



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DIVISIÓN DE CIENCIAS ECONÓMICO ADMINISTRATIVAS (DICEA)



“VALORACIÓN ECONÓMICA DEL SERVICIO HIDROLÓGICO DE XOCHIMILCO”

TESIS

Para obtener el título de:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN ECONOMÍA AGRÍCOLA Y
DE LOS RECURSOS NATURALES**



PRESENTA:

Everardo Trujillo Moreno

Bajo la supervisión del:

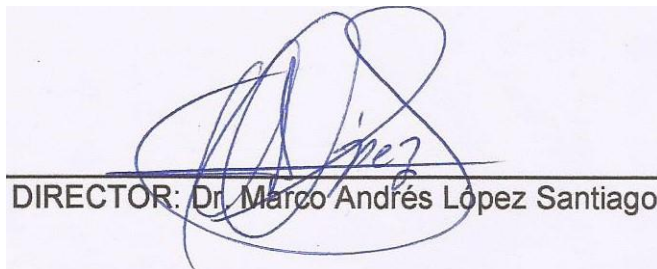
Dr. Marco Andrés López Santiago

Chapingo, Estado de México a noviembre 2022

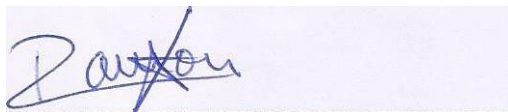
VALORACIÓN ECONÓMICA DEL SERVICIO ECOSISTÉMICO HIDROLÓGICO DE XOCHIMILCO, CIUDAD DE MÉXICO

Tesis realizada por Everardo Trujillo Moreno bajo la supervisión del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

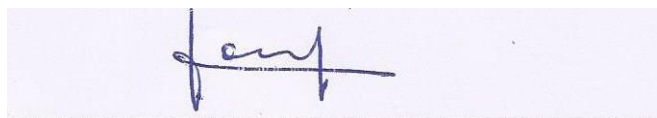
MAESTRO EN CIENCIAS EN ECONOMÍA AGRÍCOLA Y DE LOS RECURSOS NATURALES



DIRECTOR: Dr. Marco Andrés López Santiago



ASESOR: Dr. Ramón Valdivia Alcalá



ASESOR: Dr. José Luis Romo Lozano

CONTENIDO

Tabla de contenido

ÍNDICE DE CUADROS	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
ÍNDICE DE ANEXOS	VIII
DEDICATORIA	IX
AGRADECIMIENTOS	X
DATOS BIOGRÁFICOS	XI
RESUMEN GENERAL	XII
GENERAL ABSTRACT	XIII
1. Capítulo 1: INTRODUCCIÓN GENERAL	1
1.1. Problema económico	3
1.2. Objetivo general	4
1.3. Objetivos específicos	4
1.4. Hipótesis	5
1.5. Justificación	5
2. Capítulo 2: REVISIÓN DE LITERATURA	7
2.1. Patrimonio natural y agrícola de la ciudad de México	7
2.1.1 Áreas naturales protegidas y sus objetivos	11
2.1.1 Servicios hidrológicos de la Ciudad de México	14
2.2. Servicios ecosistémicos	16
2.2.1 Definición y clasificación de los servicios ecosistémicos	17
2.2.2 Importancia ecológica de los humedales	22
2.3. Fundamentos del valor económico	25
2.4. Las chinampas: Panorama general	31

2.4.1	Zona Sujeta a Conservación Ecológica “Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco”	35
2.4.2	Definición y contexto histórico de las chinampas.....	40
2.4.3	Descripción del proceso productivo chinampero	44
2.4.4	Problemática ambiental de las chinampas.....	49
2.5.	Valoración económica de servicios ambientales.....	62
2.5.1	Valoración contingente	62
2.5.2	Valoración de servicios ambientales en México	63
2.6.	Literatura citada	66
3.	Capítulo 3. ARTÍCULO 1: Identificación y priorización de servicios ecosistémicos derivados del sistema lacustre de Xochimilco.....	78
3.1.	Resumen.....	78
3.2.	Abstract.....	79
3.3.	Introducción	80
3.4.	Objetivos	82
3.5.	Materiales y métodos	83
3.5.1	Zona de estudio	83
3.5.2	Población y tamaño de muestra.	84
3.5.3	Descripción del instrumento encuesta.....	86
3.5.4	Procesamiento de información.....	88
3.5.5	Análisis estadístico	88
3.6.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	89
3.7.	Conclusiones.....	100
3.8.	Referencias.....	101
4.	Capítulo 4. ARTÍCULO 2	111
4.1.	Resumen.....	111
4.2.	Introducción	112
4.3.	Materiales y métodos	114
4.3.1	Zona de estudio	114

4.3.2	Determinación del tamaño de muestra	115
4.3.3	Método de Valoración contingente	116
4.3.4	Descripción del instrumento de encuesta	118
4.3.5	Procesamiento de información y análisis estadístico	120
4.4.	Resultados y discusión	120
4.4.1	Modelo econométrico.....	125
4.4.2	Cálculo de la media de la disposición a pagar	126
4.5.	Conclusiones.....	129
4.6.	Referencias.....	130
5.	Capítulo 5. Conclusiones Generales	137
6.	Anexos	139

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Indicadores agrícolas en la ciudad de México en 2020.....	10
Cuadro 2. Áreas Naturales Protegidas de la Ciudad de México	12
Cuadro 3. Fauna silvestre protegida en la ANP Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco	38
Cuadro 4. Cantidad y distribución de la superficie de chinampería	43
Cuadro 5. Caudales que aportan agua tratada a los canales de Xochimilco	54
Cuadro 6. Lista y descripción de SE incluidos en la encuesta	87
Cuadro 7. Estimaciones del promedio ponderado del nivel de prioridad por cada SE	91
Cuadro 8. Estimaciones del promedio ponderado del nivel de prioridad por cada SE	94
Cuadro 9. Resultados de la prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov	96
Cuadro 10. Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis.....	97
Cuadro 11. Resultados de la prueba de Games-Howell por servicios individuales	98
Cuadro 12. Resultados de la prueba de Games-Howell por servicios agrupados	99
Cuadro 13. Número de encuestas por alcaldía.....	115
Cuadro 14. Opciones ambientales para los usuarios.....	119
Cuadro 15. Variables explicativas del modelo	120
Cuadro 16. Percepción ambiental de la población de CDMX	121
Cuadro 17. Resultados del modelo logit	125
Cuadro 18. Comparación de la media paramétrica y no paramétrica de la DAP por el SE Almacenamiento y retención de agua	127

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Áreas naturales protegidas de la ciudad de México (2017)	14
Figura 2. Clasificación de servicios ecosistémicos (tomado de Camacho, 2012)	20
Figura 3. Separación entre función de producción ecológica de la función de producción económica (Fuente: Landers, 2013).....	21
Figura 4. Efecto de una externalidad negativa (Fuente: Manzanares 2014).....	29
Figura 5. Excedente del consumidor.....	30
Figura 6. Zona Patrimonial Xochimilco-Tahuac (Tomado de Universidad Autónoma Metropolitana, 2011).....	33
Figura 7. Preparación del terreno de cultivo	48
Figura 8. Siembra de plántulas de lechuga.....	48
Figura 9. Cosecha de verdolaga	49
Figura 10. Eutrofización de canales en Xochimilco.....	55
Figura 11. Ubicación espacial de la ANP "Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco" (Fuente: Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad 2021 [http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/]).....	84
Figura 12. Histograma de frecuencias de menciones de cada servicio ecosistémico de acuerdo a su prioridad.....	90
Figura 13. Transporte de agua de Xochimilco hacia el centro de Ciudad de México (Tomado de GeoComunes, 2018)	116
Figura 14. Curva de demanda por el SE Almacenamiento y retención de agua	123
Figura 15. Relación de respuestas negativas entre usuarios.....	124

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Cuestionario de encuesta servicios ecosistémicos.....	106
Anexo 2. Disposición a pagar por el agua para uso doméstico.....	110

DEDICATORIA

En memoria de Alejandro Aguilar (1980-2022), familiar querido y una inspiración para encontrar la alegría de vivir.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) que me facilitó el financiamiento para realizar mi maestría.

