



Identificación y priorización de servicios ecosistémicos derivados del sistema lacustre de Xochimilco

Identification and prioritization of ecosystem services derived from the Xochimilco lake system

Everardo Trujillo Moreno¹, Marco Andrés López Santiago^{2*}, Ramón Valdivia Alcalá¹ y José Luis Romo Lozano¹

¹ Universidad Autónoma Chapingo. División de Ciencias Económico-Administrativas. Chapingo, Estado de México, México.

² Universidad Autónoma Chapingo. Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas. Bermejillo, Durango, México.

* Autor de correspondencia.
marcoandres@chapingo.uruza.edu.mx

RESUMEN

La asignación de servicios ecosistémicos ha resultado un reto para el mercado, dado su comportamiento como bienes públicos. El área natural protegida “Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco” alberga una superficie chinampera que provee de sustento y servicios ecosistémicos a los habitantes de la Ciudad de México. Esta investigación tuvo por objetivo identificar y priorizar los servicios ecosistémicos en función de la jerarquización de cuatro grupos de usuarios para determinar posibles patrones o diferencias. Se aplicó una encuesta con 17 servicios ecosistémicos a 380 usuarios donde se les pidió seleccionar tres en orden de prioridad. Por promedios ponderados se estimó el nivel de importancia asignado a cada servicio, y se emplearon pruebas no paramétricas de Kruskal-Wallis y Games-Howell para determinar las diferencias entre grupos. Los servicios producción de alimentos, almacenamiento y retención de agua, así como los servicios culturales fueron seleccionados como los más importantes. Los dos primeros son los que obtuvieron un valor ponderado más alto. La diferencia de medias demostró que existen diferencias entre los grupos y el análisis pos-hoc reveló que el grupo de los productores es el que presenta mayores contrastes con respecto al resto de grupos, principalmente en cuanto a servicios de aprovisionamiento, ello denota el valor que la población regional otorga a la agricultura. De esta manera, las autoridades deben de tomar en cuenta la participación de los productores chinamperos en el diseño de políticas públicas y manejo de recursos naturales locales.

PALABRAS CLAVE: área natural protegida, manejo de recursos naturales, servicio hidrológico, sistema periurbano, valoración económico-ambiental.

ABSTRACT

The allocation of ecosystem services has been a challenge for the market, given their behavior as public goods. The Protected Natural Area "Ejidos de Xochimilco and San Gregorio Atlapulco" houses an area of chinampas that provides sustenance and ecosystem services to the inhabitants of Mexico City. The objective of this research was to identify and prioritize Ecosystem Services based on the hierarchy of four groups of users to determine possible patterns or differences. A survey with 17 ecosystem services was applied to 380 users where they were asked to select three in order of priority. The level of importance assigned to each service was estimated using weighted averages, and non-parametric Kruskal-Wallis and Games-Howell tests were used to determine the differences between groups. Food production, storage and retention of water and cultural services were selected as the most important, the first two being the ones that obtained a higher weighted value. The difference in means showed that there are differences between the groups, and the post-hoc analysis reveals that the group of producers is the one that presents the greatest contrasts with respect to the rest of the groups, mainly in terms of provisioning services, denoting the value that the regional population gives to agriculture. For this reason, the authorities must consider the participation of chinampas' producers in the design of public policies and management of local natural resources.

KEYWORDS: protected natural area, natural resource management, hydrological service, peri-urban system, economic-environmental assessment.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo económico ha sido logrado por la reproducción del capital y la maximización de beneficios en periodos cortos de tiempo, al costo de desequilibrios en las relaciones de producción y sobreexplotación de recursos naturales (Segrelles, 2012). En este sentido, para abordar los problemas de sobreexplotación de los recursos naturales, se pueden analizar desde la conceptualización de los Servicios Ecosistémicos (SE) que proveen. De esta manera, los SE son las características, funciones o procesos ecológicos que contribuyen directa o indirectamente al bienestar humano (Costanza et al., 2017). Se puede vincular el bienestar humano con la conservación de los ecosistemas, mediante su aprovechamiento sustentable y preservación como una necesidad básica para las sociedades (Balvanera et al., 2011).

En otro orden de ideas, la expansión desorganizada, poco planificada e impulsada por intereses económico-políticos de grandes áreas metropolitanas como la Ciudad de México ha generado la concentración de actividades económicas, dispersión de los habitantes en la periferia y deterioro de los recursos naturales (Soto, 2015). Lo anterior genera zonas marginadas y escasez de servicios básicos (Lazcano, 2005) así como la consecuente reducción de suelo agrícola y de conservación en la entidad. Esto causa la pérdida de SE, de potenciales fuentes de ingreso y empleo (Ruelas et al., 2014; Manson, 2016), por lo que es primordial construir estrategias para el aprovechamiento sustentable de ecosistemas y agroecosistemas.

El área natural protegida (ANP) “Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco”, en Xochimilco, alberga una zona lacustre donde permanece el ancestral sistema de producción agrícola de las chinampas (González y Torres, 2014), misma que provee a la ciudad de México de importantes SE. Actualmente, se encuentra amenazada por la pérdida de su superficie en favor de asentamientos irregulares (Wigle, 2014), extracción y contaminación del agua (Alatríste, 2021), acumulación de residuos (Bojórquez,

2017), pérdida de hábitat y biodiversidad (Narchi, 2013), introducción de especie exóticas (Vázquez et al., 2017) y el desplazamiento de la mano de obra por la precarización del trabajo agrícola (Silvetti, 2011).

Los SE son bienes públicos, por lo que el mercado no es eficiente para asignarles un valor (Osorio y Correa, 2004). La valoración económico-ambiental de SE puede obtener una medición monetaria de la ganancia o pérdida de bienestar o utilidad que una persona experimenta a causa una mejora o pérdida ambiental y constituye una herramienta fundamental para la definición adecuada de los instrumentos de política ambiental (Raffo y Mayta, 2015). Las valoraciones no solo requieren la evaluación de los bienes y servicios, sino también un entendimiento de aquellos que están interesados en su uso. Los esfuerzos de gobernanza y gestión de SE corren el riesgo de no tener éxito a causa de las diferencias en perspectivas e intereses de los diferentes actores involucrados (Raum, 2018).

