferos que altera al ciclo del agua y, por ende, limita la disponibilidad del recurso e impacta a los ecosistemas, 2. Los principales acuíferos y cuencas en donde se asienta la mayoría de la población de la región se encuentran sobreexplotados y, en algunos casos puntuales, contaminados, 3. La deforestación en las partes altas de las cuencas afecta el escurrimiento natural del agua y 4. La urbanización desmedida ha reducido marcadamente las zonas de recarga, como es el caso en donde se asienta la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. Igualmente, destaca la disminución del aforo de los manantiales de la región (Pohle, 2018).

4.3. Resumen de la problemática del Bosque de Agua

Entre los principales problemas que enfrenta el Bosque de Agua se encuentran: declinación de ecosistemas forestales, erosión del suelo, cambio de uso de suelo, fragmentación de hábitat, cambio climático global y regional, incremento de lluvias torrenciales y temperatura, sobreexplotación y contaminación del agua superficial y subterránea, mayor urbanización e infraestructura, disminución de corredores biológicos e hidrológicos, aumento de especies exóticas invasoras, mayores incendios forestales y tala clandestina, incremento de la lluvia ácida, aumento de la extracción de recursos (madera, suelos, hongos, orquídeas, helechos y fauna), disminución de la calidad y cantidad del agua recargada, mayor estrés hídrico del bosque, crecimiento de la población e industria, menor disponibilidad de agua y deterioro de la calidad de vida humana y de la biodiversidad (Velázquez y Romero, 1999; Greenpeace, 2005; Schteingart y Salazar, 2005; Padilla *et al.* 2008; Ecoba, 2012; Padilla y Jaramillo, 2022).

5. Resultados de las entrevistas a actores clave

Se entrevistaron a 20 actores clave con los que se trataron 28 temas vinculados al proceso de planificación, establecimiento y puesta en marcha del Sanba y se obtuvieron un total de 329 respuestas, entre observaciones, críticas, recomendaciones y propuestas de mejora. Los principales resultados de las aportaciones de las entrevistas se resumen a continuación:

5.1. Principales observaciones y críticas a la propuesta del Sanba

Si el Sanba es impuesto por decreto del gobierno, difícilmente va a funcionar: va a ser un conflicto y un fracaso seguro. Se requiere de un gran esfuerzo para su establecimiento y manejo. El objetivo de crear el Sanba es un compromiso muy grande y ambicioso, ya que es un área muy conflictiva, compleja y extensa, con gobiernos fragmentados donde hay falta de coordinación y contradicción entre dependencias y niveles de gobierno.

Es urgente que se establezcan a la brevedad los corredores, porque el avance urbano y agropecuario los están estrangulando. Hay la tendencia favorable a la expansión de las zonas urbanas de la Ciudad de México, de Cuernavaca y de Toluca, fomentada por desarrolladores y políticos en espacios no aptos o no autorizados para ello. Esto se está dando en el pie de monte de las serranías donde se encuentran las principales zonas de recarga de los acuíferos y el reto es como detener esta urbanización que está dividiendo todo tanto a las comunidades como a los corredores biológicos e hidrológicos.

El crimen organizado vinculado a la tala ilegal sigue incrementando en número y en el territorio, por lo que afecta cada vez más al Bosque de Agua y a las comunidades. Muchas zonas del Bosque de Agua son un paso de drogas para consumo en la Ciudad de México, así como de tala y urbanización ilegal. Por su parte, el gobierno en general se encuentra rebasado por falta de aplicación de la ley y los problemas van creciendo.

La mayor parte de los ordenamientos ecológicos territoriales (OET) del Bosque de Agua ni se conocen ni se aplican en la práctica porque están disociados de la realidad social que está en otra dinámica en cuanto al uso del suelo. Hay muchas costumbres y tradiciones arraigadas en varias comunidades que contribuyen al deterioro (quema de pastos, tala, por mencionar algunas) o destrucción de ecosistemas y, por tanto, no favorecen al ambiente ni a la sociedad.

No hay recursos institucionales ni interés de los gobierno ni instancias de participación pública para gestionarlos. Faltan recursos para llevar a la práctica el Sanba y para que las OSC y las instituciones académicas participen, falta de conocimiento y valoración social y gubernamental sobre la importancia estratégica del Bosque de Agua y falta de conocimiento sobre el manejo del territorio del Bosque de agua, falta de personal y recursos operativos.

5.2. Principales propuestas y recomendaciones para la planificación y gestión del Sanba

La propuesta del Sanba es loable, pertinente, necesaria y urgente, por lo que requiere contar con un equipo de trabajo bien estructurado y funcional y con recursos presupuestales para atender y sostener las acciones prioritarias. También se necesita del apoyo y presupuestos de gobierno de manera efectiva y sostenida, así como de una estrategia y mecanismos de financiamiento para empoderar a las comunidades con una visión empresarial para el aprovechamiento sustentable de sus territorios. Se deben promover apoyos y estímulos a agricultores para establecer corredores de vegetación entre áreas agrícolas y forestales, que se intercalen plantaciones de árboles (ya sea frutales o maderables) y tener un mosaico de uso del suelo.

La solución no es por decreto, sino mediante el ordenamiento de las actividades humanas que hay entre los espacios que se quieren conectar a partir de actividades socioeconómicas que tiendan a la conectividad y que sean atractivas y viables para los dueños y poseedores de la tierra. La gestión del Sanba debe hacerse por nodos prioritarios entre zona rural y zona urbana a través de una amplia campaña de comunicación, concientización y educación a todos niveles y de acciones que involucren y beneficien a las comunidades.

Contar con diagnósticos integrales y actualizados de las dinámicas, cultura y costumbres de las comunidades y de la conflictividad de la propiedad de la tierra es base para establecer estrategias de intervención y valorar donde es viable establecer y manejar los corredores biológicos e hidrológicos. El Sanba debe basarse en fortalecer las capacidades y profesionalizar a los dueños y poseedores de la tierra y de las comunidades locales en la planificación, manejo y aprovechamiento sustentable del territorio para que sean los actores clave y también para ir integrando el sistema y que tenga continuidad.

El estrés hídrico y sobreexplotación de acuíferos a nivel regional es una oportunidad de gestionar la protección del Bosque de Agua como una de las mejores estrategias para atender el problema del agua y que se entienda el vínculo integral del agua y el Bosque de Agua. Por esta razón, se debe desarrollar una amplia campaña de concientización para que quienes se benefician en las ciudades de los servicios ambientales del Bosque de Agua contribuyan con recursos (por ejemplo pagando un porcentaje para la conservación del agua) y así las comunidades puedan dedicar esfuerzos para la conservación del Bosque de Agua.

