



Caracterización y percepción de los servicios ecosistémicos de un parque ecoturístico en un ejido del Estado de México, México

Characterization and perception of ecosystem services of an ecotourism park in an ejido in the State of Mexico, Mexico

Sofía Ochoa-López^{1*} ; Javier Gúzman-Sánchez² ; Carlos Peralta-Olmedo¹

¹Instituto Tecnológico de Gustavo A. Madero. Ciudad de México, México; e-mail: sofia.os@gamadero.tecnm.mx, carlos.po@gamadero.tecnm.mx

²Universidad Nacional Autónoma de México, Escuela Nacional de Lenguas, Lingüística y Traducción. Ciudad de México, México; e-mail: javier.guzman@enallt.unam.mx

*autor de correspondencia: sofia.os@gamadero.tecnm.mx

Cómo citar: Ochoa-López, S.; Gúzman-Sánchez, J.; Peralta-Olmedo, C. 2025. Caracterización y percepción de los servicios ecosistémicos de un parque ecoturístico en un ejido del Estado de México, México. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 28(1):e2633. <http://doi.org/10.31910/rudca.v28.n1.2025.2633>

Artículo de acceso abierto publicado por Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, bajo una Licencia Creative Commons CC BY-NC 4.0

Publicación oficial de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A, Institución de Educación Superior Acreditada en Alta Calidad por el Ministerio de Educación Nacional

Recibido: marzo 31 de 2024

Aceptado: enero 15 de 2025

Editado por: Sandra Quijas

RESUMEN

El concepto de servicios ecosistémicos refleja las distintas formas en que la sociedad interactúa con la naturaleza, los cuales suelen clasificarse según una percepción utilitarista; sin embargo, existen categorías que se basan en las funciones y estructuras ecológicas para resaltar la importancia de los componentes de la naturaleza y formas de relacionarse con ellas. Un acercamiento al estudio de los servicios ecosistémicos es en los ecosistemas urbanos. La mancha urbana de la Ciudad de México crece de manera acelerada, poniendo en riesgo la diversidad de áreas naturales protegidas establecidas en su periferia. Aunque la mayoría de estas áreas las manejan instituciones gubernamentales, resaltan las zonas de tenencia social destinadas a la conservación. El ejido Emiliano Zapata destinó el 90 % de su territorio al manejo forestal sustentable con el Parque Ecoturístico Bosque Esmeralda, en la zona de influencia de uno de los parques nacionales y en la que la producción agrícola y ganadera intensivas han tenido un impacto ambiental significativo. Se analizaron los cambios en la cobertura forestal, como reflejo del proceso de reconversión en el territorio, así como la percepción social de los actores involucrados. Se encontró que existen formas de valoración de servicios ecosistémicos adicionales a la utilidad de los recursos naturales. Este enfoque es importante en el marco del cambio climático y considerando la acelerada urbanización, comprender el funcionamiento de los ecosistemas y la relación con los beneficios que proveen es crucial para la planeación territorial.

Palabras clave: Áreas protegidas voluntariamente; Áreas periurbanas; Socioecosistemas; Conservación comunitaria; Cobertura forestal.

ABSTRACT

Ecosystem services are a concept that reflects the different ways in which society interacts with nature, which are often classified with a utilitarian approach. However, there are alternative classifications based on ecological function and structure to highlight certain natural elements or interactions' relevance that differ from natural resources or tangible benefits. One way to understand ecosystem services is to assess them in urban areas as ecosystems. The urban sprawl of Mexico City is growing quickly, putting at risk the diversity of protected natural areas established on its periphery. Although most of these areas are managed by government institutions, certain social property zones are voluntarily established for conservation. The ejido Emiliano Zapata has put more than 90% of its territory into forestry programs as an ecotourist park Bosque Esmeralda, in an area influenced by one of the most traditional national parks in Central Mexico, in which intensive agriculture and husbandry have had a significant environmental impact. In this study, forest cover changes were analyzed as a reflection of the reconversion process in the territory, as well as social perception from both ejido inhabitants and ecotourist park workers and visitors, to assess ecosystem services in addition to natural resource management. It was found that there are ways of valuing additional ecosystem services in addition to the usefulness of natural resources. This approach is important in the context of climate change, and considering accelerated urbanization, understanding the functioning of ecosystems and their relationship to the benefits they provide is crucial for territorial planning.

Keywords: Communitarian conservation; Forest cover; Peri-urban areas; Socioecosystems; Voluntary protected areas.

INTRODUCCIÓN

El concepto de servicios ecosistémicos (SSEE) incorpora la amplia diversidad de beneficios, tangibles e intangibles, que recibe la sociedad, a través de distintas interacciones con la naturaleza (Costanza *et al.* 1997; Balvanera & Cotler, 2009; Perevochtchikova *et al.* 2019). Su impacto es significativo y sostenido desde la década de 1990, tanto en reflexiones académicas como en instrumentos de política pública, como The Millennium Ecosystem Assessment, MEA (2005), que agrupa a los SSEE en cuatro categorías: regulación, soporte, provisión y cultural que, a su vez, sirvió como base para el desarrollo de la Plataforma Intergubernamental Científico-Normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas (IPBES), que los incluye en el amplio concepto de Contribuciones de la Naturaleza a las Personas (CNP) (Almeida-Leñero *et al.* 2007; Díaz *et al.* 2015 ; Perevochtchikova *et al.* 2019; IPBES, 2019).

Precisamente, el enfoque de CNP permite explorar las interacciones con mayor influencia social que, en su caso, se englobaban como SSEE culturales. Se reconocen 18, los cuales, se agrupan en tres categorías, según su aporte a la calidad de vida de las personas: reguladoras, materiales y no materiales, estos últimos reconocidos, principalmente, como elementos culturales (Díaz *et al.* 2018). Parte del impacto funcional de los SSEE, como concepto, les permitió ingresar en esquemas económicos e instrumentos de política pública; el enfoque de CNP de la IPBES le reconoce dicha ventaja, como parte de un sistema epistémico mayor, que atiende las interacciones socio-ecológicas de forma integral, más allá de la funcionalidad ecosistémica (Díaz *et al.* 2015; 2018; IPBES 2019); no obstante, se mantiene la fortaleza del concepto de SSEE con amplia aceptación, tanto en ámbitos académicos como políticos o de la sociedad civil (Perevochtchikova *et al.* 2019).

La producción científica con respecto a SSEE ha incrementado, desde la década de 1990, tanto a nivel mundial (Cornejo-Latorre *et al.* 2014) como en Latinoamérica (Perevochtchikova *et al.* 2019); sin embargo, las aproximaciones se mantienen, principalmente, enfocadas de manera separada hacia los componentes sociales o los ecosistémicos de las relaciones socio-ecológicas, aunque reflexiones, como las de Folke (2006) y Martín-López *et al.* (2007), apuntan a la necesidad de construir modelos conceptuales integradores. De hecho, en Latinoamérica la discusión sobre SSEE culturales, que incluyen percepción social, solo representaron el 17,5 % de las investigaciones de 1992 a 2017, aunque mantuvieron una tendencia positiva, desde representar el 1 %, en 2006; mientras que estudios explícitamente transversales, representaron el 5 % de la producción científica (Perevochtchikova *et al.* 2019).