De esta manera, las percepciones son esenciales para entender las contribuciones individuales y el comportamiento de cada persona hacia los SE, lo que permite hacer comparaciones directas entre categorías e identificar un posible dilema entre ellos (Rojas et al., 2013). En este sentido, los SE no son igualmente valorados por todos los usuarios y es posible observar patrones potenciales de multifuncionalidad para diferentes grupos.

OBJETIVOS

El objetivo de este estudio fue identificar y priorizar los SE que provee el lecho lacustre de la ANP “Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco”. De acuerdo con cuatro grupos de usuarios, se buscó establecer cuáles son los SE que son considerados más valiosos y discernir estadísticamente las diferencias entre grupos. Lo previamente establecido, con el fin de aportar información que ayuden a plantear políticas de conservación y manejo de recursos naturales en la ANP.



MATERIALES Y MÉTODOS

Zona de estudio

La ANP bajo la categoría de zona sujeta a conservación ecológica “Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco” cuenta con una superficie de 2522 ha, se localiza en la alcaldía de Xochimilco al sur de la Ciudad de México. Las coordenadas geográficas extremas son: 19° 15' 11" y 19° 19' 15" de latitud Norte; 99° 00' 58" y 99° 07' 08" de longitud Oeste. Actualmente está limitada al norte con la Avenida Canal de Chalco; al noroeste con la Avenida Canal Nacional; al oeste con las Avenidas Plan de Muyuguarda, Circuito Cuemanco Norte y Camino a la Ciénega; al sur es limitada por el canal de Apatlaco y canal Nacional (Gobierno del Distrito Federal, 2006).

Esta ANP pertenece a la región hidrológica del Pánuco, dentro de la cuenca hidrológica del río Moctezuma y la subcuenca Lago Texcoco-Zumpango, forma parte de la provincia fisiográfica del Eje Volcánico Transversal. El área se encuentra en el antiguo vaso del lago de Xochimilco, con una pendiente de entre 0% y 5% y una altitud promedio de 2240 msnm. La propiedad de la tierra, aunque fundamentalmente ejidal ha atravesado por expropiaciones, dotaciones y restituciones de terrenos, quedando distribuida por 206 ha de propiedad ejidal, 821.43 ha de propiedad federal, 204 ha de copropiedad y 1311.44 ha son propiedad privada (Gobierno del Distrito Federal, 2006).

Población y tamaño de muestra

La ANP colinda con las alcaldías de Xochimilco, Iztapalapa, Coyoacán, Tlalpan y Tláhuac, donde habitan los usuarios directos de los SE. Se tomó en cuenta esta población, con un total de 3 984 352 habitantes (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [Inegi], 2020). Para determinar el tamaño de muestra, se utilizó la fórmula para muestras finitas (Aguilar, 2005):

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 * N * p * q}{e^2(N - 1) + (Z_{\alpha}^2 * p * q)}$$

donde:

N : tamaño de la población

Z_{α} : nivel de confianza

p : proporción de la población que tiene el atributo deseado (cuando no hay indicación de la población que posee o no el atributo deseado se asume 50% para p)

q : diferencia $1-p$

e : error de estimación máximo aceptado

Con un nivel de confianza de 95%, p en 60% y un error muestral de 5%, se obtuvo un tamaño de muestra de 376.32; no obstante, para fines prácticos de subdivisión en grupos (como se explica más adelante) se decidió trabajar con 380.

Para la comparación entre grupos, la muestra fue segmentada en cuatro subgrupos (grupos focales), los cuales fueron construidos con base en su proximidad, su interacción y sus intereses particulares hacia la ANP. Los subgrupos fueron: productores chinamperos, residentes no productores, turistas e investigadores. Las características de cada grupo y su interacción son descritas en la tabla 1.

Para distribuir a los integrantes de la muestra entre los grupos focales, primero se optó por que tuvieran el mismo número de integrantes; sin embargo, debido a que el número de investigadores que han trabajado en la ANP es considerablemente menor al de los integrantes del resto de grupos, se decidió que los grupos de los chinamperos, residentes y turistas tuvieran tamaños semejantes, mientras que el de los investigadores sería menor. El procedimiento no paramétrico de análisis pos hoc Games-Howell permite la comparación entre grupos independientemente del tamaño de los grupos ya que en este no se asumen varianzas ni tamaño de muestras iguales. Este procedimiento es más fiable cuando el tamaño de muestra es mayor a 15, por lo que se procuró un tamaño de grupo lo suficientemente grande para prevenir errores en las estimaciones. Los encuestados fueron distribuidos en los tres grupos, quedando los valores de la siguiente manera: productores chinamperos, 110; turistas, 120; residentes no productores, 110; e investigadores, 40.

TABLA 1. Descripción de los grupos focales usuarios de los servicios ecosistémicos del sistema lacustre de Xochimilco.

<i>Grupo focal</i>	<i>Descripción</i>	<i>Interacción con la ANP</i>
Productores chinamperos	Residen y trabajan en las inmediaciones de la ANP, ejerciendo principalmente trabajo agrícola.	Cultivan hortalizas y plantas ornamentales sobre las chinampas, así como encargarse de su mantenimiento y preservación.
Residentes no productores	Residen en las inmediaciones de la ANP, pero no ejercen labores agrícolas.	Residen en las inmediaciones de la ANP y se benefician directamente de todos los SE proveídos por la ANP.
Turistas	No residen ni trabajan en las inmediaciones de la ANP, pero habitan en las alcaldías aledañas, en algunos casos turistas que no habitan en la cercanía.	Visitan regularmente sitios de interés de la ANP con fines recreativos.
Investigadores y académicos	Pueden residir o no residir en las inmediaciones de la ANP, se incluyen personas que orientan o hayan orientado sus actividades académicas o de investigación en la ANP.	En este grupo se incluyeron investigadores de diferentes universidades, profesores, alumnos de licenciatura o posgrado y prestadores de servicio social.