A la Universidad Autónoma Chapingo por aceptarme en el posgrado y brindarme la oportunidad de llevar a cabo este estudio.

Al Dr. Marco Andrés López Santiago, quien dirigió esta tesis con diligencia durante el proceso de investigación.

Al Dr. Ramón Valdivia Alcalá, quien aportó con atinadas observaciones y aportaciones para hacer de este un mejor trabajo.

Al Dr. José Luis Romo Lozano por las contribuciones y comentarios para la finalización de esta tesis.

Al Dr. Juan Hernández Ortiz, por los consejos y orientación brindada en las últimas etapas de este estudio.

A la coordinación de posgrado, por el apoyo económico que facilitó para llevar a cabo esta investigación

A la comunidad de San Gregorio Atlapulco y San Luis Tlaxialtemalco, quienes apoyaron brindando información valiosa.

DATOS BIOGRÁFICOS

Datos personales

Nombre: Everardo Trujillo Moreno

Fecha de nacimiento: 23 de noviembre de 1991

Lugar de nacimiento: Los Ángeles, California.

CURP: TUME910830HDFRRV09

Profesión: Biólogo

Cédula profesional: 10824978



Desarrollo académico

Maestría en Ciencias en Economía Agrícola y de los Recursos Naturales, División de Ciencias Económico-Administrativas, Universidad Autónoma Chapingo, 2019-2021.

Licenciatura de biología, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad nacional Autónoma de México. 2009-2017

Bachillerato: Colegio de Ciencias y Humanidades, Plantel sur. Universidad Nacional Autónoma de México 2006-2009

RESUMEN GENERAL

Valoración económica de servicios ecosistémicos de Xochimilco

Tesis de maestría en ciencias, Universidad Autónoma Chapingo.

El sistema lacustre de Xochimilco en la ciudad de México conforma un humedal urbano que provee servicios ecosistémicos a sus habitantes, siendo uno de los principales el abastecimiento de agua. El deterioro causado por el desarrollo urbano pone en riesgo la supervivencia del ecosistema, así como de las chinampas. La identificación, priorización y valoración de los servicios ecosistémicos permitirán mejorar su gestión, manejo y conservación. Se aplicó una encuesta a 4 grupos de población en la que seleccionaron los 3 servicios ecosistémicos más importantes desde su perspectiva partiendo de una lista de 17. Por medias ponderadas se jerarquizaron, resultando el más importante el servicio de almacenamiento y retención de agua. Los productores chinamperos consideraron mas importantes los servicios de aprovisionamiento. Por el método de valoración contingente, se realizó una encuesta estructurada a residentes de siete alcaldías para determinar la disposición a pagar del servicio hidrológico. El modelo logístico binomial indicó significancia en las variables calidad y suficiencia del agua e ingreso. Se obtuvo una disposición a pagar media de 239.77 MXN por hogar, el cual es una estimación relativamente mayor en otras ciudades. Esto se atribuyó a mayor número de habitantes, ingreso per cápita, la preocupación por una posible escasez de agua en la región y la importancia patrimonial de Xochimilco. Finalmente se propone un valor potencial máximo de 4,827,968,050 MXN por el servicio ecosistémico.

Palabras clave: Priorización, agua subterránea, valoración contingente, valor económico, disponibilidad a pagar.

GENERAL ABSTRACT

Economic valuation of ecosystem services of Xochimilco

The Xochimilco lake system in Mexico City forms an urban wetland that provides ecosystem services to its inhabitants, one of the main ones being water supply. The deterioration caused by urban development puts the survival of the ecosystem, as well as the chinampas, at risk. The identification, prioritization and assessment of ecosystem services will allow improving their management, management and conservation. A survey was applied to 4 population groups in which they selected the 3 most important ecosystem services from their perspective from a list of 17. They were ranked by weighted averages, with the most important being the water storage and retention service. Chinampa producers consider provisioning services more important. Using the contingent valuation method, a structured survey was carried out among residents of seven municipalities to determine their willingness to pay for the hydrological service. The binomial logistic model has no significance in the variable's quality and sufficiency of water and income. A mean willingness to pay of 239.77 MXN per household was obtained, which is a relatively higher estimate in other cities. This was attributed to a higher number of inhabitants, per capita income, concern about possible water scarcity in the region, and Xochimilco's heritage importance. Finally, a maximum potential value of 4,827,968,050 MXN is proposed for the ecosystem service.

Keywords: Prioritization, groundwater, contingent valuation, economic value, willingness to pay.

Capítulo 1: INTRODUCCIÓN GENERAL

La Ciudad de México es una de las urbes más grandes y pobladas del mundo. Es la entidad más pequeña del país con solo 1485 km² (solo el 0.1% de la superficie del país) pero el censo de Población y Vivienda 2020 arrojó un estimado de 9,018,645 habitantes (**Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 2020**). Esta metrópolis se encuentra en constante expansión demográfica y urbana desde hace 80 años por el aumento de la población en la cuenca y el reemplazo de localidades rurales por urbanas. La urbanización de la cuenca del Valle de México se ha caracterizado por la falta de planeación y ocupación irregular de suelos de naturaleza no habitacional. El proceso ha sido esencialmente dirigido por el mercado, creando condiciones para la segregación de la población acorde su ingreso, generando zonas con una población económicamente favorecida y otras zonas marginadas, empobrecidas, y escasas de servicios básicos como agua potable o drenaje (**Lazcano, 2005**).

Como resultado de la reestructuración económica de la década de los 1980 caracterizada por la liberalización y flexibilización de los procesos productivos, la Ciudad e México tomó funciones como centro financiero nacional y suscitó la desconcentración de la industria, precipitando la expansión desmesurada de la mancha urbana producto de los desplazamientos hacia el exterior, movilización que fue favorecida por el sismo del 19 de septiembre de 1985. De la misma forma, el desarrollo urbano de diversos focos de población periféricos en municipios conurbados del Estado de México amplifica la expansión de la megalópolis, así como la proliferación de asentamientos irregulares en suelo de conservación, esto último principalmente en el sur de la ciudad (**Cruz, 2000**). En 1950 la población del Distrito Federal (ahora ciudad de México) era menor de 1.7 millones de habitantes y actualmente el área metropolitana del valle de México a partir de la expansión urbana supera los 20 millones, lo que implica

una creciente demanda de suelo para vivienda popular, servicios y agua **(Bataillón, 2008)**.

Las presiones demográficas y urbanísticas tienen consecuencias ambientales, sociales y económicas para la ciudad. El disturbio ecológico y la desaparición de ecosistemas progresivamente han causado una reducción en la calidad de vida en las zonas rurales que comprenden la periferia al perderse espacios para la recreación, producción de alimentos, fuentes de empleo y sitios para la infiltración y almacenamiento de agua **(Zaragoza et al, 2016)**. Los asentamientos irregulares representan un alto costo ambiental ya que en su mayoría se encuentran en áreas inadecuadas para el desarrollo urbano, lo que además de representar un riesgo para sus habitantes causa la pérdida de áreas con potencial forestal y de infiltración de agua, así como diversos problemas de contaminación. Además, se fomenta el subempleo y la informalidad.