Para la gestión del Bosque de Agua, seguir el modelo de impacto colectivo (Kania y Kramer, 2011) y que lo asuman los gobiernos, OSC, dueños poseedores de la tierra e instituciones académicas (Padilla Martínez y Jaramillo Monroy, 2022).

Promover el establecimiento y observancia del OET regional del Bosque de Agua que vincule la incorporación de los diversos instrumentos (OET, ANP, MICH) que sirva de base para la creación de un Comité de Ordenamiento Ecológico Territorial (COET) regional del Bosque de Agua encargado de coordinar la observancia del OET regional del Bosque de Agua y de establecer pasos de fauna en carreteras y autopistas que atraviesan el Bosque de Agua.

Incluir los ríos es lo más fácil para conectar ANP por la vegetación riparia y porque en parte son zona federal, además de considerar todos los sistemas de barrancas como espacios prioritarios de corredores biológicos e hidrológicos del Bosque de Agua. Por consiguiente, se deben elaborar y observar los balances hídricos y los programas de manejo intersectorial de todas las microcuencas hidrológicas prioritarias del Bosque de Agua y determinar los caudales ecológicos de los ríos del Bosque de Agua y gestionar que se apliquen. Se debe contar con diagnósticos y estrategias para proteger los pies de monte como áreas estratégicas para recarga de acuíferos y como corredores hidrológicos, así como ubicar las zonas de mayor infiltración de agua y establecerlos como corredores hidrológicos prioritarios.

6. Análisis de compatibilidad entre los instrumentos de uso del territorio, agua y biodiversidad

Entre los principales vacíos, omisiones y contradicciones entre instrumentos vinculados al Bosque de Agua en los temas de conservación de la biodiversidad, el agua y el uso de territorio, destacan los siguientes:

La sobreposición y contradicción entre instrumentos que regulan el uso del suelo a nivel local (municipal) y regional (estatal) se pudo detectar mediante la comparación de la cartografía y las disposiciones sobre el uso del suelo, que en la mayor parte de los municipios, principalmente del estado de Morelos al estar ubicado en la poligonal del Bosque de Agua, se sobreponen diversos instrumentos (ANP, OET, OT) que regulan el uso del suelo; sin embargo, no hay compatibilidad entre estos en cuanto a la delimitación de cada una de las unidades de uso del suelo y entre lo que disponen las políticas y normas de uso, por ejemplo que para un mismo espacio un instrumento permite la urbanización y el otro establece conservación de recursos naturales.

La falta de actualización de los programas de OET (POET). Tanto la Ley General de Ordenamiento Ecológico y de la Protección al Ambiente (LGEEPA) como las leyes estatales en materia ambiental establecen que los programas de ordenamiento ecológico territorial regional y locales deberán revisarse y, en su caso, actualizarse cada seis y tres años respectivamente. Sin embargo, esto prácticamente no se ha cumplido y la mayor parte de los programas están desactualizados.

La supremacía jerárquica de los programas de manejo de ANP federales sobre instrumentos de uso del suelo locales. En 2011 la Suprema Corte de Justicia de la Nación (Sentencia 72/2008, 2011) emitió una sentencia con base en la cual la Semarnat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales) asume que para la elaboración o actualización de los OET locales o regionales se deberán considerar las declaratorias y programas de manejo publicados de las ANP federales para regular el uso del suelo en los polígonos de dichas ANP, y esto tendrá preeminencia sobre cualquier otro instrumento de regulación de uso del suelo. Es decir, que los ayuntamientos y gobiernos estatales no podrán sobreponer sus POET y PDU sobre las poligonales de las ANP federales.

La falta de observancia de lo dispuesto en la legislación. Tanto la LGEEPA como las leyes ambientales estatales establecen una serie de disposiciones respecto a la elaboración, observancia, actualización de los POET, como es la creación y funcionamiento de instancias de participación intersectorial para la gestión de estos instrumentos, lo cual en términos generales no se está aplicando en la práctica por las autoridades responsables de atender estos temas. Al respecto, cabe mencionar que en la LGEEPA se establece que en la elaboración y actualización de los POET regionales y locales se deberán considerar a los límites de los acuíferos y del agua superficial como subterránea dentro del proceso de ordenamiento, además de que en dichos ordenamientos se establecerán límites de hasta dónde pueden llegar los asentamientos humanos, así como la obligatoriedad de crear y hacer funcionar los comités de OET (COET) como instancias de participación intersectorial, todo lo cual no se está cumpliendo.

La compatibilidad que debe existir entre instrumentos de OET y OT. Desde hace más de dos décadas se ha venido proponiendo en México la necesidad de compatibilizar o fusionar los instrumentos de planificación y ordenamiento del territorio: los POET y los OT o PDU, e incluso que estos sean manejados por una sola institución. Cabe aclarar que a nivel federal la LGEEPA dispone que se deben compatibilizar ambos instrumentos. Sin embargo, en la práctica estas disposiciones están pendientes de observarse en la mayoría de los casos.

La falta de observancia de los instrumentos. En general los POET, los programas de manejo de ANP y los programas de manejo de cuencas hidrológicas, no se observan en la práctica. Se elaboran, consultan y publican, pero no hay un seguimiento ni de las autoridades ni de la ciudadanía por dar cumplimiento en la práctica a lo que dispone la legislación y los propios instrumentos. En muchos de los casos no han sido ni siquiera elaborados o publicados, aunque esto sea obligatorio y los que están publicados no existen recursos humanos ni presupuestales para su observancia y vigilancia.

La falta de creación y funcionamiento de instancias de participación intersectorial para la observancia de los instrumentos. En la mayor parte de los municipios y de los estados, como el Estado de México, el de Morelos y la Ciudad de México no se han creado los comités o instancias de participación intersectorial para dar seguimiento y evaluación al cumplimiento de los POET, y si formalmente se han establecido, no sesionan porque a las autoridades o no les interesa o se sienten incómodos con los cuestionamientos y planteamientos de estas instancias de participación ciudadana.