Descripción del instrumento encuesta

Las encuestas se realizaron entre mayo de 2021 y enero de 2022. Los encuestados se seleccionaron por muestreo aleatorio simple. Los productores chinamperos fueron encuestados en la ANP. Los residentes en los hogares de los barrios circundantes. Los turistas fueron encuestados en la salida de las instalaciones del parque ecológico Xochimilco y de la pista de remo y canotaje Virgilio Uribe, con el fin de que obtener una opinión más acertada después de haber realizado un recorrido en la ANP. Los investigadores fueron encuestados en la ANP o en sus instituciones, ya sea de manera presencial o por medios de comunicación a distancia (llamadas telefónicas y videochat).

A los encuestados se les presentó la lista de SE y se les pidió que seleccionaran tres de los cuales consideraran los de mayor relevancia en orden de importancia. Para ello, el cuestionamiento que se les hizo fue: “de la lista que se presenta a continuación, seleccione los tres SE que considera más importantes desde su perspectiva o que considera más influyentes en su vida diaria”. Con el fin de apoyar en la selección y evitar sesgos en la toma de datos, a los encuestados se les hizo una breve descripción de cada servicio. Se registró también nombre, género, edad y ocupación de los encuestados. La lista y descripción de los SE se muestran en la tabla 2.

Procesamiento de información

Con el fin de obtener un indicador de preferencias de los usuarios de cada grupo por cada SE, se obtuvo un promedio ponderado del número de menciones por nivel de prioridad. Los pesos ponderados se estimaron mediante el método de jerarquías analíticas de T. L. Saaty (Márquez, 1999; Marcano et al., 2015). Posteriormente, los SE fueron agrupados de acuerdo con el tipo asignado en la tabla 2 y se realizó el mismo procedimiento.

Análisis estadístico

El análisis se realizó a través del lenguaje de programación R. La variable empleada fueron los tres niveles de prioridad, y dado que son de tipo nominal se optó por realizar pruebas no paramétricas. Se aplicó la prueba no paramétrica de normalidad Kolmogorov-Smirnov empleando el paquete *nortest*. Para comprobar diferencias de las medias entre los grupos focales se usó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. Posteriormente, se realizó una prueba pos-hoc de Games-Howell para comparar las combinaciones entre grupos y establecer las combinaciones en las cuales residen las diferencias detectadas a través del paquete *rstatix*.



TABLA 2. Lista y descripción de SE incluidos en la encuesta.

<i>Tipo</i>	<i>Servicios ecosistémicos</i>	<i>Descripción</i>
De aprovisionamiento	Producción de alimentos	Producción de hortalizas, frutas y espacios para cacería y pesca.
	Producción de especies ornamentales	Producción de especies vegetales y animales no comestibles para fines recreativos u ornamentales
	Almacenamiento y retención de agua	Retención de agua de lluvia en acuíferos y provisión de agua para regar o beber.
	Producción de recursos maderables y forestales	Incluye la producción de madera, leña, turba, fibras, forraje, conglomerados, biocombustibles u objetos culturales.
	Producción de plantas medicinales	Especies con propiedades medicinales, y otros productos de importancia farmacéutica.
	Recursos genéticos	Varietades únicas y especies locales con resistencia a fitopatógenos.
De regulación	Regulación del clima	Regulación de la calidad del aire, adsorción de partículas de polvo, temperatura y precipitaciones.
	Sumidero de carbono	Regulación de gases de efecto invernadero y otros contaminantes.
	Regulación de flujos de agua	Carga/descarga de agua subterránea y depuración del agua.
	Moderación de fenómenos climáticos extremos	Control de inundaciones y protección contra tormentas.
	Control de la erosión del suelo	Retención de suelos, y prevención del cambio estructural.
	Regulación biológica	Hábitat para polinizadores, incluidos insectos, aves y murciélagos; control de plagas.
Culturales	Servicios recreativos y turísticos	Mantenimiento de salud física y mental, oportunidades para el turismo y actividades recreativas.
	Servicios culturales	Servicios que aportan valor espiritual, educativo, histórico, estético y patrimonial.
De Apoyo	Hábitat para especies residentes y migratorias	Hábitat para especies residentes y migratorias.
	Recirculación de nutrientes	Almacenamiento, reciclado, procesamiento y adquisición de nutrientes.
	Producción de oxígeno por las plantas y el fitoplancton	Producción de oxígenos por plantas y fitoplancton.

Fuente: MEA (2005)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En total se entrevistaron 193 hombres y 187 mujeres, la edad promedio se estimó en 41.26 años, la tabla 3 muestra los datos de edad y género por cada grupo.

Se encontró que en el nivel de prioridad 1, los SE más mencionados fueron la producción de alimentos (118 menciones), el almacenamiento y retención de agua (99 menciones). Mientras que los menos votados fueron los recursos genéticos, la producción de recursos maderables y forestales, la circulación de nutrientes y la producción de plantas medicinales. En el nivel de prioridad 2, tuvo más

menciones el almacenamiento y retención de agua (99 menciones), seguido de la producción de alimentos con (52 menciones). Los servicios con menos menciones fueron la producción de plantas medicinales, producción de recursos maderables y servicios recreativos y turísticos. En el nivel de prioridad 3, los SE con mayor cantidad de menciones fue el de los valores culturales con 51, seguido de la producción de alimentos con 47. El SE que tuvo menor cantidad de menciones totales (9 menciones) fue la producción de recursos maderables y forestales. La figura 1 muestra una representación esquemática de estos resultados.

TABLA 3. Datos de género y edad de los actores encuestados del sistema lacustre de Xochimilco.