Los sistemas periurbanos tienen la característica de poseer una multifuncionalidad en la agricultura y de ser una alternativa de solución a conflictos ambientales, ya que de esta se pueden generar muchos satisfactores, no solamente la producción de alimentos, sino que también puede constituir una zona de amortiguamiento ante el crecimiento de la población y la ciudad, ayudar a la retención y conservación del suelo, filtración del agua de lluvia, captura de CO₂, aportar belleza escénica, entre otros destacados servicios ecosistémicos **(Navarro, 2015)**.

Debido a los motivos presentados previamente, se vuelve necesario generar condiciones que permitan la conservación del patrimonio ambiental, cultural y social que representan las chinampas. La supervivencia del área metropolitana recae en la explotación y aprovechamiento de los recursos de su entorno próximo, deteriorados cada vez más por la ausencia de acciones coordinadas entre los agentes económicos, autoridades locales y sociedades de protección ambiental, lo que produce un trade-off entre desarrollo y conservación **(Vilchis, 2019)**.

En este trabajo se realizó un análisis de las preferencias de los usuarios en torno a los servicios ecosistémicos presentes en la zona sujeta a conservación ecológica “Ejidos e Xochimilco y San Gregorio Atlacopulco” y una valoración económica del servicio ecosistémico hídrico con el fin de contar con mayor información que permita profundizar en el estudio y revelar la importancia de la reserva ecológica para la ciudad de México, aportando criterios para una mejor gestión, toma de decisiones y conservación ambiental.

1.1. Problema económico

La ciudad de México ha tenido en los últimos años un crecimiento poblacional importante, lo que demanda todo tipo de recursos. Muchas áreas rurales se han urbanizado lo que ha provocado la pérdida de recursos naturales y de ecosistemas y su biodiversidad asociada a ellos. La mayor parte de los alimentos provienen de diversas partes del país y se comercializan en la central de abastos de Iztapalapa. Sin embargo, aún hay zonas en la Ciudad que producen importantes cantidades de productos agrícolas, como es el caso de la alcaldía de Xochimilco. El agua que se consume en la Ciudad se abastece de fuentes externas (sistema Cutzamala) y fuentes internas (batería de pozos profundos). Dado que no existe en la ciudad un sistema de captación de agua de lluvia, ni de separación de las aguas pluviales de las grises y negras, las zonas que históricamente han sido ecosistemas acuáticos resultan de gran importancia no solo para mantener el equilibrio ecológico, sino para captar agua y recargar los sobre explotados mantos acuíferos.

Toda la superficie de conservación de la Ciudad de México muestra signos de perturbación y deterioro. Entre los factores de deterioro esta la expansión urbana y de asentamientos irregulares, sobrepastoreo, contaminación ambiental e hídrica, erosión de suelo y falta de acciones claras por parte de las autoridades. La pérdida de la calidad de los ecosistemas afecta directamente a

la producción agrícola y pecuaria, relacionada estrechamente con el suelo de conservación, causando el abandono y venta de suelo (**Ascencio, 2019**).

La zona de Xochimilco, es por excelencia una superficie de vital importancia para lograr este objetivo. Sin embargo, la sobreexplotación de recursos naturales en Xochimilco ha generado externalidades negativas que afectan la productividad agrícola en las chinampas, afectando la solvencia económica de sus habitantes y causando la pérdida de servicios ecosistémicos para los habitantes de la ciudad de México. La extracción de agua para abastecer alcaldías vecinas pone en grave riesgo no solo la existencia de esta zona productiva, sino la función ecológica que tiene en el entorno.

1.2. Objetivo general

Evaluar el valor económico del servicio ecosistémico que se defina como prioritario en Xochimilco y con base en los resultados hacer propuestas para una gestión más propicia para el manejo y conservación de Servicios ambientales y recursos naturales en suelo de conservación.

1.3. Objetivos específicos

-Determinar la prioridad de los Servicios ecosistémicos que provee el capital natural de Xochimilco desde la perspectiva de la población que se beneficia de estos.

-Identificar y cuantificar el valor económico del servicio ecosistémico prioritario en suelo de chinampería dentro de la alcaldía de Xochimilco.

1.4. Hipótesis

-Los servicios ecosistémicos son vitales para la sostenibilidad y funcionalidad de concentraciones urbanas como la ciudad de México, por lo que la identificación, priorización y valoración económica permitirá optimizar la gestión de los mismos.

-Los servicios ecosistémicos relacionados con el abastecimiento de agua y alimentos son considerados los más importantes por los habitantes de la Ciudad de México.

-Debido al nivel de ingreso por encima del promedio nacional, al número de habitantes y al status de Xochimilco como patrimonio mundial de la humanidad, el valor económico de los servicios ecosistémicos es elevado.

1.5. Justificación

Debido a la expansión urbana y demográfica en la Ciudad de México, se han perdido ecosistemas importantes, y entre los más afectados el sistema lacustre de Xochimilco. Los estudios de valoraciones de recursos naturales son un tema de investigación relativamente reciente México, sin embargo, han sido escasos aquellos que han abordado humedales urbanos, los cuales son una valiosa fuente de provisión de servicios ecosistémicos.

Las chinampas son un medio de subsistencia para una comunidad que aún hoy en día produce una amplia variedad de hortalizas y plantas ornamentales empleando métodos ancestrales de producción agrícola. Las chinampas forman parte de la identidad cultural del valle de México y no solo contribuyen al abastecimiento urbano de alimentos frescos a la Ciudad de México, sino que funcionan también como medio de recreación, destino turístico, hábitat para especies emblemáticas y reservorio de funciones ecológicas para el equilibrio ecológico en la Ciudad de México.

En el capítulo 2 se presenta una descripción general del estado actual del capital natural de la ciudad de México, de las chinampas y de los estudios de valoración económica de servicios ecosistémicos en México, así como de algunas medidas de bienestar.

En el capítulo 3 se presenta el primer artículo de esta tesis, en la que se identificó la presencia de servicios ecosistémicos en área natural protegida de Xochimilco, asignándoles un orden importancia de acuerdo a la opinión de sus usuarios.

En el capítulo 4 se presenta el segundo artículo, el cual consiste en una valoración económica del servicio ecosistémico almacenamiento y retención de agua proveído por Xochimilco.

En el capítulo 5 se presentan las conclusiones generales de este trabajo.

Capítulo 2: REVISIÓN DE LITERATURA

Los ecosistemas tienen importantes cualidades como proveedores de servicios ecosistémicos, agua, alimentos, atractivo turístico, y patrimonio cultural. El capital natural de nuestro país es “uno de los más diversos del planeta y ofrece a los mexicanos variadas oportunidades para su desarrollo económico y elevar su calidad de vida” (**Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad [CONABIO], 2008**). Reconocer la importancia y repercusiones que tiene sobre la vida de las comunidades urbanas y rurales contribuirá en gran medida al cumplimiento de los objetivos de sustentabilidad.

2.1. Patrimonio natural y agrícola de la ciudad de México

El patrimonio ambiental localizado al sur de la ciudad de México consiste en 80, 000 hectáreas de áreas verdes, incluyendo bosques, pastizales y suelo agrícola, los cuales proporcionan alimentos, servicios ambientales y servicios turísticos (**Delgadillo 2009**). La región sudoeste de la cuenca del valle de México ofrece una serie de servicios ecosistémicos importantes para sus habitantes.