La oportunidad de transitar a enfoques, como el de IPBES y la tendencia en incremento, a nivel mundial y latinoamericano, sugieren la pertinencia de vincular elementos ecosistémicos y sociales en valorizaciones integrales, en aras de comprender mejor las relaciones socio-ecológicas, sea como SSEE o de manera más amplia, como CNP. En México, esta comprensión es de particular interés, debido a la biodiversidad que alberga, al creciente

número de especies que se encuentran en alguna categoría de riesgo (Rodríguez *et al.* 2019), a la íntima relación que guarda su conservación con el bienestar social (Cornejo-Latorre *et al.* 2014) y al constante crecimiento de ciudades, como su capital, la Ciudad de México (CDMX), que se cuenta como una de las mayores urbes de la región (Montoya-Rodríguez & Alonso-Navarrete, 2024).

Los efectos del crecimiento urbano se identifican con mayor frecuencia en su periferia, cuyos contextos híbridos, dinámicos y heterogéneos implican efectos en el entorno, como el uso de suelo y degradación, así como en su entramado social (Bonilla-Bedoya *et al.* 2020; Rodríguez *et al.* 2021; Díaz-Pinzón *et al.* 2022). Ahí, se pueden encontrar áreas que permiten estrategias de desarrollo local sin cambio de uso de suelo, de manera que, al tiempo que se conservan SSEE y otras CNP, se establecen alternativas, con el objetivo de contener el avance de la mancha urbana (Bonfil Jiménez & Ribeiro Palacios, 2022). Es crucial comprender esas interacciones en un contexto de crecimiento constante y acelerado, como el de la CDMX (Pérez-Herrera *et al.* 2018; Montoya-Rodríguez & Alonso-Navarrete, 2024).

Ahora bien, la periferia de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), derivada de la expansión de la CDMX, incluye ecosistemas forestales en Áreas Naturales Protegidas (ANP), que han conseguido contener su crecimiento, aunque suman apenas 60.965,5 hectáreas, menos del 8 % de la superficie metropolitana (Hernández-García & Granados-Sánchez, 2006; Acosta Mireles *et al.* 2014). Estos ecosistemas resultan especialmente relevantes por su extensión y la amplia variedad de SSEE que proveen, como la captura y el almacenamiento de carbono, la conservación de una amplia biodiversidad (10,000 especies vegetales a nivel nacional) y la belleza escénica, entre otros elementos culturales (Monárrez-González *et al.* 2018; Martínez-Trinidad *et al.* 2021). Entre las ANP distribuidas alrededor de la CDMX destacan las áreas destinadas voluntariamente a la conservación, por ser novedosas e incluyentes, en tanto, se fundamentan en la intención social de conservar el territorio, como complemento de los esfuerzos gubernamentales (Urquiza García, 2019).

Un complemento crucial de las ANP es el involucramiento social en su manejo, a través de mecanismos de sensibilización, consulta y participación de las comunidades que habitan en torno o, incluso, dentro de las áreas, principalmente, por el hecho de que más del 60 % del territorio protegido es de propiedad social, a través de ejidos y comunidades agrarias (Merino Pérez, 2014; Lagunas-Vázquez *et al.* 2016). Así, incorporar la apreciación social de los SSEE es fundamental para su conservación, como indicador del involucramiento y medio de monitoreo de su calidad (Lazos & Paré, 2000; Quétier *et al.* 2007; Castillo *et al.* 2009; Merino Pérez, 2014). Por su parte, la información espacial permite identificar tamaño y localización de las ANP, para la planificación territorial y la construcción de resiliencia y adaptación en torno a las urbes (Calderón Contreras, 2016). Una aproximación sistémica, epistemológicamente sólida y basada en la estrecha relación entre los componentes humano-naturaleza es la de Sistemas Socio-Ecológicos o Socioecosistemas (Maass, 2007).

En este sentido, el presente estudio propone abordar, con un enfoque integral, las condiciones biofísicas vinculadas con los SSEE, vinculados con cobertura forestal y elementos culturales, como la percepción social, considerando que en su convergencia se fundamenta, en buena medida, la relevancia de estos espacios, como alternativas de desarrollo local, que incluyen formas de resistencia y resiliencia ante el crecimiento urbano. Así, como objetivo se plantea la caracterización como socioecosistema del ANP Bosque Esmeralda, Área Destinada Voluntariamente a la Conservación en el ejido Emiliano Zapata, localizado en la periferia de la ZMVM y el análisis de los SSEE reflejados en su cobertura forestal, así como elementos culturales vinculados con la percepción social de actores involucrados, tanto colaboradores del parque ecoturístico como visitantes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio de estudio. Los bosques en los volcanes Iztaccíhuatl y Popocatepetl constituyen una de las reservas forestales de mayor trascendencia, en una zona donde confluyen urbanizaciones de los estados de México, Morelos y Puebla, con el crecimiento de la propia ZMVM (Hernández-García & Granados-Sánchez, 2006; Acosta Mireles *et al.* 2014). En sus laderas occidentales, se encuentra el ejido Emiliano Zapata, dentro del municipio de Amecameca de Juárez. Este ejido cuenta con una extensión de 96,7 ha, de las cuales, más del 90 % se han destinado voluntariamente a la conservación, a través del Parque Ecoturístico Bosque Esmeralda (PEBE), para el impulsar el desarrollo del núcleo agrario, a través de la provisión de SSEE forestales: captura de carbono, por medio del manejo de bosque natural y de plantaciones forestales comerciales y actividades de ecoturismo (García Rodea *et al.* 2023) (Figura 1).