Se encontró mediante la sobreposición cartográfica de las poligonales de las ANP que existen varios sobrelapamientos y huecos entre los polígonos de la ANP federales y estatales; destacan los encontrados en varias ANP del Estado de México y entre el Corredor Biológico Chichinautzin (Cobio) y los Parques Nacionales Tepozteco (PNT) y Lagunas de Zempoala (PNLZ). En el caso del PNLZ existen dos huecos con la poligonal del Cobio y hay sobreposiciones de la reserva estatal Otomí-Mexica con dos parques nacionales y 11 parques estatales. Estos casos contravienen el art. 46 de la LGEEPA, el cual establece que los gobiernos estatales no podrán crear ANP sobre polígonos de ANP de competencia federal ya existentes.

La urbanización ilegal de las ANP y la tala clandestina del bosque protegido. Uno de los mayores vacíos, contradicciones y omisiones en la región del Bosque de Agua es el que se refiere a la urbanización ilegal y la tala del bosque en las ANP que se ha venido incrementando en los últimos años. En cuanto a vacíos y omisiones es evidente porque que hay un claro vacío de autoridad y omisión de atender lo que la legislación, los decretos y programas de manejo les asigna para regular el uso del suelo, proteger los ecosistemas y especies y atender y sancionar los ilícitos de urbanización y tala ilegal y su impacto negativo sobre la biodiversidad, el agua y el suelo. La LGEEPA y las leyes estatales en materia ambiental establecen que no están permitidos nuevos asentamientos humanos dentro de las ANP y han sido múltiples los nuevos asentamientos humanos que se han establecido en las ANP federales. Desde 1947, existe una veda a los aprovechamientos forestales para el Estado de

México y la Ciudad de México; sin embargo, la tala ilegal ha tenido un aumento en los últimos años. Asimismo, se han venido incrementando diversos movimientos y demandas sociales a los gobiernos federal y estatales para que actúen y cumplan con lo que les mandata la legislación y atiendan de forma efectiva los ilícitos contra los ecosistemas forestales, sin resultados.

La falta de observancia de los decretos y programas de manejo de las ANP. La mayor parte de lo establecido en la normatividad que regula las ANP no se observa en la práctica, por una parte, por la escasez de recursos humanos, materiales y presupuesto operativo de las autoridades competentes que se ha agudizado en los últimos años para dar atención al manejo y administración de las ANP y, por otra, al desconocimiento, prácticas y cultura de cada una de las comunidades asentadas dentro y alrededor de las ANP, o incluso de los proyectos de los ayuntamientos o de los gobiernos estatales y federal para el desarrollo de infraestructura violando o modificando no solo los decretos y programas de manejo, sino incluso la legislación federal y estatal.

La falta de instrumentos para conectar las ANP y las OMEC en el Bosque de Agua. En los lineamientos para la conectividad de la UICN (Hilty *et al.*, 2021) se establece que una de las posibilidades para la conectividad entre ANP son las OMEC, que en el caso de México serían las unidades de manejo de vida silvestre, unidades de manejo forestal, por ejemplo. Sin embargo, las OMEC existentes en el Bosque de Agua son muy pocas y de tamaño pequeño. Lo que sí hay decretado para las diversas porciones del Bosque de Agua son las zonas protectoras forestales, zonas de protección de cuencas hidrológicas, entre otras más. La mayor parte de las cuales fueron establecidas en la administración del presidente Cárdenas. Estas áreas, aunque están decretadas no se reconocen oficialmente por la autoridad competente dentro de las ANP de México, por lo que es pertinente gestionar que se dé cumplimiento a lo que establecen los artículos transitorios séptimo y octavo de la propia LGEEPA para que estas sean reconocidas oficialmente como ANP y puedan sumar para la conectividad del Bosque de Agua.

7. Revisión del polígono del Bosque de Agua para la integración del Sanba

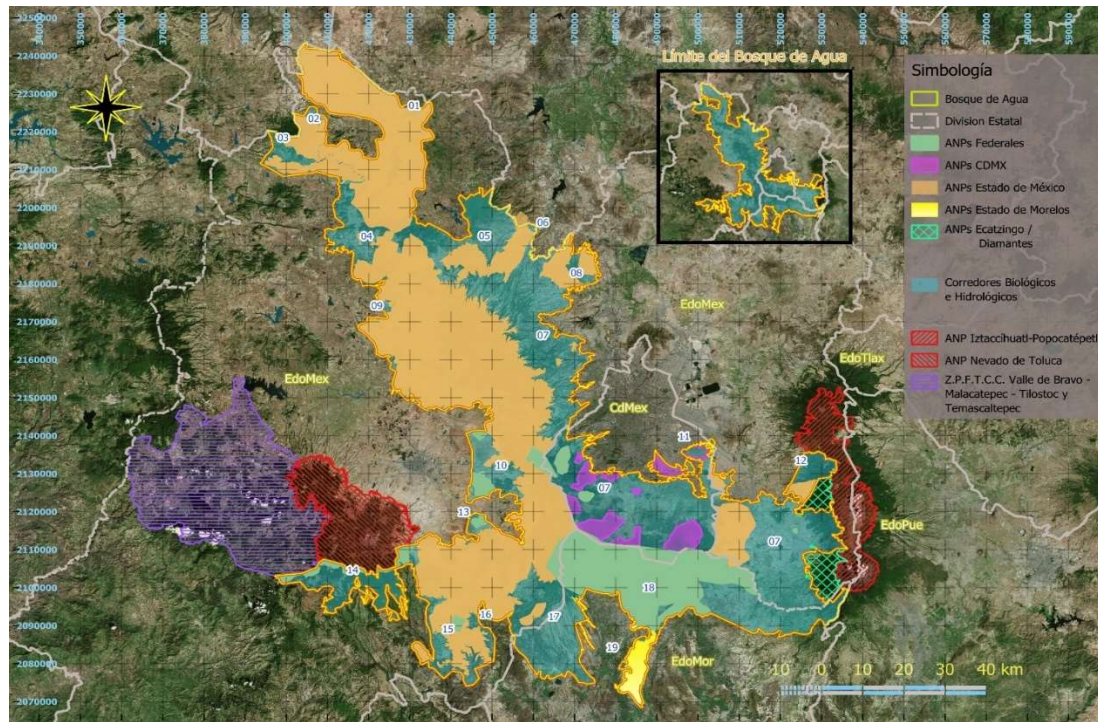
Como resultado del proceso de cartografía participativa para la revisión y actualización de la poligonal de Bosque de Agua, con el grupo de especialistas se llegó al acuerdo de elaborar una nueva poligonal para integrar el Sanba. Esta nueva poligonal tiene una extensión de 807,060 ha (mapa 4),

que incluye total o parcialmente los polígonos de ANP establecidas a nivel federal, estatal o municipal, o por acuerdos comunitarios para el establecimiento de corredores biológicos e hidrológicos hacia el norte con las ANP, áreas forestales y serranías ubicadas al norte de la Sierra de las Cruces, al oriente del Bosque de Agua, con la Sierra Nevada, las ANP del Estado de México y los Parques Nacionales Izta-Popo y Zoquiapan, y anexas, y hacia el poniente con las ANP del Estado de México y el ANP del Nevado de Toluca, que a su vez tiene conectividad con las sierras, áreas forestales y ANP Valle de Bravo y de la mariposa monarca.