La Ciudad de México, no solo es una de las ciudades más grandes del mundo, sino que además es una de las que cuenta con mayor extensión de suelo de conservación y patrimonio natural dentro de su territorio. Entre el 57 al 59 por ciento de la superficie de la entidad está cubierta por bosques, pastizales de alta montaña, matorrales, pedregales, humedales y zonas agrícolas (entre 846 y 876 Km²). La mayor parte de esta superficie está en la parte sur de la ciudad de México en las alcaldías de Milpa Alta (32.2%), Tlalpan (29.4%) y Xochimilco (11.9%) (**Consejo De Evaluación Del Desarrollo Social De La Ciudad De México [EVALUA], 2020**). El suelo de conservación de la ciudad de México por tanto alberga un complejo mosaico paisajístico cuya existencia es crucial para los habitantes de la ciudad por la variedad de servicios ecosistémicos (SE) que genera.

Se estima que los servicios hidrológicos que provee el suelo de conservación producen una escorrentía superficial de 73 millones de m³ y un volumen de infiltración de entre 165 y 190 millones de m³ anuales, derivados de una precipitación media anual de entre 600 a 1500 mm al año. Gracias a los bosques y otros tipos de cobertura vegetal en la superficie de conservación se absorbe una gran cantidad de radiación, reduciendo la temperatura máxima y aumentando la mínima, fungiendo como importantes reguladores climáticos, que además permiten la captura de más de 3 millones de Ton al año de CO₂ equivalente (**Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México [SEDEMA], 2016**).

La superficie de conservación de la ciudad está estrechamente ligada a actividades productivas primarias y sistemas rurales; la mayor parte de la producción agrícola de la Ciudad de México se concentra en las zonas periféricas hacia sus límites sur y sureste. Hoy en día esta agricultura en la entidad (considerada como primordialmente urbana) puede considerarse como periurbana o de traspatio. De acuerdo a Ávila (**2019**) “las interacciones entre espacios urbanos y su entorno rural contribuye al desarrollo regional y rural como puntos de demanda y mercadeo”; mediante el reconocimiento institucional de lo periurbano sería posible “recuperar y salvaguardar las áreas naturales con fines productivos o para el mejoramiento o conservación paisajística de los espacios naturales, así como la recuperación de los espacios públicos para la mejora de la calidad de vida”. Sin embargo, actualmente en materia política en México no se hace presente tal distinción.

Las zonas agrícolas de Tláhuac, Milpa Alta, Tlalpan y Xochimilco son de gran importancia para el abastecimiento urbano de alimentos para la población urbana. La sustentabilidad urbana puede conseguirse por medio del manejo y gestión adecuados de los recursos naturales, ecosistemas (y sus servicios ecosistémicos) en áreas periurbanas. Las ciudades y centros urbanos se deben enfocar al reconocimiento integral de los servicios ecosistémicos provistos mediante una infraestructura urbana verde y en cómo esta puede ser mejorada

por una conectividad eficiente, la conservación de los ecosistemas, la restauración ecológica y la participación pública (**Torres 2019**). Los espacios periurbanos representan el nexo entre la urbanidad y la ruralidad, pero debido a las fuerzas de mercado que han favorecido la expansión demográfica, urbana, así como el desplazamiento de la mano de obra agrícola hacia las ciudades, causando el abandono de la actividad agrícola en favor de la urbanidad, ha causado la pérdida de espacios agropecuarios productivos y una reducción los beneficios que conllevan (**Segrelles, 2015**).

Además, cabe destacar su potencial productivo y comercial. La ubicación dentro de la ciudad de México otorga a los productores una ventaja competitiva, gracias a la proximidad de un espacio de distribución y venta como lo es la ciudad de México con una alta demanda de productos agrícolas. Al mismo tiempo, Xochimilco se ha convertido en centro de construcción de alternativas de competitividad, como el caso de la producción orgánica y el cultivo de plantas de ornato (**de Gortari 2012**). La mayor parte de estos beneficios se obtienen gracias a la presencia de las chinampas, las cuales son estructuras de cultivo artificiales construidas sobre los lagos desde hace miles de años y que fueron parte vital para el auge de las culturas que se establecieron en el valle. Actualmente las Chinampas corren el riesgo de desaparecer debido a la intrusión de la mancha urbana sobre su superficie.

De acuerdo al SIAP (Servicio de información agroalimentaria y pesquera), el valor total de la producción es de 1,516,530,000 de pesos en la Ciudad de México. Para el año 2020, de los cuales las alcaldías que más aportan son: Milpa Alta con 744,554,540 (49%), Tlalpan con 265,835,360 (17.5%) y Xochimilco con 203,010,780 (13.4%) pesos. Para este mismo año, se sembraron 14,420 ha y se obtuvieron 4,476,973.51 ton de productos agrícolas (**Sistema de información agropecuaria de consulta [SIACON], 2020**). Hay que resaltar que la alcaldía de Xochimilco es la que más volumen produjo, con 3,311,969 ton (71% del volumen de la entidad), considerando que se sembraron

1285.95 ha lo que equivale al 8.9% de la superficie cultivada de la entidad (véase cuadro 1)

Cuadro 1. Indicadores agrícolas en la ciudad de México en 2020.

	Superficie sembrada (Ha)	Producción (ton)	Valor de la producción (miles de pesos)
Cuajimalpa de Morelos	55.05	213.24	1,476.32
Magdalena Contreras	290.16	1,668rr.33	6,657.44
Milpa Alta	5,629.09	269,937.37	744,554.54
Tlalpan	5,723.50	401,448.10	265,835.36
Tláhuac	1,350.55	591,384.57	91,900.11
Xochimilco	1,285.95	3,211,969.72	203,010.78
Álvaro Obregón	86.11	352.18	2,428.12
TOTAL	14,420.41	4,476,973.51	1,315,862.68

Fuente: Sistema de información agropecuaria de consulta, 2020

Para el año de 2014, la población económicamente ocupada en actividades agropecuarias en la ciudad de México se estimó en 16,000 personas repartidas en 11, 543 unidades de producción familiar empleándose unas 22,800 ha principalmente en las alcaldías de Tláhuac, Milpa Alta, Tlalpan y Xochimilco y cuya producción se enfoca al autoconsumo o a la venta local. Cerca del 90% de la producción agrícola se realiza en condiciones de temporal y el 80% de los cultivos son cíclicos, principalmente forrajes y maíz (**Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2014**). Gran parte de esta actividad agrícola se concentra en áreas naturales protegidas.

2.1.1 Áreas naturales protegidas y sus objetivos

Este patrimonio natural de la Ciudad de México alberga servicios y bienes ambientales y culturales, los cuales son afectados por las inherentes presiones ambientales de la expansión demográfica y urbano que ha caracterizado al desarrollo del país en las últimas décadas; dada la vulnerabilidad del capital natural, se han vuelto necesarias acciones y estrategias para asegurar su preservación. Entre estas medidas es la declaración de Áreas Naturales protegidas (ANP). Estas son decretadas con el propósito de proteger ecosistemas y el hábitat de especies prioritarias, servicios ecosistémicos, el patrimonio biocultural del país, así como para hacer frente al cambio climático con la preservación de la cobertura vegetal (**Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas [CONANP], 2020**).