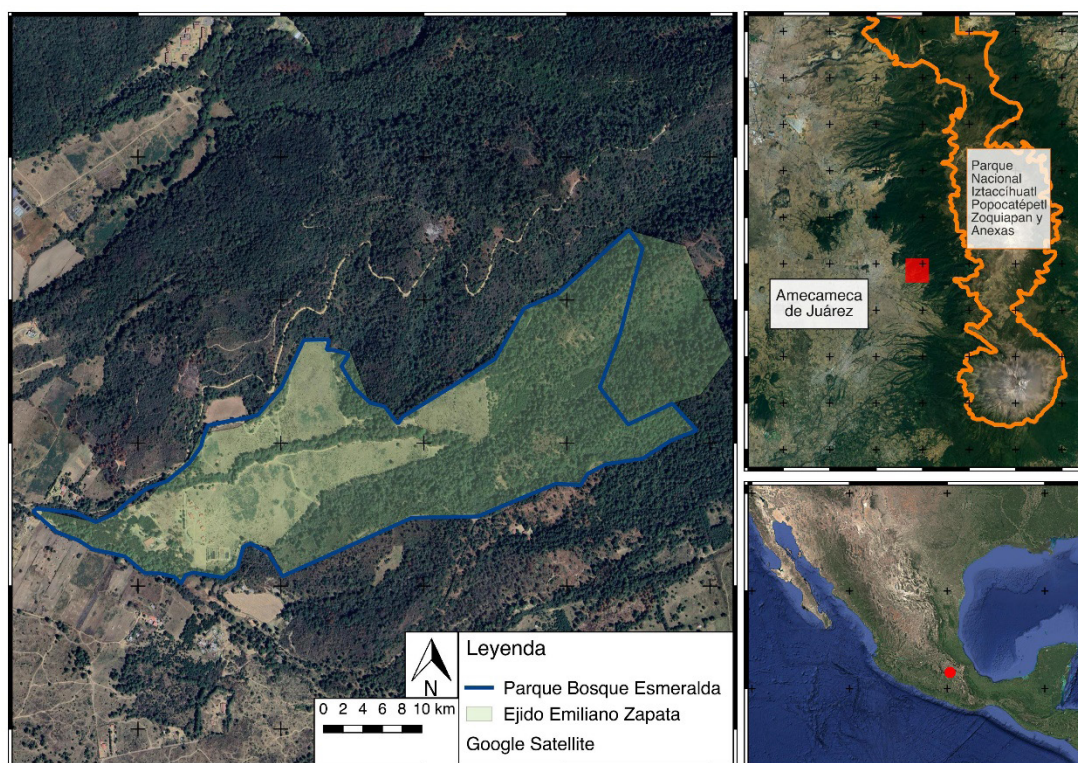


Figura 1. Mapa de ubicación del sitio de estudio con vista satelital de cobertura forestal en 2024. a) Se señala en azul, el límite del territorio del Parque Bosque Esmeralda; b) Cuadro rojo indica la ubicación del Parque con relación al municipio de Amecameca de Juárez y se resalta en anaranjado, el límite del Parque Nacional Iztaccíhuatl Popocatepetl Zoquiapan y Anexas; c) Se resalta con punto rojo la ubicación del área de estudio en el contexto del territorio mexicano.

Debido a su cercanía con el Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl y Anexas, el PEBE comparte condiciones ambientales de la Sierra Nevada en la sección centro-oriental de la Faja Volcánica Transmexicana; bosque templado de coníferas y latifoliadas, una variedad de climas, desde el templado húmedo al frío y muy frío, a medida que incrementa su altura, temperatura media entre 12 y 18 °C (CONANP, 2013; Acosta Mireles *et al.* 2014). La zona está catalogada como Región Prioritaria para la Conservación en México e incluye 808 comunidades con, aproximadamente, un millón y medio de habitantes (CONANP, 2013). Fuera del Parque Nacional, el aprovechamiento forestal maderable es la

actividad forestal de mayor importancia económica; otras actividades, incluyen la agricultura de temporal, la ganadería y el turismo rural (Hernández-García & Granados-Sánchez, 2006; CONANP & GIZ, 2017).

Percepción social. Se identificaron como actores clave a los colaboradores del PEBE y a los visitantes. Para identificar el conocimiento y la percepción respecto a los SSEE y el estado de conservación en el parque, se realizaron 97 encuestas (55 colaboradores y 42 visitantes), de 40 preguntas, en el periodo de julio a diciembre de 2022. Con estas preguntas se procuró

cubrir aspectos como: frecuencia de visita, gastos generados por la visita, estado de conservación, actividades desempeñadas, problemáticas ambientales, conocimiento de los SSEE, amenazas y bienestar humano. Se midieron variables de tipo cualitativo, cuya frecuencia por tipo de actor fue analizada con el método de χ^2 de Pearson, en el software estadístico R 4.2.2. (R Core Team, 2023).

Cobertura forestal. Para evaluar el cambio de cobertura forestal, se utilizó el método de Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI, por sus siglas en inglés) que, a través de la firma espectral de la vegetación, entre la banda visible e infrarrojo cercano, permite estudiar cambios ecológicos mediante imágenes satelitales, determinar el tipo de cobertura, evaluar su variación temporal o establecer el estado de salud vegetal (Alcaraz-Segura *et al.* 2008; Meneses-Tovar, 2012; Campaña-Olaya & Tafur, 2021). Se utilizaron imágenes LANDSAT, que contienen bandas espectrales con proyección cartográfica Universal Transversal de Mercator (WGS 84), obtenidas del portal United States Geological Survey (USGS) Earth Explorer (<https://earthexplorer.usgs.gov>), en una secuencia de cada 5 años, durante el periodo de 1980 al 2020 (1980, 1985, 1991, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015 y 2020), en sintonía con la periodicidad cubierta por el Inventario Nacional Forestal y de Suelos (SEMARNAT, 2004) y acotadas a marzo, mayo, agosto, septiembre, octubre y noviembre, para minimizar cambios derivados de las temporadas de secas y lluvias. Se analizaron, específicamente, las bandas 5 y 6 de las imágenes Landsat 1-5 MSS C1 Level-1 y las bandas 3 y 4, tanto para imágenes Landsat 4-5 TM C1 Level-1 como para las imágenes Landsat 7 ETM+ C1 Level-1, con el complemento Semi-Automatic Classification y la herramienta SAGA Vegetation Index del software QGIS 3.22.9 (Campos *et al.* 2018). Posteriormente, se evaluó la cobertura forestal con la ecuación de NDVI (ecuación 1) (Meneses-Tovar, 2012):

$$NDVI = \frac{IRC - R}{IRC + R} \quad \text{ecuación 1.}$$

Donde:

NDVI: Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada.

R: reflectividad de la región del rojo, luz roja.

IRC: reflectividad de la región infrarrojo, infrarrojo cercano.

El NDVI oscila entre valores negativos (-1) y positivos (+1), según la estructura, fisonomía y densidad de la vegetación (Campaña-Olaya & Tafur, 2021). Los valores negativos corresponden a estados degradados en la cobertura, mientras que los valores positivos representan vegetación vigorosa (López-Pérez *et al.* 2015; Campaña-Olaya & Tafur, 2021).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Percepción de servicios ecosistémicos por actores involucrados.