La nueva poligonal del Bosque de Agua contiene 65 ANP establecidas por los gobiernos federal, estatales y municipales, así como por acuerdos comunitarios, dichas ANP cubren 58% del Bosque de Agua; varias están aledañas unas a otras, y se propone que, donde no existe esta situación, se establezcan corredores biológicos e hidrológicos para integrar el Sanba. De esta poligonal, 74% se ubica en el estado de México, el 11% en la Ciudad de México y el 15% en el estado de Morelos. Las 65 ANP incluidas en el Bosque de Agua en conjunto suman 466,065 ha: 14 ANP son de competencia federal, 51 de competencia estatal, cuatro comunitarias y dos de competencia municipal. De esas 65 ANP, 33 se ubican completamente dentro del polígono del Bosque de Agua, 38 se encuentran parcialmente, es decir, solo una parte de cada uno de sus polígonos se encuentran en el Bosque de Agua. La mayor parte (48) se ubica en el Estado de México, 17 en la Ciudad de México y seis en el estado de Morelos (mapa 4).

En los espacios del Bosque de Agua sin ANP se propone el establecimiento de 19 corredores biológicos e hidrológicos (que están numerados del 1 al 19 en el mapa 4). Estos abarcan 42% del Bosque de Agua y en conjunto suman 339,716.98 ha. Solo una tercera parte de las ANP cuenta con programa de manejo y son aún menos las que cuentan con personal y recursos asignados para su administración. La mayor parte de las tierras, incluyendo las ANP, está en propiedad de ejidos y comunidades que no son tomadas en cuenta para su manejo. Su estado legal de protección ha servido, pero de manera limitada para detener el deterioro de los ecosistemas. Tenemos que pensar de manera diferente y encontrar soluciones innovadoras para enfrentar retos inéditos para el manejo de las ANP y su conectividad.

Mapa 4
Propuesta del Sistema de áreas naturales protegidas, corredores
biológicos e hidrológicos del Bosque de Agua (Sanba)



Fuente: elaboración propia.

La oportunidad y propuesta es que a través de la coordinación y colaboración interinstitucional, intersectorial e interestatal existe un alto potencial para mejorar la situación actual a través de la mejora en la toma de decisiones y fortalecimiento de autoridades de los tres niveles de gobierno, participación activa de los dueños de la tierra, de comunidades locales, de OSC y de instituciones académicas para el establecimiento y manejo de un sistema eficaz de ANP, corredores biológicos e hidrológicos, que se creen sinergias, oportunidades y beneficios para las comunidades locales y para las poblaciones urbanas. Una de las principales contribuciones de la nueva poligonal del Bosque de Agua al manejo integrado del paisaje y a la conservación de los beneficios ambientales que aporta, especialmente el agua para los acuíferos de la MCM, es que establece puentes entre las diversas ANP existentes, así como con áreas forestales de las entidades del Estado de México, del de Morelos y de la Ciudad de México; sobresalen la Sierra Nevada hacia el oriente y el Nevado de Toluca al Poniente.

8. Propuestas para el establecimiento del Sanba:

Entre los principales retos y propuestas considerados para el establecimiento y manejo del Sanba se encuentra el convencimiento, participación, acuerdo y coordinación entre las dependencias de gobierno federales y estatales de la importancia estratégica de la creación del Sanba, de involucrarse, gestionar las reformas legales, de políticas públicas, presupuestos y de implementar los programas y acciones que estén a su alcance para involucrarse en el proceso de gestión del Bosque de Agua. Por tanto, es pertinente que se promueva la incorporación de la propuesta del Sanba y de la Ecoba 2012-2030 a las agendas, programas y presupuestos de dichas dependencias.

Se deben hacer los estudios técnicos justificativos (ETJ) y emitir los decretos correspondientes para crear los corredores biológicos e hidrológicos del Bosque de Agua (mapa 4), de acuerdo con lo dispuesto en los artículos 3, 29 y 30 de la Ley General de Cambio Climático (Ley General de Cambio Climático, 2023, art. 3, 29, 30).

Es necesario el establecimiento y observancia de un instrumento o convenio de coordinación interinstitucional, siguiendo el modelo de impacto colectivo (Kania y Kramer, 2011; Padilla Martínez y Jaramillo Monroy, 2022), que formalice y sienta las bases de la participación y suma de esfuerzos de las instituciones que estén dispuestas a colaborar para la creación y funcionamiento del Sanba, así como la creación y funcionamiento de la instancia de coordinación para su gestión, la cual en un inicio estaría integrada por los directivos o presidentes o representantes de las instancias de coordinación de instrumentos de planificación y gestión del territorio, el agua y la biodiversidad, como pueden ser de las ANP inmersas o aledañas al Bosque de Agua, de los comités de ordenamiento ecológico territorial regionales y locales, de los consejos o comités de manejo de cuencas, subcuencas o microcuencas hidrológicas. Igualmente, se debe incluir la participación de representantes de las secretarías de desarrollo sustentable o de medioambiente o sus equivalentes de las tres entidades y, posteriormente o a mediano plazo, de sus contrapartes a nivel municipal.

Otra opción para la coordinación intersectorial para la gestión del Bosque de Agua es promover la elaboración de un Programa de OET regional del Bosque de Agua con base en las recientes reformas que se establecieron en la LGEEPA (Decreto LGEEPA, 2022) para que en la elaboración o actualización de los OET se consideren a las cuencas hidrológicas y los acuíferos como parte del ordenamiento del territorio y la obligatoriedad de crear los comités de OET (COET), incluso con

la posibilidad de ser vinculantes y con representación y participación obligatoria del sector académico, de los dueños y poseedores de la tierra, de OSC y de comunidades indígenas. Y, por tanto, la posibilidad de crear y hacer funcionar el COET del Bosque de Agua como instancia de coordinación intersectorial para su gestión.