Los criterios para designar un área como ANP de acuerdo al (**artículo 44 de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente [LGEEPA], 1988**) es en la que “los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad del ser humano, o que sus ecosistemas y funciones integrales requieren ser preservadas y restauradas”. En el artículo 46 de dicha ley se menciona que las ANP pueden ser decretadas como Reservas de la Biosfera, Parques Nacionales, Monumentos Naturales, Áreas de protección de recursos naturales, Áreas de protección de flora y fauna, Santuarios y Áreas destinadas voluntariamente a la conservación son de carácter Federal y por tanto competencia de la Federación. Los gobiernos municipales tienen la facultad de establecer sus propias ANP y categorías, dependiendo de la legislación local.

Las ANP son definidas como los “espacios físicos naturales en donde los ambientes originales no han sido significativamente alterados por actividades antropogénicas, o que requieren ser preservadas y restauradas, por su estructura y función para la recarga del acuífero y la preservación de la biodiversidad” (**Ley Ambiental de protección de la tierra del Distrito Federal, 2000**). En la Ciudad de México las ANP ocupan una superficie de 21 472 ha,

equivalente al 14.41% de la superficie de la ciudad, repartidas en un total de 18 ANP nombradas ya sea por decreto federal o local, algunas de las cuales aún conservan sus características originales en buen estado de conservación, representando una reminiscencia de los ecosistemas que en un tiempo estuvieron presentes donde actualmente se emplaza la ciudad, así como un valor patrimonial para muchos de sus habitantes (**Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial del Distrito Federal [PAOT], 2009**). Las ANP en la ciudad están distribuidas en las siguientes categorías: 8 parques nacionales, 1 Parque ecológico, 6 zonas sujetas a conservación ecológica, 1 parque urbano, y 2 reservas ecológicas comunitarias (Véase cuadro 2).

Cuadro 2. Áreas Naturales Protegidas de la Ciudad de México

Nombre y categoría de la ANP	Fecha de decreto	Tipo de decreto	Alcaldía	Superficie (ha)
Parque Nacional "Desierto de los Leones"	27 de noviembre de 1917	Federal	Cuajimalpa y Alvaro Obregón	1,529
Parque Nacional "Insurgente Miguel Hidalgo"	18 de septiembre de 1936	Federal	Cuajimalpa y Edo. De Mex.	1,760
Parque Nacional "Fuentes Brotantes de Tlalpan"	28 de septiembre de 1936	Federal	Tlalpan	129
Parque Nacional "El Tepeyac"	18 de febrero de 1937	Federal	Gustavo A. Madero y Tlanepantla	1,500
Parque Nacional "Cumbres del Ajusco"	23 de septiembre de 1836	Federal	Tlalpan	920
Parque Nacional "Cerro de la Estrella"	24 de mayo de 1938	Federal	Iztapalapa	1,100
Parque Nacional "Lomas de Padierna"	22 de abril de 1938	Federal	Magdalena Contreras	670
Parque Nacional "El Histórico de Coyoacán"	26 de septiembre de 1938	Federal	Coyoacán	626

Nombre y categoría de la ANP	Fecha de decreto	Tipo de decreto	Alcaldía	Superficie (ha)
Zona sujeta a Conservación Ecológica "Parque Ecológico de la Ciudad de México"	28 de junio de 1989	Local	Tlalpan	727.61
Zona sujeta a Conservación Ecológica "Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco"	7 de mayo de 1992	Local	Xochimilco	2657
Zona sujeta a Conservación Ecológica "Bosques de las Lomas"	8 de octubre de 1994	Local	Miguel Hidalgo	26.4
Parque Urbano Bosque de Tlalpan	24 de octubre de 1997	Local	Tlalpan	252.8
Zona sujeta a Conservación Ecológica "Sierra de Guadalupe"	29 de mayo de 1990	Local	Gustavo A. Madero	687.41
Zona sujeta a Conservación Ecológica "Sierra de Santa Catarina"	21 de agosto de 2003	Local	Iztapalapa y Tláhuac	576.33
Zona Sujeta a Conservación Ecológica "La Armelia"	9 de junio de 2006	Local	Gustavo A. Madero	193.38
Zona de Conservación Ecológica "Ecoguardas"	29 de noviembre de 2006	Local	Tlalpan	132.63
Reserva Ecológica Comunitaria "San Miguel Topilejo"	26 de junio de 2007	Local	Tlalpan	6,000.29
Reserva Ecológica Comunitaria	29 de noviembre de 2006	Local	Tlalpan	1984.70

Fuente: Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial del Distrito Federal [PAOT], 2009

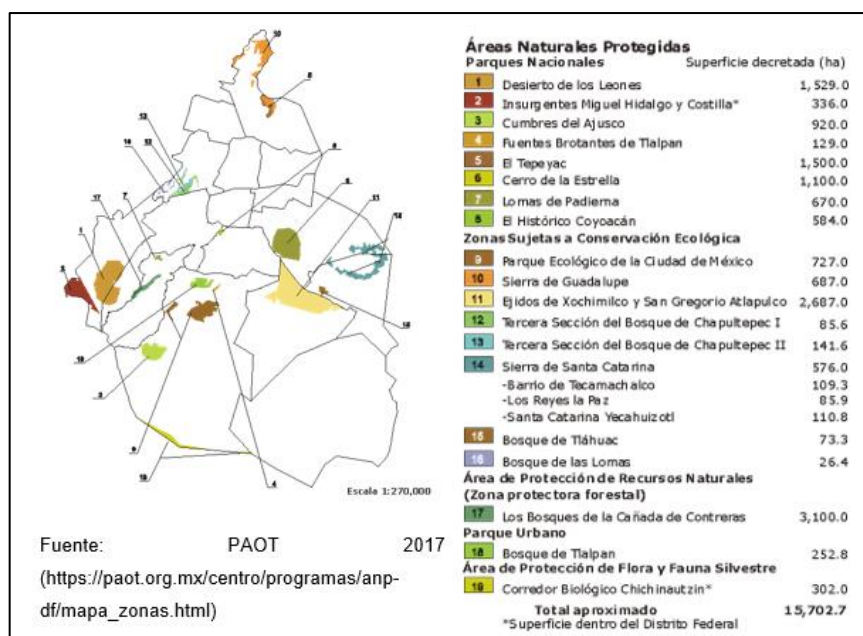


Figura 1. Áreas naturales protegidas de la ciudad de México (2017)

2.1.1 Servicios hidrológicos de la Ciudad de México

La Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) divide al territorio en 13 regiones hidrológico-administrativas, las cuales son consideradas las unidades básicas para la gestión de los recursos hídricos. La Ciudad de México corresponde a la región hidrológico-administrativa XIII, la cual es la de menor extensión (18,229 km²), menor disponibilidad de agua renovable (3,401 hm³/año) y menor cantidad de agua per cápita (143 m³/hab/año). De la misma forma, la Ciudad de México es la entidad federativa con menor disponibilidad de agua renovable per capita (73 m³/hab/año).

La CDMX también es una de las dos únicas entidades (la otra es el Estado de México), cuyo uso de abastecimiento público del agua supera al uso agrícola (de los casi 600 hm³ concesionados, solo 1.2 se destinan a la agricultura). Por lo anterior, la región hidrológico-administrativa XIII es catalogada con un muy alto grado de presión sobre los recursos hídricos (**Comisión Nacional del Agua [CONAGUA], 2019**).

La Ciudad de México tiene una superficie de 1504 km² y se enfrenta la disminución de la disponibilidad y calidad del agua, así como deficiencias en la distribución y servicios de drenaje. Algunas colonias tienen un consumo estimado de 28 litros por habitante diarios, mientras que otras consumen entre 800 a 1000 L diarios. Se estima que el agua que se utiliza en la ciudad de México proviene de tres fuentes principales: 71% proviene de aguas subterráneas (del acuífero Zona Metropolitana de la Ciudad de México), 26.5% del sistema Lerma-Cutzamala y 2.5 del río Magdalena. Por mucho el agua subterránea es la fuente más importante, y actualmente se está extrayendo agua al doble de la velocidad de la que se recarga en el acuífero (**Guerrero et al, 2009**).