Los servicios mencionados por los actores se clasificaron con base en la clasificación de SSEE, utilizada por MEA (2005). Las respuestas

obtenidas con las 97 encuestas se pueden agrupar en tres categorías: culturales, de regulación y soporte, y de abastecimiento. La categoría más reconocida por los actores fueron los culturales (54 %), seguida de los de regulación y soporte (32 %) y finalmente los de abastecimiento (14 %). No se encontraron diferencias significativas entre las respuestas de ambos actores al reconocer los SSEE por categoría ($\chi^2_2 = 4,8, p = 0,087$). Esta tendencia coincide con otros estudios, donde los servicios de regulación, como el clima local, la mitigación del efecto de isla de calor y la purificación de aire (Hardin & Jensen, 2007; Gunawardena *et al.* 2017; Matos *et al.* 2019) son menos mencionados por las personas. Asimismo, se coincide con la baja frecuencia de mención de los servicios de apoyo, como la conservación de especies de aves y abejas (Li *et al.* 2016).

También, se ha reportado que en áreas verdes, principalmente dedicadas a la conservación, no se suelen reconocer los servicios de abastecimiento (Quintas-Soriano *et al.* 2018). Los servicios culturales suelen ser los más reconocidos por las personas (Martín-López *et al.* 2014; Garrido *et al.* 2017; García-Llorente *et al.* 2016; Quintas-Soriano *et al.* 2018); entre los ejemplos de servicios culturales más mencionados se encuentran el ser espacios para realizar ejercicio, proveer tranquilidad, descanso y salud mental (Nesbitt *et al.* 2017; Ngulani & Shackleton, 2019).

Aun cuando las encuestas a colaboradores cuentan con mayor número de respuestas, fueron los visitantes quienes reconocieron una mayor variedad de SSEE (Figura 2a); en particular, la categoría de abastecimiento presenta la mayor diversidad (10 bienes y servicios identificados Figura 2b), seguidos por los SSEE culturales (Figura 2c) y, finalmente, los que fueron igualmente mencionados por sus beneficios de regulación y de soporte del socioecosistema (Figura 2d).

Se encontró previamente que en sitios con un manejo ecoturístico, los turistas/visitantes reconocen los servicios culturales, como recreación, espiritualidad y bienestar social; que estas áreas naturales brindan, lo que coincide con las respuestas de los visitantes y de los colaboradores del PEBE ($\chi^2_{20} = 27,67, p = 0,12$). Entre los servicios culturales más mencionados se encontraron el ecoturismo, la belleza escénica, la conexión con la naturaleza y la relajación. Afortunadamente, para el manejo sustentable de estas áreas, tanto visitantes como las personas encargadas del manejo de áreas naturales, reconocen y buscan mantener este tipo de servicios (Menzel & Teng, 2010; Nahuelhual *et al.* 2013).

Por su parte, los SSEE de abastecimiento fueron los que presentaron mayor diversidad de respuestas. Aunque el ANP incluye, como actividad productiva, solamente las plantaciones forestales comerciales de árboles de navidad; tanto visitantes como colaboradores reconocieron otras formas de extracción de recursos en bosques semejantes. Precisamente, la relevancia de este tipo de SSEE, se suele asociar con el aprovechamiento de recursos naturales; un ejemplo se puede reconocer en la importancia de humedales en función de la producción pesquera (Bautista Gómez *et al.* 2023; Hernández Marmol *et al.* 2024). Si bien el aprovechamiento de recursos naturales los vincula con el bienestar, su preponderancia puede sesgar las políticas públicas hacia una perspectiva utilitarista, que ignora la diversidad de factores necesarios para la provisión de SSEE (Mujica, 2022).

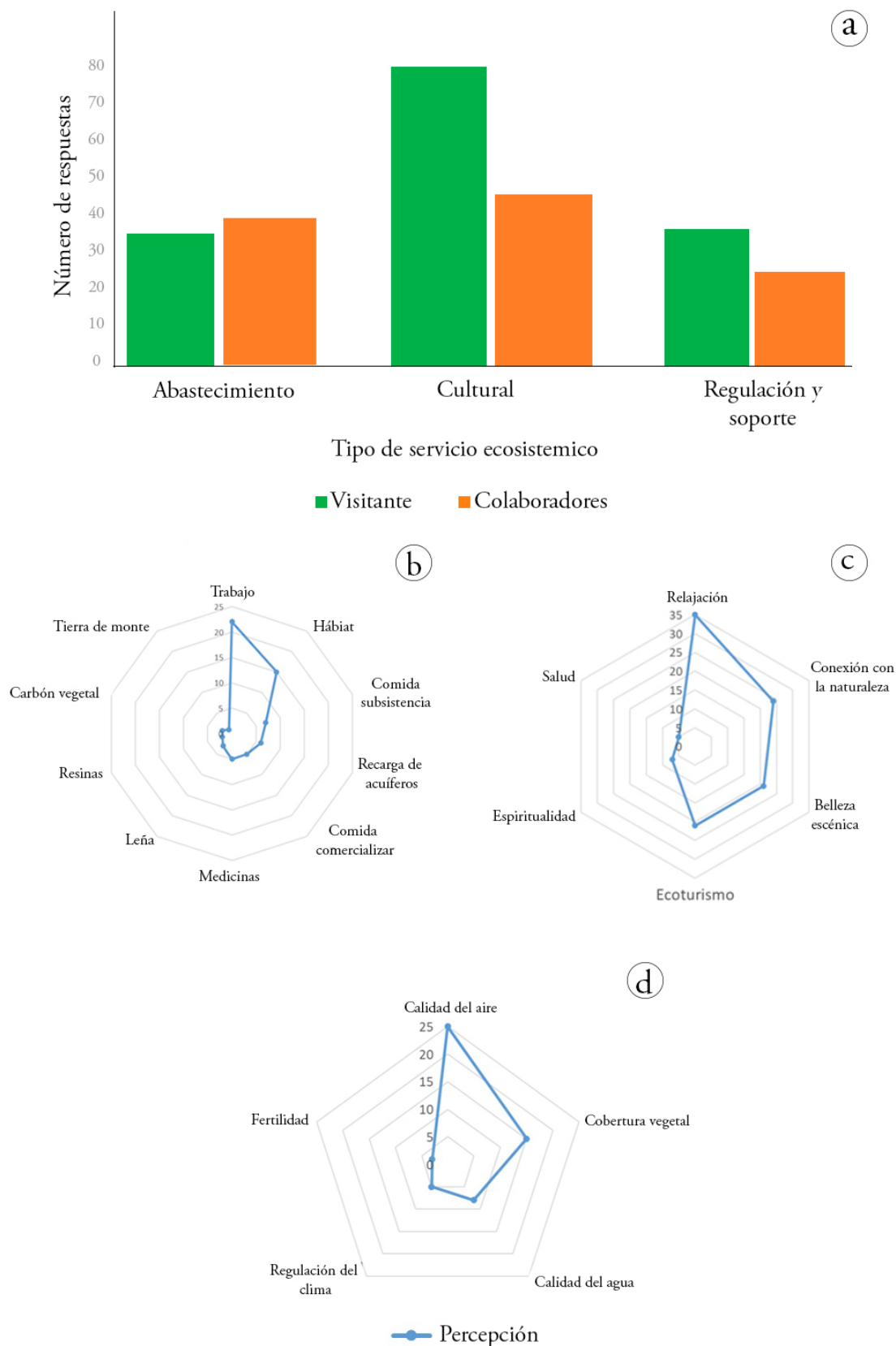


Figura 2. a) Número de respuesta al identificar servicios ecosistémicos dentro del Parque Ecoturístico Bosque Esmeralda por visitantes (verde) y colaboradores (azul). Asimismo, se muestra el número de respuestas de ambos tipos de actores, para los servicios reconocidos por categoría de servicio ecosistémico; b) abastecimiento; c) culturales y d) regulación y soporte.