Grupo	Hombres	Mujeres	Edad promedio
Productores	72	38	45.1
Residentes	57	53	42.17
Turistas	46	74	38.99
Investigadores	18	22	38.75

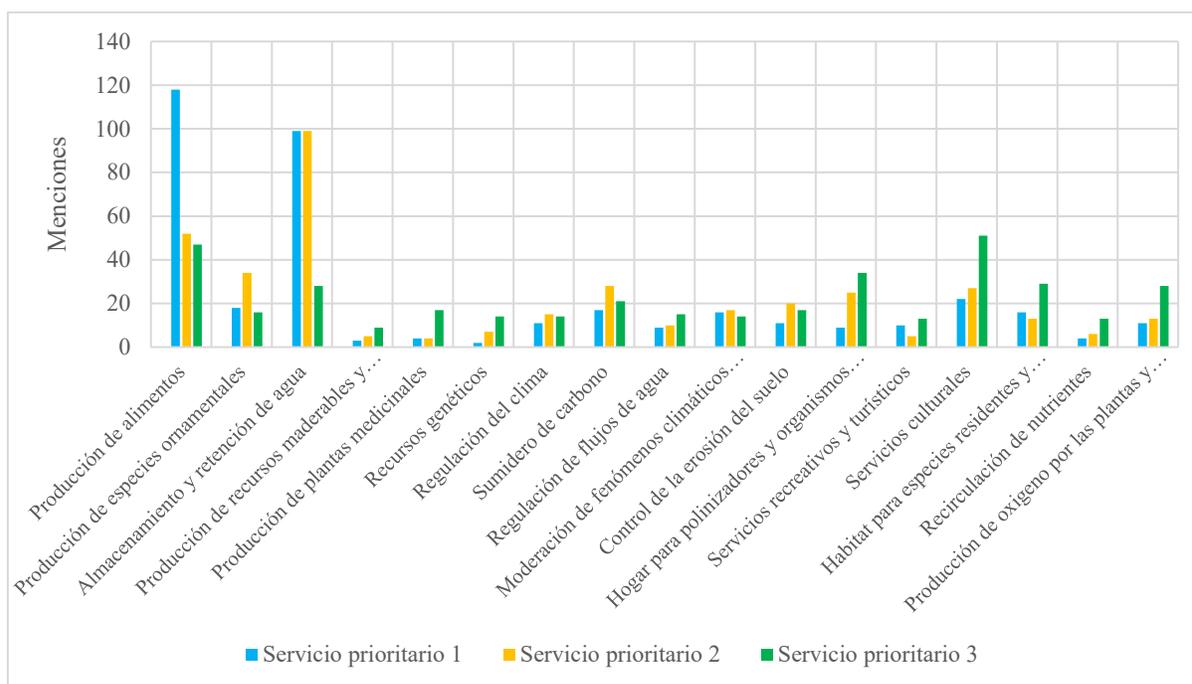


FIGURA 1. Histograma de frecuencias de menciones de cada servicio ecosistémico, de acuerdo con su prioridad.

Fuente: Elaboración propia



Los pesos ponderados asignados fueron 0.61 para el nivel de prioridad 1, 0.3 para el nivel de prioridad 2 y 0.09 para el nivel de prioridad 3. En la tabla 4 se observan las medias ponderadas por SE y un promedio de las puntuaciones de los grupos por SE. La mayor puntuación promedio fue obtenida por el almacenamiento y retención de agua, lo que acota la importancia que dan los usuarios a la disponibilidad

de agua, es demarcado por el hecho de que las medias ponderadas en los cuatro grupos son semejantes. La Ciudad de México se enfrenta a un grave problema de escasez de agua asociado a la contaminación, crecimiento poblacional y los hábitos de consumo, el cual se ha incrementado seis veces en 100 años reduciendo las reservas de agua subterránea (Torres, 2017).

Tabla 4. Estimaciones del promedio ponderado del nivel de prioridad por cada SE de los actores encuestados.

	<i>Productores chinamperos</i>	<i>Residentes no productores</i>	<i>Turistas</i>	<i>Investigadores</i>	<i>Puntuación total</i>
Producción de alimentos	0.35	0.26	0.16	0.16	0.23
Producción de especies ornamentales	0.11	0.02	0.06	0.01	0.05
Almacenamiento y retención de agua	0.23	0.23	0.26	0.26	0.25
Producción de recursos maderables y forestales	0.01	0.02	0.01	0.00	0.01
Producción de plantas medicinales	0.01	0.01	0.03	0.00	0.01
Recursos genéticos	0.01	0.02	0.01	0.00	0.01
Regulación del clima	0.03	0.00	0.08	0.00	0.03
Sumidero de carbono	0.02	0.07	0.04	0.15	0.07
Regulación de flujos de agua	0.04	0.02	0.03	0.00	0.02
Moderación de fenómenos climáticos extremos (Sequías y tormentas)	0.01	0.08	0.01	0.11	0.05
Control de la erosión del suelo	0.04	0.03	0.05	0.02	0.03
Hogar para polinizadores y organismos que controlan plagas	0.03	0.02	0.08	0.01	0.04
Servicios recreativos y turísticos	0.01	0.02	0.03	0.03	0.02
Servicios culturales	0.03	0.09	0.09	0.08	0.07
Habitat para especies residentes y migratorias	0.01	0.06	0.02	0.15	0.06
Recirculación de nutrientes	0.01	0.01	0.03	0.01	0.01
Producción de oxígeno por las plantas y el fitoplancton	0.05	0.04	0.03	0.02	0.03

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la Comisión Nacional del Agua [Conagua] (2020) el volumen de extracción es de 1 020 030 340 m³ anuales y actualmente la disponibilidad media anual de agua cuenta con un déficit de 507.23 hm³/año. Sumado a lo previamente mencionado, los residentes de la ciudad perciben la escasez, contaminación y tarifas del agua como elevadas (Sandoval et al., 2016), por lo que el hecho de que el almacenamiento y retención de agua sea uno de los SE más mencionados es un reflejo de la creciente preocupación de los usuarios por el recurso hídrico ante una disponibilidad y calidad cada vez menor.

En la lista también destaca la producción de alimentos, por ser el segundo con mayor puntuación y ser el SE más valorado por parte de los productores chinamperos. De la misma forma, también es considerado uno de los SE más importantes por el resto de los grupos, dejando en evidencia la importancia de la producción agrícola en la región.