Es pertinente considerar la designación de un secretario técnico o, mejor aún, de un secretario ejecutivo que se encargue de dar cumplimiento y gestionar los acuerdos de la instancia de coordinación. Esta función puede recaer en algún funcionario, por ejemplo el director regional del Eje Neovolcánico de la Conanp, de alguno de los presidentes de los consejos de cuenca o del director de la Comisión Ambiental de la Megalópolis (Came). Otra opción es que, de contar con financiamiento para ello, el secretariado técnico o ejecutivo del Sanba lo asuma una persona de alguna de las OSC que han promovido la gestión del Bosque de Agua.

Otro reto primordial es contar con las bases legales e institucionales para el establecimiento y funcionamiento de una propuesta como el Sanba, es decir, actualmente ni en la legislación tanto federal como la del Estado de México y de la CDMX (excepto en el estado de Morelos que ya cuenta con legislación al respecto) cuentan con instrumentos legales y, por lo tanto, institucionales para la conectividad (establecer y manejar corredores biológicos e hidrológicos) entre ANP, para la coordinación y manejo integrado del paisaje, y que se incorpore el Sanba en los instrumentos de planificación y manejo del territorio, el agua y la biodiversidad, como son los OET, los OT, las ANP y los programas de manejo de cuencas hidrológicas. Para lograr contar con dichas bases legales y de colaboración interinstitucional e intersectorial, es necesario elaborar y promover las reformas pertinentes y necesarias en la legislación federal y de los estados involucrados en el Sanba.

Se deben elaborar y gestionar las propuestas para ir atendiendo y resolviendo los vacíos, omisiones y contradicciones entre instrumentos vinculados a la conservación de la biodiversidad, el agua y el uso de territorio en la región del Bosque de Agua, aunado al establecimiento de procesos y mecanismos que logren la compatibilidad, vinculación y complementariedad entre dichos instrumentos y la coordinación y suma de esfuerzos entre las instituciones responsables hacia una agenda común que tienda a la observancia de los instrumentos y a la conservación, integridad y funcionamiento de los socioecosistemas del Bosque de Agua.

Es necesario que a corto plazo (uno a dos años) elaborar y consensuar interinstitucional e intersectorialmente la propuesta del Sanba en sus aspectos técnicos, legales, políticos, sociales y elaborar, consensuar y poner en marcha la estrategia para que en el mediano plazo (tres a cinco años)

se pueda establecer, manejar y evaluar el Sanba, en donde se consideren principalmente su plan operativo y los procedimientos y mecanismos de participación de los dueños y poseedores de la tierra y de las comunidades indígenas en el establecimiento y manejo de los corredores biológicos e hidrológicos del Bosque de Agua.

La viabilidad ambiental de la MCM está en riesgo por la falta de una planificación y gestión integrada del territorio, el agua y la biodiversidad. Esto es debido, por una parte, principalmente al deterioro y destrucción de los ecosistemas que permiten el funcionamiento del ciclo hidrológico a nivel regional y, por otra parte, a la grave sobreexplotación de los acuíferos que abastecen la mayor parte del agua a la megalópolis.

Se requiere un cambio de políticas públicas y de la normatividad sobre el abasto de agua para la megalópolis que regulen y limiten la extracción de agua de los acuíferos con base en su recarga y lograr un balance positivo o equilibrado entre recarga y extracción. Se deben establecer en los planes hídricos de las cuencas que en el abastecimiento de agua para las ciudades y zonas rurales se dé prioridad al uso integral del agua mediante sistemas de captación, tratamiento y almacenamiento y de uso de agua de lluvia y tratamiento y reúso de aguas residuales, lo cual será una solución de fondo para valorar y hacer un uso integral y sustentable del agua para la sustentabilidad ambiental y económica de la MCM.

La otra alternativa de solución a la problemática del agua es el establecimiento y manejo del sistema de corredores biológicos e hidrológicos que se proponen para el Bosque de Agua, la cual permitirá la conectividad entre ANP y de este modo favorecer la conservación de los ecosistemas y especies de flora y fauna silvestres de la región, en especial las endémicas y amenazadas de extinción. Por su parte, con el establecimiento y manejo de los corredores hidrológicos, al ubicarse en las zonas de mayor precipitación pluvial y de muy alta y alta permeabilidad hídrica, se estará garantizando la protección de las zonas estratégicas para la recarga de los acuíferos que abastecen el agua a la MCM.

El futuro de la zona centro del país depende de lograr la integridad y funcionamiento de los ecosistemas del Bosque de Agua. Solo apoyando a los miles de comunidades indígenas y campesinos que viven y son dueños de este bosque, se podrá impedir que desaparezca devorado por las manchas urbanas y la tala ilegal (Greenpeace, 2005). Ante los escenarios de cambio climático, olas de calor, sequía, escasez de agua, sobreexplotación de mantos acuíferos, y muchos más que se presentan en la región centro del país, se considera que es un tema estratégico y de seguridad nacional el establecimiento y manejo del Sanba para la sostenibilidad hídrica y viabilidad ambiental de la MCM.

De lograrse el establecimiento y gestión del Sanba, se dará cumplimiento a los acuerdos internacionales suscritos por México, en especial los ODS, el Convenio de Diversidad Biológica, de Gestión Integral de Recursos Hídricos, así como a la legislación y políticas públicas mexicanas (planes, estrategias, programas) en materia de biodiversidad, de agua, de conservación de suelos, de territorio y de cambio climático. Con la gestión del Sanba se contribuirá significativamente a la calidad de vida tanto humana como de la biodiversidad en general, que compartimos en una de las regiones más privilegiadas de México: la del Anáhuac (“cerca del agua”).