Evaluación de cambio de cobertura forestal. Los patrones de cambio en la cobertura forestal se registraron con valores de NDVI, considerando que valores bajos de NDVI se relacionan con áreas carentes de vegetación o sin ella (0,1 a 0,2), mientras que valores mayores a 0,4 denotan zonas con cobertura forestal o pastizal. Los valores negativos se relacionan con la presencia de áreas perturbadas o urbanas. Los registros para el PEBE reflejan el cambio en las prácticas de manejo del territorio. Entre 1981 y 1991 (Figura 3 a y b), se mantuvo como vegetación ligera con mayor frecuencia de píxeles que las zonas con vegetación perturbada. En los años posteriores al 2000 (Figura 3 c, d y e), los valores reflejan

una condición vigorosa en la cobertura, lo que concuerda con la implementación del parque como actividad ecoturística. A partir de ello, se comienzan campañas de reforestación, aprovechamiento maderable sustentable y la construcción de cabañas para alojar a los turistas. De acuerdo con la percepción de colaboradores del PEBE y habitantes del ejido Emiliano Zapata, los registros de NDVI confirman la reconversión productiva desde aprovechamiento agrícola intensivo antes de 2000 y la operación del PEBE, a partir del 2012, con reforestaciones y de 2014, con la venta de árboles de navidad, lo que permitió añadir programas de manejo y de conservación forestal.

Histograma ráster

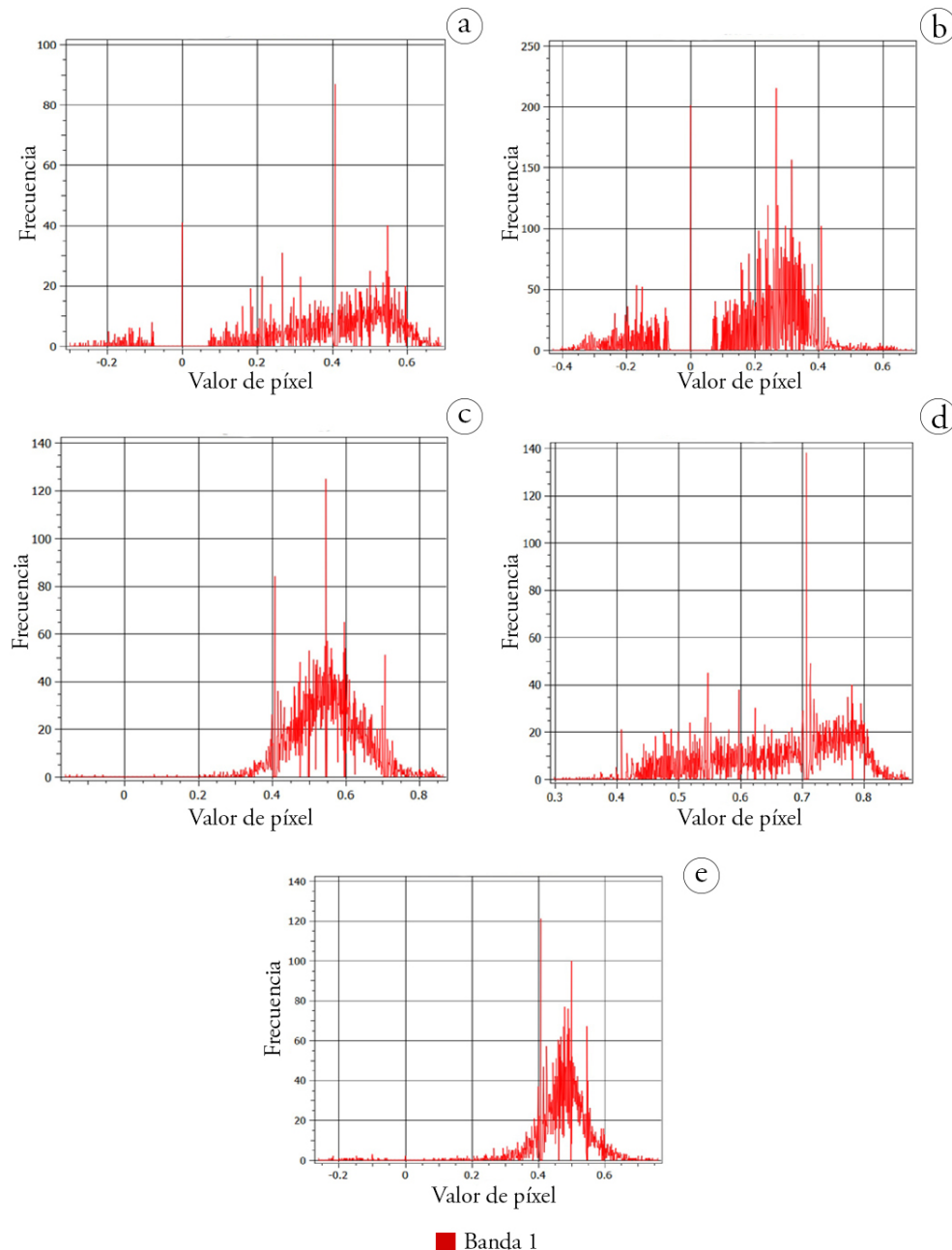


Figura 3. Histogramas de los valores promedios anuales de NDVI para el Parque ecoturístico Bosque Esmeralda. a) 1981; b) 1991; c) 2000; d) 2010 y e) 2020. Mientras más compactas este la dispersión del histograma, indica una mejor cobertura forestal, lo que se observa que para el 2020, la calidad de la vegetación ha mejorado en comparación con los años anteriores.

Asimismo, a través de la percepción de colaboradores y habitantes, se pudo notar que para ellos fue alentador observar cómo sus esfuerzos de conservación y de manejo del bosque se reflejaba en mejores valores de cobertura forestal. Es importante favorecer y enriquecer los esfuerzos realizados por estos tipos de comunidades, que tienen una iniciativa propia en conservar sus áreas naturales. En estudios donde se han evaluado el éxito de estrategias de conservación de áreas forestales, se recomienda que para que este tipo de estrategias funcionen a largo plazo, primero, se integre la colaboración entre comunidades locales, academia y organizaciones civiles o gubernamentales; en segundo lugar, que se deben alinear las estrategias con las políticas y herramientas gubernamentales y, finalmente, que se generen puentes de comunicación para compartir información de los resultados y el aprendizaje generado con las estrategias (Evans *et al.* 2022).