Xochimilco es la tercera entidad de la Ciudad de México en cuanto a superficie cultivada y una de las que genera mayores rendimientos gracias a la chinampería y a la construcción de alternativas de competitividad (de Gortari, 2012). De acuerdo con el Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (Siacon), en 2020 la alcaldía de Xochimilco produjo un volumen de 3 311 969 toneladas de alimentos (71% de la producción de la Ciudad de México) con un valor estimado de 203 010 780 MXN (13.4% de la Ciudad de México; el tipo de cambio promedio para el año 2020 fue 21.5 MXN por USD).

Una parte importante de esta producción agrícola proviene de las 2084 ha de chinampas activas en la alcaldía (González et al., 2016); sin embargo, es difícil dar una estimación del aporte ya que muchas de ellas se dedican al cultivo de plantas ornamentales. Aunque ha disminuido en importancia, se estima que aún cerca de 20% de los alimentos que se consumen en la ciudad, se producen dentro de la Ciudad de México (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO, por sus siglas en inglés], 2014) lo que indica el valor que la población le da a la actividad agrícola.

Considerando los tres niveles de prioridad, los SE que tuvieron una mayor cantidad de menciones fueron

almacenamiento y retención de agua con 226 menciones, en segundo lugar, producción de alimentos con 217 menciones y en tercer lugar los servicios culturales con 100 menciones. Los SE con menor cantidad de menciones y menor promedio ponderado fueron producción de recursos maderables y forestales, producción de plantas medicinales, recursos genéticos y recirculación de nutrientes, lo cual puede ser debido a la pérdida de conocimientos etnobotánicos y a la falta de incentivos para su investigación (Bermúdez et al., 2005).

La percepción de los usuarios de los SE ha sido poco abordada en México, donde los estudios de valoración de SE son relativamente recientes (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático [Inecc], 2020). La jerarquización obtenida servirá como una referencia de los SE particulares a los cuales se deben dirigir los principales esfuerzos de conservación. Es necesario destacar que la jerarquización no sirve solo para identificar ámbitos de acción prioritarios, sino también para áreas desatendidas, desconocidas o poco difundidas, como es el caso de la producción de recursos genéticos y de plantas medicinales.

De acuerdo con las medias ponderadas por tipo de SE (Tabla 5), se observa que los servicios de aprovisionamiento son considerados por los cuatro grupos como los más importantes en general. En particular, los productores chinamperos otorgaron un valor ponderado de 0.72 a esta categoría. Las comunidades aledañas a la ANP por sus características socioeconómicas y demográficas son consideradas periurbanas (Ávila, 2019). En estas comunidades los servicios de aprovisionamiento cumplen un rol importante como fuente de ingreso, se valora la diversidad de estos y se relacionan con el bienestar de la comunidad (Chakraborty et al., 2019).

Muchos de los servicios de aprovisionamiento provienen de la agricultura (producción de alimentos, producción de plantas ornamentales, producción de plantas medicinales y de recursos genéticos), los cuales a su vez dependen de la disponibilidad de agua. Al ser un área donde se practica la agricultura, no resulta contradictorio este resultado. Sin embargo, la preservación de estos SE depende del éxito de las políticas de protección de la ANP, principalmente consi-



derando las disyuntivas y sinergias que se dan entre los SE (Sil et al., 2016), por lo que se volverá necesario desarrollar marcos metodológicos para analizar estas interacciones (Raudsepp et al., 2010).

Análisis estadístico

En la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov, para el total de los datos se obtuvieron valores muy cercanos a

cero. Bajo el nivel de significancia de 0.05, no se acepta la hipótesis nula, por lo tanto, se asume que la distribución de las variables no sigue una distribución normal (Tabla 6). Al realizar la misma prueba para los datos de cada grupo focal, se corrobora que no se cumple la condición de normalidad. De esta manera, se aplicaron pruebas no paramétricas.

TABLA 5. Estimaciones del promedio ponderado del nivel de prioridad por cada SE de los actores encuestados del sistema lacustre de Xochimilco.

	<i>Productores chinamperos</i>	<i>Residentes no productores</i>	<i>Turistas</i>	<i>Investigadores</i>	<i>Puntuación total</i>
Servicios de provisión	0.72	0.54	0.52	0.43	0.55
Servicios de regulación	0.18	0.21	0.29	0.29	0.24
Servicios culturales	0.04	0.11	0.12	0.11	0.09
Servicios de apoyo	0.06	0.13	0.07	0.17	0.12

Fuente: Elaboración propia

TABLA 6. Resultados de la prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov de los actores encuestados del sistema lacustre de Xochimilco.

<i>Grupo focal</i>	<i>Nivel de prioridad</i>	<i>D'</i>	<i>p-value</i>
Encuesta completa	1	0.3519	0.0000
	2	0.3340	0.0000
	3	0.1560	0.0000
Productores	1	0.3059	0.0000
	2	0.1760	0.0000
	3	0.2026	0.0000
Turistas	1	0.3059	0.0000
	2	0.1760	0.0000
	3	0.2026	0.0000
Residentes	1	0.2702	0.0000
	2	0.2901	0.0000
	3	0.1344	0.0000
Investigadores	1	0.2682	0.0000
	2	0.1922	0.0007
	3	0.1840	0.0015

Fuente: Elaboración propia. La prueba de KS se lleva a cabo comparando la máxima diferencia entre la función de distribución acumulativa de los datos y la función de distribución acumulativa de una distribución normal. Dicha diferencia máxima se conoce como la distancia D y se utiliza como criterio de decisión.

Tras realizar el análisis de varianza con el procedimiento de Kruskal-Wallis se determinó que existen diferencias de medias en por lo menos un grupo (Tabla 7).