La extracción es del orden de 50 m³/s a través de obras hidráulicas, principalmente pozos de unos 100 m de profundidad. La recarga total media anual del acuífero es del orden de 512.8 hm³/año. El volumen de extracción es de 1,020,030,340 m³ anuales. Por lo que actualmente la disponibilidad media anual de agua cuenta con un déficit de 507.230340 hm³/año. Entre 1987 y 1997 se detectó que el nivel del acuífero estaba disminuyendo a una tasa de 1.5 m anuales en la parte sur del acuífero, pero lo más probable es que esta tasa sea mayor bajo el ritmo de explotación actual (**CONAGUA 2020**). Cabe resaltar que la extracción en grandes cantidades de agua provoca impactos en el subsuelo como el agrietamiento y la extensión de fallas geológicas que implican el hundimiento diferencial del suelo y casusa escasez de agua en las partes más elevadas de la microcuenca (**Ángeles 2008**).

Actualmente, CONAGUA no cuenta con un registro confiable de la cantidad de pozos que hay en el acuífero de la Zona metropolitana de la Ciudad de México. Solo se tiene la información del número de concesiones de agua subterránea, sin embargo, el Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México (OCAVM) tiene registrados 1126 aprovechamientos (**Morales et al, 2020**). Los pozos de la red ser de abastecimiento de agua potable, la cual se encuentra en las tres alcaldías que comprenden la zona patrimonial (Milpa Alta, Tlahuac y

Xochimilco) suministran un caudal de 7.853 m³/s, siendo la mayor fuente de abastecimiento interno dentro de la ciudad de México.

En particular la alcaldía de Xochimilco, con 442,178 (INEGI, s.f.) habitantes, siendo parte de la subcuenca Chalco-Xochimilco es un sitio de recarga de acuíferos que alimenta pozos de extracción de agua subterránea. Aporta a la Ciudad de México el 70% del agua que se extrae del subsuelo, la cual es distribuida a la parte sur de la misma. Los humedales en los pueblos originarios San Gregorio Atlapulco y San Luis Tlaxialtemanco actúan como vasos reguladores para la zona sur de la ciudad, reduciendo el riesgo de inundación. A su vez el cuerpo de agua funciona como un regulador de la temperatura que mengua los cambios drásticos de temperatura entre estaciones, fungiendo, así como un regulador climático (CONABIO, 2016). Las principales fuentes de agua superficial son los ríos San Gregorio, San Lucas, Santiago y San Buenaventura y los principales almacenamientos son los lagos de Xochimilco, Tláhuac y Mixquic. Los lagos de Xochimilco cuentan con una superficie de embalse de 335 ha y un volumen medio almacenado de 9 hm³. La ciudad de México cuenta con 29 plantas de tratamiento de agua residuales, con una capacidad instalada de 6771 l/s y un caudal tratado de 3,063 l/s (CONAGUA, 2013).

2.2. Servicios ecosistémicos

Históricamente se han entendido a los recursos naturales como medios para nutrir los procesos productivos, causando que aparejado al crecimiento económico exista algún grado de deterioro ambiental y sociocultural. Estos son resultado de un proceso en el que han prevalecido los intereses económicos sobre las consideraciones ambientales, llevando a conductas de exceso de consumo con el fin de alcanzar el máximo grado de desarrollo económico posible. Los daños ambientales regularmente se dejan sentir con más fuerza en los sectores vulnerables de la población, los cuales regularmente son ajenos a los procesos de toma de decisiones políticas. Al no existir una justa y equitativa distribución de los costes y beneficios ambientales, y la situación se agrava cuando los costos y riesgos son externalizados afectándose ya no solo

el ambiente, sino también los derechos de las comunidades que viven en las zonas de afectación (**Doroni, 2021**).

El concepto de servicio ecosistémico (SE) en las últimas décadas se ha convertido en una herramienta para el manejo de ecosistemas los cuales cuentan con propiedades de provisión de beneficios para actores sociales (y agentes económicos) los cuales perciben, valoran y usan los recursos disponibles orientados por sus expectativas, objetivos y representaciones (**Conti et al, 2007**).

2.2.1 Definición y clasificación de los servicios ecosistémicos

Una de las primeras menciones de servicios ecosistémicos (SE) en la literatura científica fue de **Costanza et al.** (1997), en el cual se presenta una de las primeras clasificaciones y una aproximación del valor total de los servicios ecosistémicos en el mundo. En este trabajo se propuso a los SE como los bienes y servicios obtenidos de los ecosistemas y que representan beneficios directos para la población humana, convirtiéndose en la definición más difundida de los SE. El concepto de SE (también conocidos como servicios ambientales) en realidad es un concepto no estático y en evolución. Mas tarde, el informe de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (**2003**) los definió textualmente como los “beneficios que las personas obtienen de los ecosistemas”.

Otras definiciones son ofrecidas en Camacho (**2012**) para describir cómo ha evolucionado el término SE a través de los años. Entre algunas de los más citadas en la literatura científica están de Groot (2002a): “Funciones del ecosistema y capacidad de los procesos y componentes naturales para proporcionar bienes y servicios que satisfacen las necesidades humanas, directa o indirectamente”; y la de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (2004): “aquellas funciones o procesos ecológicos que directa o indirectamente contribuyen al bienestar humano o tienen un potencial para hacerlo en el futuro”. La definición y clasificación de los servicios

ecosistémicos es cambiante de acuerdo a la época, el lugar y el autor, sin embargo, estas definiciones tienen el objetivo común de “incluir las preocupaciones ecológicas en términos económicos, el de enfatizar la dependencia de la sociedad en los ecosistemas naturales, además de impulsar el interés público en la conservación de la biodiversidad”.

La conceptualización de servicios ecosistémicos es una herramienta para vincular el bienestar humano con la conservación de los ecosistemas, sugiriendo a la conservación de los ecosistemas como una necesidad ligada a la satisfacción de las necesidades básicas de las sociedades humanas (**Balvanera, 2015**). Los recursos naturales son insumos económicamente útiles para la producción y el consumo, pero mucho más que eso, existe una auténtica dependencia del bienestar humano por las funciones ecológicas producidas por los ecosistemas y el equilibrio dinámico de los mismos sistemas ecológicos, ya que estos son vitales para el sostenimiento de la vida en el planeta. Así, los SE no solo engloban a los beneficios que los humanos obtienen de los ecosistemas, sino también los procesos que regulan y mantiene su correcto funcionamiento y que indirectamente generan bienestar humano. Por ello se vuelve imprescindible la vinculación de los sistemas ecológicos con los sistemas sociales y la unificación de los SE bajo un enfoque ecológico-económico. En otras palabras, su conceptualización bajo un enfoque socio-ecológico (**Caro, 2015**).

Para facilitar la comprensión de lo que son los bienes y servicios ambientales estas se engloban en un número más reducido de funciones. Cada función sería el proceso en un subsistema dentro del sistema global que resulta de las interacciones entre factores bióticos y abióticos de un ecosistema. Cuando se reconocen las funciones de los ecosistemas, se puede analizar la naturaleza y la magnitud del valor para la sociedad humana en función de los servicios y bienes que estas funciones proveen. Bajo este marco de referencia se percibe de inmediato que el concepto de SE es inherentemente antropocéntrico, pero sin dejar de lado sus implicaciones ecológicas y socioculturales, de las cuales

dependen el equilibrio ecológico que sustentan los sistemas vivos y a la civilización humana en el planeta. De Groot formuló una de las primeras clasificaciones de los SE, agrupándolos en cuatro categorías llamadas: Funciones de regulación, funciones de hábitats, funciones de producción y funciones de información (**de Groot et al, 2002b**).