Agradecimientos

Agradecemos la colaboración del Centro Geo para llevar a cabo esta investigación sobre el Bosque de Agua. Especial reconocimiento a los actores clave que aceptaron participar en las entrevistas y que aportaron observaciones, críticas propuestas y recomendaciones sobre el sistema de áreas naturales protegidas, corredores biológicos e hidrológicos del Bosque de Agua: Flora Guerrero Garro, Beatriz Padilla Martínez, Jazmín Moreno, María de Jesús Ordoñez, Tanya González, Ari Román, Anahí Olmos, Itzel Gómez Manjarrez, Carmen Díaz, Nuria Acosta, Jürgen Hoth, Armando Haddad Gorgi, Valentino Sorani Dalbon, Eduardo Cota Corona, Pablo Leautaud Valenzuela, Marco Antonio Castro Martínez, Rafael Obregón, Arnold Ricalde, Félix Jiménez y Mario González Aranda. Nuestro agradecimiento al personal de las dependencias de Gobierno Federal y del Estado de México, del de Morelos y de la Ciudad de México que colaboraron en la revisión y redelimitación del polígono del Bosque de Agua: Pablo Leautaud Valenzuela (Sedatu), Mavíael Saraí Velázquez Quintana (Sedatu), Isaac López Pozos (Conagua), Salvador Conteras Esparza (Conagua), Leslie Mariana Hernández Sandoval (Semarnat), José Juan Hernández Chávez (Semarnat), María Fernanda Olmos Orozco (Probosque), Mario González Aranda (Probosque), Ricardo Santana Mendoza (SDS-Gobierno del Estado de Morelos), Manuel Martín Torres Salgado (SDS-Gobierno del Estado de Morelos), Michelle Montijo Arreguín (Sedema-Gob. CDMX), Miguel González (Sedema-Gob. CDMX), Alejandro Gachuz Cayetano (Sedema-Gob. CDMx), Luis Miguel Robles Gil (ambientalista, CDMX). Agradecemos también a la Dra. Eliane Ceccon, investigadora del Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias-Universidad Nacional Autónoma de México, por la revisión de este artículo.

Siglas y acrónimos

ANP: Área natural protegida

Came: Comisión Ambiental de la Megalópolis

COET: Comité de Ordenamiento Ecológico Territorial

DMA: Disponibilidad media anual

Ecoba: Estrategia de Conservación del Bosque de Agua

LGEEPA: Ley General de Equilibrio Ecológico y de Protección al Ambiente

MCM: Megalópolis del Centro de México

MICH: Manejo Integrado de Cuencas Hidrológicas

ODS: Objetivos de Desarrollo Sostenible

OET: Ordenamiento Ecológico Territorial

OMEC: Otras Medidas Efectivas de Conservación

OSC: organizaciones de la sociedad civil

OT: Ordenamiento Territorial

PDU: Programa de Desarrollo Urbano

POET: Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial

Sanba: Sistema de áreas naturales protegidas, corredores biológicos e hidrológicos en el Bosque de Agua

Fuentes consultadas

Arizmendi, María del Coro y Márquez, Laura (2008). *Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves en México*. Conabio-Universidad de Texas.

Arriaga Cabrera, Laura; Aguilar Sierra, Verónica y Alcocer, Javier (Comps.) (2002). *Regiones Hidrológicas prioritarias: Aguas continentales y diversidad biológica de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. <https://bit.ly/3TxBCI4>

Arriaga Cabrera, Laura; Espinoza Rodríguez, José Manuel; Aguilar Zuñiga, Claudia; Martínez Romero, Eduardo; Gómez Mendoza, Leticia y Loa Loza, Eleazar (Coords.) (2000). *Regiones terrestres prioritarias de México*. Conabio. <https://bit.ly/3Vm4G6u>

- Cepanaf (Comisión Estatal de Parques Naturales y de la Fauna) (2023). Ubicación de Áreas Naturales Protegidas. Estado de México. <https://acortar.link/JFcUv6>
- Conabio (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad) (2022, 16 de marzo). *Convenio específico de colaboración para “Ampliar y consolidar la Plataforma: Sistema Nacional para la Consulta de la Conectividad Ecológica, como Instrumento de Política Ambiental”*. Conabio. <https://bit.ly/3ViOHWX>
- Conabio (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad) (2016). *Estrategia Nacional sobre Biodiversidad de México y Plan de Acción 2016-2030*. Conabio. <https://bit.ly/4b6bPgD>
- Conabio (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad) (2012). *Capital Natural de México: acciones estratégicas para su valoración, preservación y recuperación*. Conabio. <https://bit.ly/44b4KIL>
- Conabio (Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad) (2000). *Estrategia Nacional sobre Biodiversidad de México*. Conabio. <https://acortar.link/8e0Isl>
- Conabio y Conanp (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas) (2024). Áreas Naturales Protegidas Federales de México. Geoportal del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad de México (SNIB). <https://acortar.link/ALs2e7>
- Conabio-Conanp-TNC-Pronatura-FCF-UANL (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, The Nature Conservancy-Programa México, Pronatura, A.C., Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León) (2007). *Análisis de vacíos y omisiones en conservación de la biodiversidad terrestre de México: espacios y especies*. Conabio-Conanp-TNC-Pronatura-FCF-UANL. <https://acortar.link/uce1vh>
- Conabio y UAEM (Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad y Universidad Autónoma del Estado de Morelos) (2004). *La Diversidad Biológica en Morelos: Estudio del Estado*. Topiltzin Contreras, José Boyás y Fernando Jaramillo (Eds.). Conabio-UAEM. <https://acortar.link/NfmNI5>
- Conafor (Comisión Nacional Forestal) (2013). *Vegetación y Uso del suelo Estado de Morelos*. Semarnat-Conafor.

- Conagua (Comisión Nacional del Agua) (2023). Portal de Sistemas de Información del Agua. Sistema Nacional de Información del Agua, SINA 3.0. Cuencas y Acuíferos. <https://sinav30.conagua.gob.mx:8080/>
- Conagua (Comisión Nacional del Agua) (2020). Situación de los recursos hídricos, acuíferos. SINA. 3.0. <https://bit.ly/3UndZm2>
- Conanp (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas) (2025). Información Espacial de las Áreas Naturales Protegidas. Descarga de archivos SHAPE. Áreas Naturales Protegidas. <https://sig.conanp.gob.mx/Shape>
- Crooks, Kevin y Sanjayan, M. (Eds.) (2006). *Connectivity Conservation*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511754821>
- Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, en materia de ordenamiento ecológico del territorio nacional (2022, 11 de abril). *Diario Oficial de la Federación*. Poder Ejecutivo Federal. <https://bit.ly/4cgeMw3>
- Domínguez Serrano, Judith (2024). Seguridad hídrica en el Valle de México. Actas del Congreso de la Tierra, Mesa de Trabajo 35 “Cambio climático, sequías y gestión del agua potable en megalópolis”. 1 y 2 de julio de 2024, Buenos Aires Argentina.
- Ecoba (Estrategia para la Conservación del Bosque de Agua) (2012, marzo). *Estrategia para la Conservación del Bosque de Agua 2012-2030*. Fundación Gonzalo Río Arronte. Fundación Biosfera del Anáhuac, A.C. Pronatura México, A.C.
- ESRI (Environmental Systems Research Institute) (2021). ArcMap (version 10.22). <https://acortar.link/PILBHd>
- González-Villarreal, Fernando; Arriaga Medina, Jorge Alberto; Vázquez Herrera, Eduardo (2024). Perspectivas del agua en el Valle de México: propuestas hacia la seguridad hídrica. *Actas del Congreso de la Tierra, Mesa de Trabajo 35 “Cambio climático, sequías y gestión del agua potable en megalópolis”*. 1 y 2 de julio de 2024, Buenos Aires Argentina.
- Greenpeace (2005). *Por el gran bosque de agua*. Greenpeace. <https://bit.ly/3VfPesF>
- Hermoso López, Virgilio; Prenda, Jose; Linke, Simon y Possingham, Hugh (2011). Addressing longitudinal connectivity in the systematic conservation planning of fresh Waters. *Freshwater Biology*, 56(1), 57-70. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2009.02390.x>