Para verificar en qué grupos se encuentran las diferencias, se procedió a realizar la prueba pos-hoc Games-Howell. Esto se hizo con la finalidad de reconocer qué tipo de servicios son más valorados por cada grupo de usuarios. En el nivel de prioridad 1, se encontró que el grupo de

productores es el único que presenta diferencias significativas con respecto a los otros grupos. De acuerdo con la columna diferencia de medias (Tabla 8) se puede observar que, en promedio, la prioridad 1 de los productores se diferencia de la de los residentes, investigadores y turistas. Lo anterior quiere decir que, en promedio, el nivel de prioridad del SE “producción de alimentos” es más alto en los productores con respecto a los demás grupos.

TABLA 7. Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis de los actores encuestados del sistema lacustre de Xochimilco.

	<i>Servicio 1</i>	<i>Servicio 2</i>	<i>Servicio 3</i>
Kruskal-Wallis chi-squared	31.834	15.843	24.195
G.L.	3	3	3
Sig asintótica	0.0000	0.0012	0.0000

Fuente: Elaboración propia.

TABLA 8. Resultados de la prueba de Games-Howell de los actores encuestados del sistema lacustre de Xochimilco.

<i>Y</i>	<i>Grupo 1</i>	<i>Grupo 2</i>	<i>Diferencia de medias (Grupo 1- Grupo 2)</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>p. ajustado</i>
Servicio prioritario 1	Investigador	Productor	-3.466	-5.933	-0.998	0.0020*
	Investigador	Residente	-0.766	-3.355	1.823	0.8640
	Investigador	Turista	-1.6	-4.062	0.862	0.3240
	Productor	Residente	2.7	0.91	4.488	0.0007*
	Productor	Turista	1.866	0.277	3.454	0.0140*
	Residente	Turista	-0.834	-2.615	0.947	0.6200
Servicio prioritario 2	Investigador	Productor	-3.023	-5.579	-0.467	0.0140*
	Investigador	Residente	-2.177	-4.764	0.41	0.1290
	Investigador	Turista	-0.633	-3.195	1.929	0.9140
	Productor	Residente	0.845	-0.842	2.533	0.5660
	Productor	Turista	2.384	0.743	4.035	0.0010*
	Residente	Turista	1.544	-0.153	3.241	0.0890
Servicio prioritario 3	Investigador	Productor	-0.695	-3.41	2.019	0.9060
	Investigador	Residente	0.186	-2.558	2.931	0.9980
	Investigador	Turista	2.608	-0.051	5.268	0.0570
	Productor	Residente	0.882	-0.962	2.726	0.6030
	Productor	Turista	3.304	1.598	5.008	0.0000*
	Residente	Turista	2.422	0.665	4.179	0.0020*

Fuente: Elaboración propia. * = significancia 99%



En el nivel de prioridad 2 continúa habiendo diferencias significativas por parte de los productores con respecto a los investigadores y turistas. Esto es, en promedio el nivel de prioridad del SE “almacenamiento y retención de agua” es más alto en los productores con respecto a los investigadores y turistas. Finalmente, en el nivel de prioridad 3, los productores y residentes en promedio valoran más los SE “producción de especies ornamentales” y “servicios culturales” con respecto a los turistas.

En este contexto, los pequeños productores, miembros de organizaciones locales y gerentes de empresas dan mayor importancia a los servicios de aprovisionamiento, principalmente por motivos económicos, de identidad cultural y por beneficios personales. También se observó que uno de los servicios más importantes son los relacionados con el almacenamiento del agua y control del cambio climático.

En suma, las diferencias se encuentran principalmente en los servicios de aprovisionamiento, los cuales son más valorados por los productores y residentes de Xochimilco. De acuerdo con la revisión bibliográfica realizada por Lapointe et al. (2019), en 50% de los estudios revisados los servicios de provisión son considerados más importantes en los sistemas rurales que en los urbanos, mientras que los servicios culturales y de regulación son más importantes para la población urbana. También se encontró que muchas de las diferencias se relacionan con características sociodemográficas como educación, sexo, edad, ingreso, etnia y ocupación. La educación se relacionó positivamente con un mayor conocimiento de servicios ambientales y negativamente con la importancia de servicios ambientales en áreas rurales. Finalmente, Faccioli et al. (2020) mencionan que las diferencias en las necesidades y las experiencias pueden ser factores explicativos para las diferencias entre poblaciones. En consecuencia, será necesario profundizar en las características sociodemográficas de los grupos de interés en futuros estudios para llegar a un mejor entendimiento que los factores que afectan la percepción de los usuarios hacia los SE.

CONCLUSIONES

Los SE de almacenamiento, de retención de agua y de producción de alimentos fueron reconocidos como los de mayor relevancia por los usuarios. La preferencia por los dos SE de aprovisionamiento responde a la gran demanda tanto de alimentos como de agua en la Ciudad de México y a la presente problemática de falta de agua que prevalece en la región. Por otra parte, otros servicios de aprovisionamiento como la producción de materias primas, plantas medicinales y recursos genéticos están escasamente representadas en la percepción de la población. Lo anterior, puede estar relacionado con la pérdida de conocimientos tradicionales como resultado de la integración a la urbanidad de la zona.

Al agrupar los SE por tipo y obteniendo las medias ponderadas, se encontró que los SE de aprovisionamiento son considerados los más importantes por los cuatro grupos. Se consideró la condición rural del área de estudio como la razón, debido a que en estas áreas se valora más este tipo de servicios al ser la base de los medios de subsistencia. Por otra parte, en la percepción de los usuarios que no residen en las proximidades de la ANP, los SE de regulación y culturales se encontraron más importantes, debido a la importancia que tienen para el control de factores climáticos adversos, prevención de desastres y por ser uno de los destinos turísticos más populares de la Ciudad de México. Por su parte los investigadores encontraron más importantes los servicios de soporte, de cuya existencia depende en gran parte el equilibrio ecológico de la ANP, del cual dependen especies emblemáticas como el axolote de Xochimilco (*Ambystoma mexicanum*).