Las múltiples interpretaciones, conceptualizaciones y clasificaciones que existen de los SE se deben en gran parte a los distintos razonamientos de la estructura biofísica, las funciones ecológicas y las nociones de servicios intermedios y finales. Los resultados son sistemas de clasificación de SE que no tienen una correspondencia con los beneficios reales. La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio fue el primer intento por agrupar los SE en cuatro categorías: Servicios de aprovisionamiento, Servicios de regulación, Servicios culturales y servicio de soporte (Véase figura 2). Hasta la fecha es uno de los esquemas de clasificación de SE más usados.

Otros esquemas de clasificación son: Final Ecosystem Goods and Services Classification System [FEGS CS] (**Landers-Nahlik, 2013**), Common International Classification for Ecosystem Services [CICES] (**Haines, R., & Potschin, 2017**) y National Ecosystem Services Classification System [NESCS] (**Newcomer, 2020**). En años recientes estos esquemas se han vuelto esquemas de referencia en la investigación de SE. Estos se caracterizan por enfocarse en los beneficios directos a los beneficiarios y al establecer criterios específicos para la designación como SE, entre ellos el vínculo que estos tienen con la biosfera y la cualidad de poder ser valorados por sus usuarios (**La Notte, 2007**).

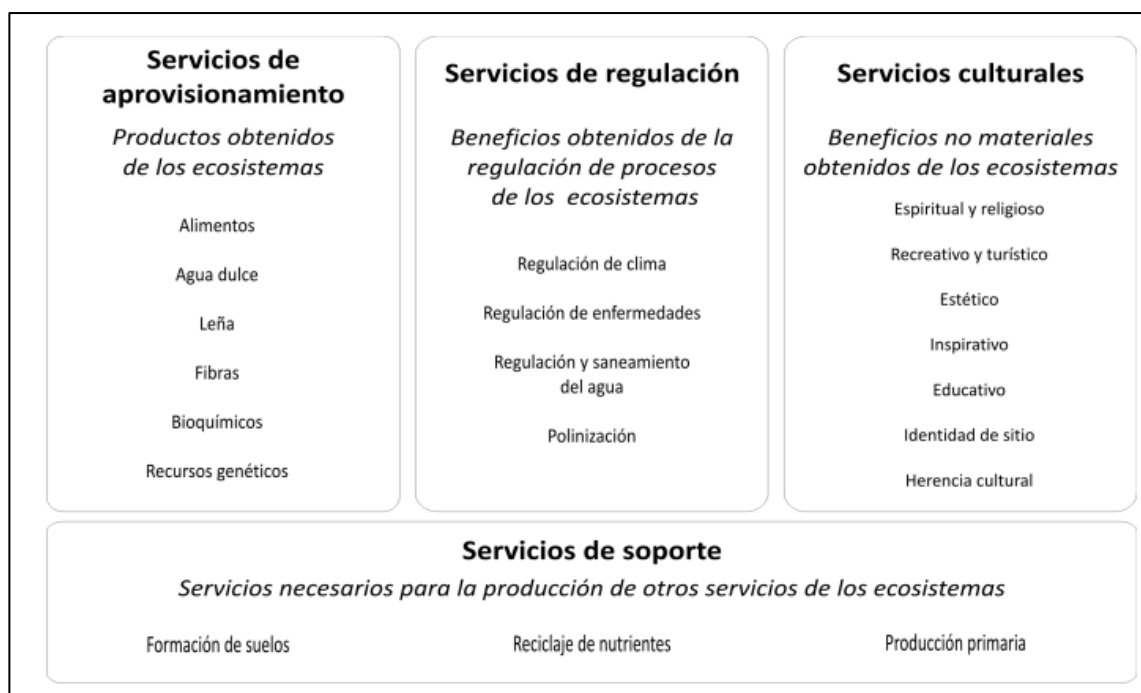


Figura 2. Clasificación de servicios ecosistémicos (tomado de Camacho, 2012)

La sociedad tradicionalmente considera al medio ambiente como un proveedor de bienes y servicios, los cuales a través de una función de producción producen los beneficios que finalmente afectaran el bienestar de las personas. Lo anterior implica que no hay una limitación entre los seres humanos y el resto de la biosfera. Sin embargo, al menos de que los factores ambientales y económicos no sean especificados debidamente en una función de producción es virtualmente imposible separar los SE de las inversiones que se hacen para entender el valor económico total de esos bienes. Los esquemas de clasificación desarrollados recientemente se enfocan a definir la distinción entre los SE finales y los componentes biofísicos y funciones ecológicas que las producen (**Landers-Nahlik, 2013b**).

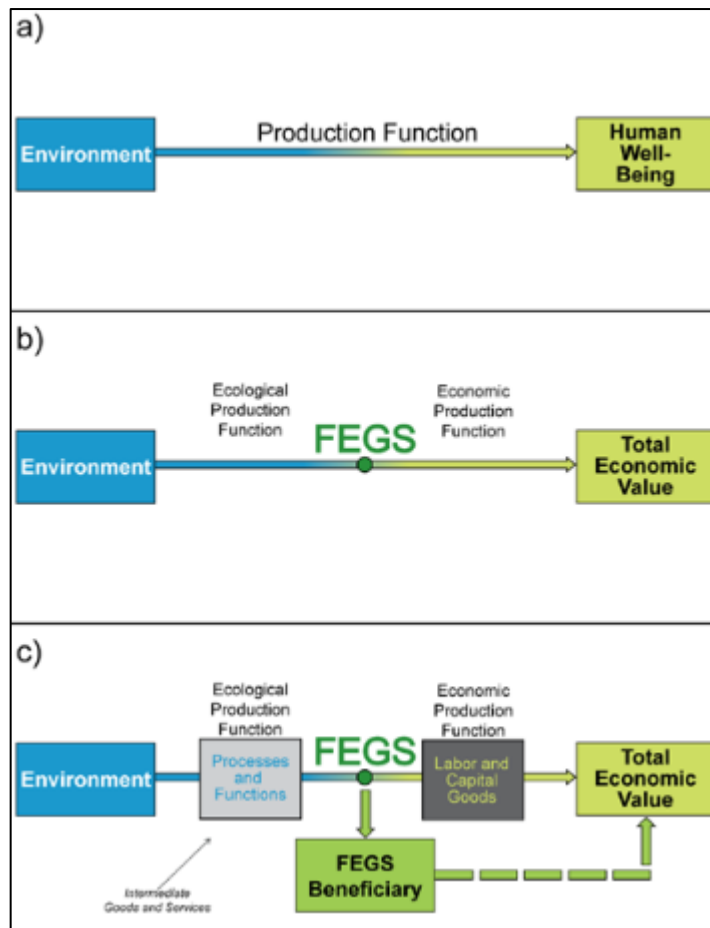


Figura 3. Separación entre función de producción ecológica de la función de producción económica (Fuente: Landers, 2013)

Avendaño (2020) señala que el concepto de servicios ecosistémicos tiene 3 objetivos:

- Identificar y señalar un conjunto amplio de beneficios obtenidos de los ecosistemas.
- Concientizar a la población de que dependen funcionalmente de los ecosistemas y que su pérdida es perjudicial.
- Permitir valoraciones tanto monetarias como no monetarias a fin de segurar mejores decisiones de compensación a través de proceso de política pública.