- Hilty, Jodi; Worboys, Graeme L.; Keeley, Annika; Woodley, Stephen; Lausche, Barbara; Locke, Harvey; Carr, Mark; Pulsford, Ian; Pittock, Jamie; White, J. Wilson; Theobald, David M.; Levine, Jessica; Reuling, Melly; Watson, James E. M.; Ament, Rob y Tabor, Gary (2021). *Lineamientos para la conservación de la conectividad a través de redes y corredores ecológicos*. Serie Directrices para buenas prácticas en áreas protegidas No. 30. UICN. <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2020.PAG.30.es>
- Hilty, Jodi; Keeley, Annika; Lidicker, William y Merenlender, Adina (2019). *Corridor Ecology: Linking Landscapes for Biodiversity Conservation and Climate Adaptation*. Island Press.
- Inegi (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática) (2024a). Geografía y medio ambiente, hidrología. <https://www.inegi.org.mx/temas/hidrologia/>
- Inegi (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática) (2024b). Geografía y medioambiente. Uso del suelo y vegetación. <https://www.inegi.org.mx/temas/usosuelodv/>
- IUCN-WCPA (International Union for Conservation of Nature-World Commission on Protected Areas) (2019). *Recognising and Reporting Other Effective Area-based Conservation Measures*. IUCN. <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2019.PATRS.3.en>
- Jaramillo Monroy, Fernando (2019). Hacia la gestión intersectorial de microcuencas hidrológicas en Morelos [Tesis doctoral, Universidad Autónoma del Estado de Morelos]. <https://bit.ly/49N4UIx>
- Jaramillo Monroy, Fernando y Aguilar Benítez, Salvador (1998). Reserva de la biosfera del centro de México. *Memoria de la Mesa redonda: el norte del estado de Morelos: ¿una región?* Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Kania, John y Kramer, Marck (2011). Collective Impact. *Stanford Social Innovation Review*, 9(1), 36-41.
- Ley General de Cambio Climático (2023). *Diario Oficial de la Federación* (2012, 6 de junio). Última Reforma Diario Oficial de la Federación 15 de noviembre de 2023.
- Ley del equilibrio ecológico y la protección al ambiente del estado de Morelos (2022, 1 de septiembre). *Periódico Oficial Tierra y Libertad*. Congreso del Estado LV Legislatura. <https://bit.ly/3U5lywi>
- ONU (Organización de las Naciones Unidas) (2022, 20 de diciembre). *La COP15 finaliza con un acuerdo histórico por la Biodiversidad*. ONU. <https://bit.ly/3TckIxx>

- ONU (Organización de las Naciones Unidas) (2018). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe* (LC/G.2681-P/Rev.3). ONU.
- Oswald-Spring, Úrsula (2024). Bosque de agua y género para combatir la escasez de agua en la Megalópolis del Centro de México en la historia del Patriaceno. *Actas del Congreso de la Tierra, Mesa de Trabajo 35 "Cambio climático, sequías y gestión del agua potable en megalópolis"*. 1 y 2 de julio de 2024, Buenos Aires Argentina.
- Padilla Martínez, Beatriz y Jaramillo Monroy, Fernando (2022). Iniciativa Bosque de Agua. En Víctor Ávila Akerberg y Tanya González Martínez (Coords.), *Científicos y Sociedad en Acción por la Biodiversidad y la Sustentabilidad del Bosque de Agua de la Megalópolis de México* (pp. 9-15). UAEMéx.
- Padilla Martínez, Beatriz; Romero, Francisco; Jaramillo Monroy, Fernando; Guerrero, Flora; García, Raúl (2008). The *Water Forest* of Mexico city. A Vital but Imperiled Urban Wilderness. *International Journal of Wilderness*, 14(2), 28-33.
- Pineda Jaimes, Noel; Bosque Sendra, Joaquín; Gómez Delgado, Montserrat y Plata Rocha, Wenceslao (2009). Análisis de cambio del uso del suelo en el Estado de México mediante sistemas de información geográfica y técnicas de regresión multivariantes. Una aproximación a los procesos de deforestación. *Investigaciones Geográficas*, 69, 33-52. <https://bit.ly/3IvkQ6a>
- Pohle, Oscar (2018). Caracterización y diagnóstico físico de la microcuenca hidrológica de la barranca de Chalchihuapan, en *Plan de manejo de la microcuenca hidrológica de la barranca de Chalchihuapan*. Fundación Biósfera del Anáhuac, A.C. <https://bit.ly/3vOfVut>
- Prugh, Laura; Hodges, Karen; Sinclair, Anthony and Brashares, Justin (2008). Effect of habitat area and isolation on fragmented animal populations. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(52), 20770-20775. <https://doi.org/10.1073/pnas.0806080105>
- QGIS (Quantum Geographical Information System) (2023), QGIS (versión 3.34), QGIS Development Team. <https://acortar.link/O3tsO9>
- Resasco, Julian (2019). Meta-analysis on a decade of testing corridor efficacy: What new have we learned? *Current Landscape Ecology Reports*, 4, 61-69. <https://doi.org/10.1007/s40823-019-00041-9>