Estos resultados pueden contribuir a plantear enfoques de acción prioritaria respecto a la conservación de los SE de la ANP en atención de las principales necesidades de sus usuarios. De la misma forma, también permitió identificar campos desatendidos, sobre todo en el área de la etnobotánica. Con el fin de mejorar la eficacia de las políticas y programas efectuados en la ANP para la preser-

vación del sistema lacustre, se debe identificar el grupo de usuarios al que están dirigidos. La inclusión de un análisis de las características sociodemográficas de los grupos de interés contribuirá en el futuro a la mejora del entendimiento de los factores que afectan la percepción y valoración de los usuarios. Asimismo, resalta la necesidad de divulgar la importancia de servicios regulación y de apoyo a la población en general, para su conservación.

RECONOCIMIENTOS

Se agradece a los agricultores de San Gregorio Atlapulco por su participación y a la administración de la pista olímpica de remo y canotaje “Virgilio Uribe” por las facilidades otorgadas para realizar este estudio.

REFERENCIAS

- Aguilar, S. (2005). Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud. *Salud Tabasco*, 11(1-2), 333-338.
- Alatriste, O. (2021). Xochimilco: Aspectos histórico-culturales. *Decires*, 7(7), 119-139. <https://doi.org/10.22201/cepe.14059134e.2005.7.7.127>
- Ávila, H. (2019). Agricultura urbana y periurbana. Reconfiguraciones territoriales y potencialidades en torno a los sistemas alimentarios urbanos. *Investigaciones Geográficas*, 98, 1-21. <https://doi.org/10.14350/rig.59785>
- Balvanera, P., Castillo, A., Ávila, P., Caballero, K., Flores, A., Galicia, C., Galindo, L. M., Lazos-Chavero, E., Martínez, Y., Maass, M., Martínez, L., Quijas, S., Saldaña, A., Sánchez, M., & Sarukhán, J. (2011). Marcos conceptuales interdisciplinarios para el estudio de los servicios ecosistémicos en América Latina. En P. Laterra, E. G. Jobbágy, & J. M. Paruelo (Eds.), *Valoración de servicios ecosistémicos. Conceptos, herramientas y aplicaciones para el ordenamiento territorial*. Ediciones INTA. <http://lart.agro.uba.ar/valoracion-de-servicios-ecosistemicos-conceptos-herramientas-y-aplicaciones-para-el-ordenamiento-territorial/>
- Bermúdez, A., Oliveira, M. A., & Velázquez, D. (2005). La investigación etnobotánica sobre plantas medicinales: una revisión de sus objetivos y enfoques actuales. *Interciencia*, 30(8), 453-459.
- Bojórquez, L. (2017). *Contaminación química y biológica en la zona lacustre de Xochimilco* (1a ed). Universidad Autónoma Metropolitana. https://www.casadelibrosabierto.uam.mx/contenido/contenido/Libroelectronico/contaminacion_quimica.pdf
- Chakraborty, S., Avtar, R., Raj, R., & Minh, H. V. T. (2019). Village level provisioning ecosystem services and their values to local communities in the peri-urban areas of Manila, The Philippines. *Land*, 8(12), 177. <https://doi.org/10.3390/LAND8120177>
- Comisión Nacional del Agua [Conagua] (2020). *Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero zona metropolitana de la Cd. De México (0901), Ciudad de México*. Conagua. <https://sigagis.conagua.gob.mx/gas1/sections/Edos/cdmx/cdmx.html>
- Costanza, R., de Groot, R., Braat, L., Kubiszewski, I., Fioramonti, L., Sutton, P., Farber, S., & Grasso, M. (2017). Twenty years of ecosystem services: How far have we come and how far do we still need to go?. *Ecosystem Services*, 28(Part. A), 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.09.008>
- Faccioli, M., Czajkowski, M., Glenk, K., & Martin, J. (2020). Environmental attitudes and place identity as determinants of preferences for ecosystem services. *Ecological Economics*, 174, 106600. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2020.106600>
- Gobierno del Distrito Federal (2006). *Acuerdo por el que se aprueba el programa de manejo del área natural protegida con carácter de zona de conservación ecológica “Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco”*. Gaceta Oficial del Distrito Federal <https://paot.org.mx/centro/gaceta/2006/enero06/11enero06.pdf>
- González, A., Chiapa, F., Castro, J. G., Ángeles E., B., Montaña P., M. & Toledo, M. (2016). *Las chinampas: patrimonio mundial de la Ciudad de México* (1a ed). Gobierno de la Ciudad de México - Universidad Autónoma Metropolitana - Autoridad de la Zona Patrimonio Mundial Natural y Cultural de la Humanidad en Xochimilco, Tláhuac y Milpa Alta. <https://cpbox.files.wordpress.com/2018/02/las-chinampas-patrimonio-mundial-cdmx.pdf>
- González, E. & Torres C. I. (2014). La sustentabilidad agrícola de las chinampas en el Valle de México: caso Xochimilco. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 34, 699-709.
- de Gortari, R. (2012). Xochimilco como alternativa de competitividad para los orgánicos: el caso de Invernaderos Tepexomulco. *Nueva antropología*, 25(77), 59-78
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático [Inecc] (2020). *Revisión y análisis de documentos sobre valoración económica de los servicios ecosistémicos de México de 1990 a 2019*. Inecc. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/579760/Revisio_n_y_analisis_valoracion.pdf
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía [Inegi] (2020). Censo de población y vivienda 2020. Inegi.