Los servicios reconocidos que brinda el PEBE, tanto por visitantes como por colaboradores del parque, coinciden con un manejo ecoturístico, donde se da prioridad a la búsqueda de relajación y belleza escénica, como los principales servicios mencionados. Adicionalmente, los colaboradores reconocen un servicio de abastecimiento, al ser este parque su fuente de trabajo e ingresos.

La calidad de la vegetación obtenida con el NDVI demuestra que ha aumentado desde que comenzó a funcionar el PEBE como parque ecoturístico, lo que demuestra que, dentro de él, han sido clave las estrategias de reforestación, de conservación y de manejo sustentable, que han realizado sus integrantes. Estas acciones han permitido mejorar la calidad de sus bosques, lo que ha repercutido en un aumento de visitantes y, por ende, mayor ingreso para sus familias.

Faltan todavía estrategias que ayuden a sensibilizar y educar a sus visitantes y a los mismos colaboradores, para lidiar con el impacto que generan las actividades ecoturísticas. Esto se observa, sobre todo, durante las temporadas de mayor afluencia, ya que se genera una gran cantidad de residuos y aumenta la compactación del suelo en áreas dedicadas a la conservación. En este sentido, se pueden desarrollar talleres de educación ambiental y materiales visuales, para que trabajadores y visitantes tengan un mejor conocimiento de lo que representa un área natural y su conservación. Además, se puede desarrollar señalética acorde a las necesidades del PEBE, lo que permitirá una mejor conservación de los bosques y, en consecuencia, una disponibilidad de SSEE a la creciente urbanización que, cada vez, gana más espacio a las áreas naturales.

Agradecimientos. Los autores agradecen al Instituto Tecnológico de Gustavo A. Madero, por permitir el uso de sus instalaciones para el desarrollo del trabajo de gabinete de este proyecto. Además, agradecen profundamente el apoyo del ejido Emiliano Zapata y al personal del Parque Ecoturístico Bosque Esmeralda, por facilitar el desarrollo de la presente investigación. Asimismo, la colaboración incondicional de la bióloga Montserrat Godínez, la ingeniera Mariam Javier y el C. Iván Martínez. **Financiamiento:** Financiamiento propio y aportación del ITGAM. **Conflicto de intereses:** El presente manuscrito fue preparado y revisado por todos los autores enlistados, que declaramos no tener conflicto de

intereses que genere un riesgo en la validación de los resultados. **Contribución de los autores:** La coordinación del proyecto fue realizada por Sofía Ochoa López; la concepción inicial del artículo fue diseñada por Carlos Peralta Olmedo; la redacción y edición del artículo fue realizada por Sofía Ochoa López, Javier Guzmán Sánchez y Carlos Peralta Olmedo.

REFERENCIAS

- ACOSTA MIRELES, M.; CARRILLO ANZURES, F.; DELGADO, D.; VELASCO BAUTISTA, E. 2014. Establecimiento de parcelas permanentes para evaluar impactos del cambio climático en el Parque Nacional Iztapopopo. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. 5(26):6-29. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v5i26.287>
- ALCARAZ-SEGURA, D.; BALDI, G.; DURANTE, P.; GARBULSKY, M.F. 2008. Análisis de la dinámica temporal del NDVI en áreas protegidas: tres casos de estudio a distintas escalas espaciales, temporales y de gestión. *Ecosistemas*. 17(3):108-117.
- ALMEIDA-LEÑERO, L.; NAVA, M.; RAMOS, A.; ESPINOSA, M.; ORDOÑEZ, M.J.; JUJNOVSKY, J. 2007. Servicios ecosistémicos en la cuenca del río Magdalena, Distrito Federal, México. *Gaceta Ecológica*. 85:53-64.
- BALVANERA, P.; COTLER, H. 2009. Estado y tendencias de los servicios ecosistémicos. En: Sarukhán, J.; Dirzo, R.; González, R.; March, I.J. *Capital natural de México. Volumen II: Estado de conservación y tendencias de cambio*. Conabio. México. p.185-245.
- BAUTISTA GÓMEZ, G.; MANJARREZ, P.L.; CRUZ CÁRDENAS, G. 2023. Evaluación de la percepción social de los valores, usos y problemática del sistema humedal-urbano en Mazatlan, Sinaloa. *Impluvium*. 25:83-90.
- BONFIL JIMÉNEZ, U.; RIBEIRO PALACIOS, M. 2022. Mercantilización de las áreas naturales protegidas y gentrificación verde metropolitana. El caso de la ciudad de Querétaro, México. *PACHA. Revista De Estudios Contemporáneos Del Sur Global*. 3(9):147. <https://doi.org/10.46652/pacha.v3i9.147>
- BONILLA-BEDOYA, S.; MORA, A.; VACA, A.; ESTRELLA, A.; HERRERA, M.Á. 2020. Modelling the relationship between urban expansion processes and urban forest characteristics: An application to the Metropolitan District of Quito. *Computers, Environment and Urban Systems*. 79:101420. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2019.101420>
- CALDERÓN CONTRERAS, R.C. 2016. El rol de las áreas naturales periurbanas para la resiliencia al cambio climático de las metrópolis: el caso de la ciudad de México. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*. 25:69-79.