- Rudnick, Deborah; Ryan, Sadie; Beier, Paul; Cushman, Samuel; Dieffenbach, Fred; Epps, Clinton; Gerber, Leah; Hartter, Joel; Jenness, Jeff; Kintsch, Julia; Merelender, Adina; Perkl, Ryan; Preziosi, Damian; y Trombulak, Stephen (2012). The role of landscape connectivity in planning and implementing conservation and restoration priorities. *Issues in Ecology*, 16, 1-20.
- Sedema (Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno de la Ciudad de México) (2021). Portal de Datos Abiertos. Sistema Ajolote. Áreas Naturales Protegidas (base de datos). <https://acortar.link/p5zQWW>
- SEIARN Morelos (Sistema Estatal de Información Ambiental y de Recursos Naturales) (2021). Áreas naturales protegidas (ANP) Morelos. Web mapping application. <https://acortar.link/3x9MqB>
- Sentencia 72/2008 (2011, 18 de julio). Suprema Corte de Justicia de la Nación. Dictada por el Tribunal Pleno en la Controversia Constitucional, promovida por el Poder Ejecutivo Federal (Ponente Ministro Sergio A. Valls Hernández). <https://lc.cx/M1WbEX>
- Schteingart, Martha y Salazar, Clara (2005). *Expansión urbana, sociedad y ambiente: el caso de la Ciudad de México*. El Colegio de México.
- Semarnat-Conabio-Conafor-Conanp (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales-Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad-Comisión Nacional Forestal-Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas) (2017). *Visión Nacional de manejo integrado del paisaje y conectividad*. Semarnat, Conabio, Conafor y Conanp.
- Semarnat-Conagua (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales-Comisión Nacional del Agua) (2021a). *Programa Hídrico Regional 2021-2024, Región Hidrológico-Administrativa XII Aguas del Valle de México*. Semarnat.
- Semarnat-Conagua (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales-Comisión Nacional del Agua) (2021b). *Programa Hídrico Regional 2021-2024, Región Hidrológico-Administrativa VIII, Lerma Santiago Pacífico*. Semarnat.
- Toledo Manzur, Carlos (2003). *La deforestación en 24 Regiones PRODERS*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Velázquez, Alejandro y Romero, Francisco José (Comps.) (1999). *Biodiversidad de la Región de Montaña del Sur de la Cuenca de México: bases para el ordenamiento ecológico*. Universidad Autónoma Metropolitana-Campus Xochimilco.

Reseñas curriculares

Fernando Jaramillo Monroy. Doctor en Ciencias Naturales por la Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Posdoctorado en el Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias de la Universidad Nacional Autónoma de México. Actualmente es Director General de la Comisión Estatal de Biodiversidad de Morelos. Entre sus publicaciones más recientes destacan, como autor: Reserva de la biosfera del centro de México y el abasto de agua a la Megalópolis. En Víctor Ávila Akerberg y Tanya González Martínez (Coords.). *El agua en la megalópolis de México*. Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología (2025); como coautor: Water security with social organization and forest care in the megalopolis of central Mexico. *Water*, 17(22), 3245 (2025); Integrating pre-Hispanic human legacy in central Mexico to move toward adaptive land and water management. *Ethnobiology and Conservation*, 14, 1-20 (2025). Correo-e: fernando.jaramillo@morelos.gob.mx

Úrsula Oswald-Spring. Doctora en Antropología Social con especialidad en Ecología, por la Universidad de Zurich. Actualmente es investigadora del Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias de la Universidad Nacional Autónoma de México en el área de equidad y género. Estudió medicina, psicología, antropología y ecología en Madagascar, París, Zúrich y México. Es miembro del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) Grupo 2 e Integrante del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores, nivel III. Su línea de investigación actual es: reconceptualización de la seguridad, seguridad humana, de género y ambiental, manejo integral de una cuenca afectada por el cambio climático, riesgos, adaptación y resiliencia, vulnerabilidad de género entre migrantes ambientales, comparative study of vulnerability and resilience in floods in Thailand and Mexico y handbook on transition to sustainability. Ha colaborado con mujeres, campesina/os, indígenas, perseguida/os y grupos sociales marginales. Entre sus publicaciones más recientes se encuentran, como autora: Water Crisis in the Megalopolis of the Center of Mexico. Indigenous and Gender-based Management. *Japan Journal of Research*, 6(4), 107 (2025); Engendered-Sustainable Peace in the Patriacene: Future Threatened by Violence, Climate Change, Pandemics, and Tipping Points. *Peace & Change*, 50(1), 9-16 (2025); como coautor: Water security with social organization and forest care in the megalopolis of central Mexico. *Water*, 17(22), 3245 (2025). Correo e: uoswald@gmail.com

Amilcar Morales Gamas. Maestro en Ciencias Computacionales por el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey e Ingeniero Industrial en Electrónica por el Instituto Tecnológico de Puebla. Profesor, investigador y tecnólogo del Centro de Investigación en Ciencias de Información Geoespacial (CentroGeo). Sus líneas de investigación son: geoweb, geovisualización, bases de datos geoespaciales, infraestructuras de datos geoespaciales, desarrollo de aplicaciones móviles y análisis de datos. Entre sus publicaciones más recientes destacan, en coautoría: Complementarity in the Central Area of Mexico: The Spatial Interaction between Economic Activity and Connectivity. *Prostranstvennaya Ekonomika. Spatial Economics*, 21(2), 52-77 (2025); Geoprocesamiento de imágenes de radar para detección de cuerpos de agua mediante un servicio web (automatización). En Escuela Internacional de Negocios y Desarrollo Empresarial de Colombia (Coord.-Edit.). *La investigación como herramienta para el desarrollo científico y tecnológico. Vol. 18*, EIDEC, 283-296 (2023); Tecnología geoespacial como apoyo a los procesos comunitarios en el Bosque de Agua. En Víctor Ávila Akerberg y Tanya González Martínez (Coords.). *Científicos y Sociedad en Acción por la Biodiversidad y la Sustentabilidad del Bosque de Agua de la Megalópolis de México*. Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales/Universidad Autónoma del Estado de México, 228-234 (2022). Correo-e: amilcar@centrogeo.edu.mx

Mario Ledesma Arreola. Especialista en Geomática por CentroGeo. Actualmente es profesor y colaborador en CentroGeo. Sus líneas de investigación se relacionan con el ámbito geoespacial, con énfasis en GeoWEB, geoprocesamiento web, IDE/SDI (Infraestructuras de Datos Espaciales), análisis geoespacial, bases de datos geoespaciales, geocómputo e interoperabilidad, teledetección, geointeligencia, seguridad ciudadana, Big Data y aplicaciones móviles para uso en campo. Su trayectoria se ha centrado en el diseño e implementación de infraestructuras geoespaciales, la arquitectura y modelado de bases de datos espaciales, así como en el desarrollo de plataformas web y móviles orientadas a la captura, gestión, procesamiento y análisis de información territorial. Correo-e: mledesma@centrogeo.edu.mx