- <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/tableros/panorama/>
- Lapointe, M., Cumming, G. S., & Gurney, G. G. (2019). Comparing ecosystem service preferences between urban and rural dwellers. *BioScience*, 69(2), 108-116. <https://doi.org/10.1093/biosci/biy151>
- Lazcano, M. (2005). El acceso al suelo y a la vivienda de los sectores informales: el caso de la ciudad de México. *Revista INVI*, 20(54), 18-54. <https://doi.org/10.5354/0718-8358.2005.62171>
- Manson, R. H. (2016). Los servicios hidrológicos y la conservación de los bosques de México. *Madera y Bosques*, 10(1), 3-20. <https://doi.org/10.21829/myb.2004.1011276>
- Marcano, A., Cartaya, S., Pacheco, H., & Méndez, W. (2015). Estimación de pesos ponderados de variables para generar mapas de susceptibilidad a movimientos en masa a través de la Evaluación Espacial Multicriterios. *Terra. Nueva Etapa*, 31(50), 55-80.
- Márquez, H. (1999). Métodos matemáticos de evaluación de factores de riesgo para el patrimonio arqueológico: una aplicación gis del método de jerarquías analíticas de T. L. Saaty. *Revista de prehistoria y Arqueología de la Universidad de Sevilla*, 8, 21-37. <http://dx.doi.org/10.12795/spal.1999.i8.02>
- Millennium Ecosystem Assessment [MEA] (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press.
- Narchi, E. (2013). Deterioro Ambiental en Xochimilco. Lecciones para el cambio climático global. *Veredas*, 27, 177-197. <https://veredasojs.xoc.uam.mx/index.php/veredas/article/view/321>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2014). Ciudades más verdes en América Latina y el Caribe. FAO. <https://www.fao.org/documents/card/es/c/fe2a419a-3dd9-4798-a7ff-4fe769e1ecf5/>
- Osorio, J. D., & Correa, F. (2004). Valoración económica de costos ambientales: Marco conceptual y métodos de estimación. *Semestre Económico*, 7(13), 159-193.
- Raffo, E., & Mayta, R. (2015). Valoración económica ambiental: el problema del costo social. *Producción y Gestión*, 18(2), 61-71. <https://doi.org/10.15381/idata.v18i2.12109>
- Raudsepp, C., Peterson, G. D., & Bennett, E. M. (2010). Ecosystem service bundles for analyzing tradeoffs in diverse landscapes. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(11), 5242-5247. <https://doi.org/10.1073/pnas.0907284107>
- Raum, S. (2018). A framework for integrating systematic stakeholder analysis in ecosystem services research: Stakeholder mapping for forest ecosystem services in the UK. *Ecosystem Services*, 29, 170-184. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2018.01.001>
- Rojas P., J., & Pérez Rincón, M. A. (2013). Servicios ecosistémicos: ¿Un enfoque promisorio para la conservación o un paso más hacia la mercantilización de la naturaleza? En M. A. Pérez, J. Rojas Padilla, & R. Galvis (Eds.). *Sociedad y servicios ecosistémicos: perspectiva desde la minería, los megaproyectos y la educación ambiental* (pp. 29-59), Programa Editorial Universidad del Valle.
- Ruelas, L. C., Nava, M. E., Cervantes, J., & Barradas, V. L. (2014). Importancia ambiental de los agroecosistemas cafetaleros bajo sombra en la zona central montañosa del estado de Veracruz, México. *Madera y Bosques*, 20(3), 27-40. <https://doi.org/10.21829/myb.2014.203149>
- Sandoval, F., Valdivia, R., Cuevas, C. M., Hernández, J., Medellín, J., & Hernández, A. (2016). Valoración económica del agua potable en la delegación Iztapalapa, D. F. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(6), 1467-1475
- Segrelles, J. A. (2012). La ecología y el desarrollo sostenible frente al capitalismo: una contradicción insuperable. *Revista Nera*, 13, 128-143. <https://doi.org/10.47946/rnera.v0i13.1393>
- Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta [Siacon] (2020). *Siacon*. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural - SIAP. <https://www.gob.mx/siap/documentos/siacon-ng-161430>
- Sil, Â., Rodríguez, A. P., Carvalho, C., Nunes, J. P., Honrado, J., Alonso, J., & Azevedo, J. C. (2016). Trade-offs and Synergies between Provisioning and Regulating Ecosystem Services in a Mountain Area in Portugal Affected by Landscape Change. *Mountain Research and Development*, 36(4), 452-464. <https://doi.org/10.1659/MRD-JOURNAL-D-16-00035.1>
- Silvetti, F. (2011). Una revisión conceptual sobre la relación entre campesinos y servicios ecosistémicos. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 8(66), 19-45. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.cdr8-66.rcsr>
- Soto, J. (2015). El crecimiento urbano de las ciudades: enfoques desarrollista, autoritario, neoliberal y sustentable. *Paradigma Económico*, 7(1), 127-149. <https://paradigmaeconomico.uaemex.mx/article/view/4840>
- Torres, L. (2017). *La gestión del agua potable en la Ciudad de México. Los retos hídricos de la CDMX: gobernanza y sustentabilidad* (1a ed.). Instituto Nacional de Administración Pública. A. C. - Instituto de Investigaciones Parlamentarias. <http://aldf.gob.mx/archivo-027a57875ea54db65fb86646226b9611.pdf>
- Vázquez G., Arana, F. C., Núñez, L. G., Martínez, A., & Cruz, J. R. (2017). Contribución al estudio de la ictiofauna del lago de San Gregorio Atlapulco y Canales de Xochimilco. *Revista*

Latinoamericana el Ambiente y las Ciencias, 8(19), 33-46.
<https://rlac.buap.mx/sites/default/files/8%2819%29-3.pdf>

Wigle, J. (2014). The 'Graying' of 'Green' Zones: Spatial Governance and Irregular Settlement in Xochimilco, Mexico City. *International Journal of Urban and Regional Research*, 38(2), 573-589.
<https://doi.org/10.1111/1468-2427.12019>

Este documento se debe citar como:

Trujillo Moreno, E., López Santiago, M. A., Valdivia Alcalá, R. y Romo Lozano, J. L. (2023). Identificación y priorización de servicios ecosistémicos derivados del sistema lacustre de Xochimilco. *Madera y Bosques*, 29(2), e2922487.
<https://doi.org/10.21829/myb.2023.2922487>

Manuscrito recibido el 26 de julio de 2023

Aceptado el 06 de marzo de 2023

Publicado el 18 de diciembre de 2023



Madera y Bosques por Instituto de Ecología, A.C. se distribuye bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercialCompartirIgual 4.0 Internacional.