- CAMPAÑA-OLAYA, J.; TAFUR, E.G. 2021. Análisis multitemporal mediante SIG de la sequía y la deforestación en la Reserva Nacional de Tumbes-Perú, 1986-2019. *Manglar*. 18(3):267-274.
- CAMPOS, A.; GUERRERO, E.; GINES, E. 2018. Evolución de la cobertura vegetal en el Parque Nacional Cerros de Amotape de Tumbes, utilizando el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI): 2000-2014. *Manglar*. 15(1):47-56.
- CASTILLO, A.V.; CORRAL, E.; GONZÁLEZ, L.; PARÉ, M.; PAZ, J.; REYES, Y.; SCHTEINGART, M. 2009. Conservación y sociedad. En: Sarukhán, J.; Dirzo, R.; González, R.; March, I.J. *Capital natural de México. Volumen II: Estado de conservación y tendencias de cambio*. Conabio. México. p.761-801.
- COMISIÓN NACIONAL DE ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS, CONANP. 2013. Programa de Manejo Parque Nacional Iztacihuatl Popocatepetl. 185p.
- COMISIÓN NACIONAL DE ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS, CONANP; DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT, GIZ. 2017. Valoración de los Servicios Ecosistémicos del Parque Nacional Iztacihuatl-Popocatepetl. Ciudad de México. Proyecto de Valoración de Servicios Ecosistémicos de Áreas Naturales Protegidas Federales de México: una herramienta innovadora para el financiamiento de biodiversidad y cambio climático. EcoValor. México. 112p.
- CORNEJO-LATORRE, C.; CALDERÓN-PATRÓN, J.M.; SUAREZ-RAMÍREZ, L. 2014. Los servicios ambientales y la biodiversidad. *Investigación ambiental Ciencia y política pública*. 6(1):53-60.
- COSTANZA, R.; D'ARGE, R.; DE GROOT, R.; FARBER, S.; GRASSO, M.; HANNON, B.; LIMBURG, K.; NAEEM, S.; O'NEILL, R.V.; PARUELO, J.; RASKIN, R.G.; SUTTON, P.; VAN DEN BELT, M. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*. 387:253-260.
- DÍAZ, S.; DEMISSEW, S.; CARABIAS, J.; JOLY, C.; LONSDALE, M.; ASH, N.; LARIGAUDERIE, A.; ADHIKARI, J.R.; ARICO, S.; BÁLDI, A.; BARTUSKA, A.; ANDREAS BASTE, I.; BILGIN, A.; BRONDIZIO, E.; MA CHAN, K.; FIGUEROA, V.E.; DURAIAPPAH, A.; FISCHER, M.; HILL, R.; KOETZ, T.; ...ZLATANOVA, D. 2015. The IPBES conceptual framework -connecting nature and people. *Current Opinion in Environmental Sustainability*. 14:1-16. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2014.11.002>
- DÍAZ, S.; PASCUAL, U.; STENSEKE, M.; MARTÍN-LÓPEZ, B.; WATSON, R.T.; MOLNÁR, Z.; HILL, R.; CHAN, K.M.A.; BASTE, I.A.; BRAUMAN, K.A.; POLASKY, S.; CHURCH, A.; LONSDALE, M.; LARIGAUDERIE, A.; LEADLEY, P.W.; VAN OUDENHOVEN, A.P.E.; VAN DER PLAAT, F.; SCHRÖTER, M.; LAVOREL, S.; ...SHIRAYAMA, Y. 2018. Assessing nature's contributions to people. *Science*. 359:270-272. <https://doi.org/10.1126/science.aap8826>
- DÍAZ-PINZÓN, L.; SIERRA, L.; TRILLAS, F. 2022. The economic value of wetlands in urban areas: the benefits in a developing country. *Sustainability*. 14:8302. <https://doi.org/10.3390/su14148302>
- EVANS, K.; MELI, P.; ZAMORA-CRISTALES, R.; SCHWEIZER, D.; MÉNDEZ-TORIBIO, M.; GÓMEZ-RUIZ, P.A.; GUARIGUATA, M.R. 2022. Drivers of success in collaborative monitoring in forest landscape restoration: an indicative assessment from Latin America. *Restoration Ecology*. 31(4):e13803. <https://doi.org/10.1111/rec.13803>
- FOLKE, C. 2006. The economic perspective: conservation against development versus conservation for development. *Conservation Biology*. 20(3):686-688.
- GARCÍA RODEA, L.F.; ORTIZ, H.T.; GONZÁLEZ-DOMÍNGUEZ, I.; LÓPEZ-CARRÉ, E. 2023. Análisis del perfil del turista y su relación con la demanda de turismo rural en el Estado de México (México). *El Periplo Sustentable*. 44:85-104. <https://doi.org/10.36677/elperiplo.v0i44.16266>
- GARCÍA-LLORENTE, M.; CASTRO, A.J.; QUINTAS-SORIANO, C.; LÓPEZ, I.; CASTRO, H.; MONTES, C.; MARTÍN-LÓPEZ, B. 2016. The value of time in biological conservation and supplied ecosystem services: a willingness to give up time exercise. *Journal of Arid Environments*. 124:13-21. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jaridenv.2015.07.004>
- GARRIDO, P.; ELBAKIDZE, M.; ANGELSTAM, P. 2017. Stakeholders' perceptions on ecosystem services in Östergötland's (Sweden) threatened oak wood-pasture landscapes. *Landscape and Urban Planning*. 158:96-104. <http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.08.018>
- GUNAWARDENA, K.R.; WELLS, M.J.; KERSHAW, T. 2017. Utilising green and bluespace to mitigate urban heat island intensity. *Science of The Total Environment*. 584-585:1040-1055.
- HARDIN, P.J.; JENSEN, R.R. 2007. The effect of urban leaf area on summertime urban surface kinetic temperatures: a Terre Haute case study. *Urban Forestry & Urban Greening*. 6:63-72. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2007.01.005>
- HERNÁNDEZ MARMOL, D.; BALLESTEROS PELEGRÍN, G.A.; BELMONTE SERRATO, F. 2024. Evaluación socioeconómica y de los servicios ecosistémicos en el Parque

- Regional de las Salinas y Arenales de San Pedro del Pinatar (Murcia, SE España). *Anales de Geografía*. 44(1):107-130. <https://doi.org/10.5209/aguc.94205>
- HERNÁNDEZ-GARCÍA, M.A.; GRANADOS-SÁNCHEZ, D. 2006. El Parque Nacional Iztaccíhuatl- Popocatepetl-Zoquiapan y el impacto ecológico-social de su deterioro. *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. 12(2):101-109.
- INTERGOVERNMENTAL SCIENCE-POLICY PLATFORM ON BIODIVERSITY AND ECOSYSTEM SERVICES, 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. Alemania. 56p. Disponible desde Internet en: https://ipbes.net/sites/default/files/2020-02/ipbes_global_assessment_report_summary_for_policymakers_en.pdf
- LAGUNAS-VÁZQUES, M.; BELTRÁN-MORALES, L.F.; BOBADILLA-JIMÉNEZ, M.; ORTEGA-RUBIO, A. 2016. Población humana, actividades socioeconómicas y problemáticas socioambientales de las Áreas Naturales Protegidas (ANP) de México. *Áreas Naturales Protegidas Scripta*. 2(2):67-89.
- LAZOS, E.; PARÉ, L. 2000. Miradas indígenas sobre una naturaleza entristecida Percepciones del deterioro ambiental entre nahuas del sur de Veracruz. UNAM- Plaza y Valdés Editores. México. 220p.
- LI, S.; COLSON, V.; LEJEUNE, P.; VANWAMBEKE, S.O. 2016. On the distance travelled for woodland leisure via different transport modes in Wallonia, south Belgium. *Urban Forestry & Urban Greening*. 15:123-132. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2015.12.007>
- LÓPEZ-PÉREZ, A.M.R.; MARTÍNEZ, M.; FERNÁNDEZ, R. 2015. Priorización de áreas de intervención mediante análisis morfométrico e índice de vegetación. *Tecnología y Ciencias del Agua*. 6(1):212-137.
- MAASS, M.J. 2007. El manejo de socioecosistemas. En: Calva, J.L. Cambio climático y políticas de desarrollo sustentable. Tomo 14. Juan Pablos Editor-Consejo Nacional de Universitarios. México. p.267-290.
- MARTÍNEZ-TRINIDAD, T.; HERNÁNDEZ LÓPEZ, P.; LÓPEZ-LOPEZ, S.F.; MOHEDANO CABALLERO, L. 2021. Diversidad, estructura y servicios ecosistémicos del arbolado en cuatro parques de Texcoco mediante i-Tree Eco. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. 12(67). <https://doi.org/10.29298/rmcf.v12i67.880>
- MARTÍN-LÓPEZ, B.; GÓMEZ-BAGGETHUN, E.; GARCÍA-LLORENTE, M.; MONTES, C. 2014. Trade-offs across value-domains in ecosystem services assessment. *Ecological Indicators*. 37:220-228. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.03.003>
- MARTÍN-LÓPEZ, B.; GONZÁLEZ, J.A.; DÍAZ, S.; CASTRO, I.; GARCÍA-LLORENTE, M. 2007. Biodiversidad y bienestar humano: el papel de la diversidad funcional. *Revista Ecosistemas*. 16(3):69-80.
- MATOS, P.; VIEIRA, J.; ROCHA, B.; BRANQUINHO, C.; PINHO, P. 2019. Modeling the provision of air-quality regulation ecosystem service provided by urban green spaces using lichens as ecological indicators. *Science of The Total Environment*. 665:521-530. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.023>
- MENESES-TOVAR, C.L. 2012. El índice normalizado diferencial de la vegetación como indicador de la degradación del bosque. *Unasyuva: Revista internacional de silvicultura e industrias forestales*. 62:39-46.
- MENZEL, S.; TENG, J. 2010. Ecosystem services as a stakeholder-driven concept for conservation science. *Conservation Biology*. E.U.A. 24(3):907. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2009.01347.x>
- MERINO PÉREZ, L. 2014. Perspectivas sobre la gobernanza de los bienes y la ciudadanía en la obra de Elinor Ostrom. *Revista Mexicana de Sociología*. 76(n.spe):77-104.
- MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, MEA. 2005. Ecosystems and human well-being: multivolume set. Island Press, Washington, DC. Disponible desde Internet: <http://www.millenniumassessment.org/en/index.aspx>
- MONÁRREZ-GONZÁLEZ, J.C.; PÉREZ-VERDÍN, G.; LÓPEZ-GONZÁLEZ, C.; MÁRQUEZ-LINARES, M.A.; GONZÁLEZ-ELIZONDO, M.D.S. 2018. Efecto del manejo forestal sobre algunos servicios ecosistémicos en los bosques templados de México. *Madera y Bosques*. 24(2):e2421569. <https://doi.org/10.21829/myb.2018.2421569>
- MONTOYA-RODRÍGUEZ, A.E.; ALONSO-NAVARRETE, A. 2024. Comunidades sustentables: una alternativa para los asentamientos humanos en áreas naturales en la periferia de la Ciudad de México. *Arquitectonics: Mind, Land & Society*. 35:213-233.
- MUJICA, C.M. 2022. Contribuciones para la comprensión de la relación sociedad-naturaleza. *Journal de Ciencias Sociales*. 10(19):110-114. <https://doi.org/10.18682/jcs.vi19.7343>

- NAHUELHUAL, L.; CARMONA, A.; LOZADA, P.; JARAMILLO, A.; AGUAYO, M. 2013. Mapping recreation and ecotourism as a cultural ecosystem service: an application at the local level in Southern Chile. *Applied Geography*. 40:71-82. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2012.12.004>
- NESBITT, L.; HOTTE, N.; BARRON, S.; COWAN, J.; SHEPPARD, S.R.J. 2017. The social and economic value of cultural ecosystem services provided by urban forests in North America: a review and suggestions for future research. *Urban For. Urban Green*. 25:103-111. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.05.005>
- NGULANI, T.; SHACKLETON, C.M. 2019. Use of public urban green spaces for spiritual services in Bulawayo, Zimbabwe. *Urban Forestry & Urban Greening*. 38:97-104. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2018.11.009>
- PEREVOCHTCHIKOVA, M.; FLORES, J.Á.H.; MARÍN, W.; FLORES, A.L.; BUENO, A.R.; NEGRETE, I.A.R. 2019. Systematic review of integrated studies on functional and thematic ecosystem services in Latin America, 1992-2017. *Ecosystem Services*. 36:100900. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2019.100900>
- PÉREZ-HERRERA, L.; NERIA-HERNÁNDEZ, T.; RODRÍGUEZ-RUÍZ, J. 2018 Campo instrumental hídrico en las megaciudades de América Latina durante la actual etapa neoliberal. Una mirada inicial. *Revista de Ingeniería y Tecnologías para el Desarrollo Sustentable*. 4(2018):1-8.
- QUÉTIER, F.; TAPELLA, E.; CONTI, G.; CÁCERES, D.; DÍAZ, S. 2007. Servicios ecosistémicos y actores sociales. Aspectos conceptuales y metodológicos para un estudio interdisciplinario. *Gaceta Ecológica*. 84-85:17-26.
- QUINTAS-SORIANO, C.; BRANDT, J.S.; RUNNING, K.; BAXTER, C.V.; GIBSON, D.M.; NARDUCCI, J.; CASTRO, A.J. 2018. Social-ecological systems influence ecosystem service perception: a Programme on Ecosystem Change and Society (PECS) analysis. *Ecology and Society*. 23(3):3. <https://doi.org/10.5751/ES-10226-230303>
- R CORE TEAM. 2023. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponible desde Internet en: <https://www.R-project.org/>
- RODRÍGUEZ SÁNCHEZ, E.P.; MORA SANTIAGO, E.; QUIROZ GUEVARA, A.L.; CRUZ CABRERA, S.V.; PEÑA-BECERRIL, J.C.; OLVERA-SULE, D.A. 2019. Aproximación a la valoración de los servicios ecosistémicos del bosque de Capulálpán de Méndez, Oaxaca, como herramienta para su conservación. *Acta Universitaria*. 29:e2002. <https://doi.org/10.15174/au.2019.2002>
- RODRÍGUEZ, E.A.; RAMÍREZ, D.; BALCÁZAR, J.L.; JIMÉNEZ, J.N. 2021. Metagenomic analysis of urban wastewater resistome and mobilome: A support for antimicrobial resistance surveillance in an endemic country. *Environmental Pollution*. 276:116736.
- SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES, SEMARNAT. 2004. Documento estratégico rector del Inventario Nacional Forestal y de Suelos. 26p. Disponible desde Internet en: <https://idefor.cnf.gob.mx/documents/846/download>
- URQUIZA GARCÍA, J.H. 2019. Una historia ambiental global: de las reservas forestales de la nación a las reservas de la biosfera en México. Iztapalapa. *Revista de ciencias sociales y humanidades*. 40(87):101-134. <https://doi.org/10.28928/ri/872019/atc4/urquizagarciah>