También señala que se debe reconocer el carácter multiescalar, multiusuario y multiservicio de los servicios ecosistémicos. Reconocer explícitamente el valor el concepto de servicio ecosistémico, encaminado a su valoración y considerado como referente dentro de los planes de ordenamiento territorial y políticas públicas permitirá a los encargados de la planeación equilibrar las disyuntivas de uso de tierra y examinar múltiples posibilidades de desarrollo.

La conceptualización de SE es complicada principalmente por el carácter múltiple de las interacciones entre los factores bióticos y abióticos de los ecosistemas y los beneficios que estos pueden generar a la sociedad. Dada a la inherente complejidad es común y poco recomendable entenderlos de manera aislada. Las actividades económicas del ser humano han puesto en riesgo este intrincado equilibrio dinámico. Por ejemplo, la alta demanda SE de aprovisionamiento (como de agua o de alimentos) puede dar generar una disminución de los mismos por sobreexplotación y al mismo tiempo disminuir la generación y funcionamiento de otros SE, por lo que se pone hincapié en la necesidad de comprender las interacciones que tienen entre ellos y los impactos procedentes de los usuarios. (Díaz- Burguillo, 2018).

2.2.2 Importancia ecológica de los humedales

El término humedal engloba “las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean estas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda los seis metros” de acuerdo al artículo 1 del informe de resultante de la convención RAMSAR (**Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO], 1971**). Los humedales son ecosistemas extremadamente importantes, por su provisión de variados servicios ecosistémicos y los beneficios económicos provenientes de estos.

En México, varias culturas mesoamericanas se asentaron cerca de estos ecosistemas y sostuvieron una estrecha relación con los mismos. Estos ocupan

el 6.5% del territorio nacional, siendo uno de los ecosistemas mas restringidos. Los humedales se forman en lugares con suficiente lluvia para que este escurra y se infiltre a un ritmo suficiente para que el agua pueda acumularse, de modo que el nivel freático se encuentre muy cerca o bien por encima de la superficie. Las características hidrológicas determinan el tipo de vegetación se establece dando lugar a ciénegas, pantanos, pastizales marinos, marismas, oasis en los desiertos, manglares, palmares y selvas inundables, albergando en general una alta biodiversidad (**Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT, 2012]**).

Los humedales son importantes proveedores de SE de aprovisionamiento. A nivel global, la producción de arroz, aceite, azúcar, vinagre, miel, entre otros se obtienen principalmente de terrenos de humedal. Las pesquerías vinculadas a humedales son una importante fuente de alimento a nivel local y nacional. Otros SE de aprovisionamiento importantes son el forraje para animales, la leña, la turba hortícola, plantas medicinales, fibras y colorantes. Además proveen de diversos SE de regulación y soporte, en los que se incluyen la recarga y regulación de mantos freáticos, la provisión de hábitat para especies migratorias (principalmente aves), protección contra tormentas e inundaciones, estabilización de líneas costeras, control de erosión y retención de nutrientes, filtración y captura de contaminantes y estabilización del clima local, así como de aportar recursos agua dulce y recursos pesqueros a poblaciones locales, asegurar la recarga de mantos freáticos, proveer recursos maderables, generar biomasa vegetal como recursos energéticos, el crecimiento de plantas de utilidad, y en muchos casos aportar un escenario para recreación y turismo (**Carabias et al., 2010**).

A pesar de toda esta importancia los humedales son de los ecosistemas más amenazados del mundo. En México se encuentra el 3.4% de los humedales designados como de importancia internacional y es con mucha diferencia el país con más sitios designados de América (México alberga el 32.8% de los humedales de importancia internacional del continente americano) ubicados en

142 sitios Ramsar listados que abarcan 8,657,057 de hectáreas (**Sitio oficial Ramsar, 2022**).

DE acuerdo a Betancur *et al* (**2016**), los SE de provisión de agua y alimentos se encuentran entre los más estudiados y con buen estado de conservación en los humedales de Hispanoamérica, pero son muy propensos a su deterioro. Entre los factores de riesgo se encuentran:

- La extracción excesiva de agua de los humedales y de los cuerpos de agua a los que está vinculado
- Cambios de uso de suelo causada por el aprovechamiento forestal, agricultura, ganadería y urbanización.
- Modificación del ciclo hidrológico por desviaciones del flujo del agua, causando que varíe la cantidad que entra, que sale y que se almacena.
- Contaminación asociada a la agricultura y la industria.
- Alteraciones en el régimen de precipitación y temperatura asociadas al cambio climático.

Del patrimonio natural de la ciudad de México se destaca un agroecosistema tan antiguo como los primeros asentamientos humanos en la cuenca, que por siglos fue el medio de producción de alimentos que sostuvo el crecimiento de la población de una de las regiones más densamente pobladas del mundo entre los siglos XI y XV y que hasta nuestros días continúa siendo fuente de alimentos y proveedor de servicios ambientales a la Ciudad de México, ampliamente reconocido en México por sus tradiciones, cultura espacio recreativo y para la conservación de especies, e internacionalmente como Patrimonio Mundial de la Humanidad: Las Chinampas. Existen chinampas en 3 alcaldías de la Ciudad de México: Tláhuac, Milpa Alta y Xochimilco. Sin embargo, es en la alcaldía de Xochimilco donde está la mayor superficie activa de chinampería principalmente en la ANP designada como Zona Sujeta a Conservación Ecológica “Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco”, en la cual se llevó a cabo este estudio.

2.3. Fundamentos del valor económico

La palabra sostenible significa de acuerdo al diccionario de la Real Academia de la Lengua Española como “Especialmente en ecología y economía, que se puede mantener durante largo tiempo sin agotar los recursos o causar grave daño al medio ambiente” (**Real Academia Española, s.f., definición 2**). Los términos sustentables, sostenible y desarrollo sostenible hoy en día son frecuentemente referidos en el ámbito coloquial, político y comercial, debido a la cada vez más evidente crisis ambiental que se cierne sobre esta y las siguientes generaciones.

Sin embargo, la conceptualización de lo que es y no es sustentable presenta dificultades para hacerse operativa dentro de los planes de desarrollo. Para lograr esta meta es necesario integrar factores económicos, sociales, culturales, políticos y ambientales, apegándose a la equidad intergeneracional (**World Commission On Environment And Development [WCED], 1987**).

Actualmente, La reproducción masiva de capital, maximización de los beneficios en cortos periodos de tiempo y los desequilibrios en las relaciones de producción, entre otras causas, han propiciado la sobreexplotación de recursos naturales, por lo que no se han podido alcanzar los objetivos de sustentabilidad, perjudicando principalmente a países en vías de desarrollo (**Segrelles, 2012**). En efecto, la economía de mercado y el crecimiento económico no han bastado para proveer la suficiente dotación social de algunos bienes públicos (**Canto, 2018**), entre ellos que se encuentran los SE.

La pérdida de SE ha estimulado a instituciones educativas y organizaciones alrededor del mundo para proponer nuevas formas de reevaluar la relación entre la sociedad y servicios ecosistémicos. Uno de los mecanismos para replantear la relación entre sociedad y servicios ecosistémicos es mediante la asignación de un valor. determinar el valor de los servicios ecosistémicos es una tarea complicada debido a la dificultad de establecer límites claros entre ellos y la interrelación de un proceso con otros. Por ejemplo, la función de

captura de carbono está relacionada directamente con la regulación climática y a su vez con la cobertura forestal. Todos estos procesos al estar relacionados entonces deben ser analizados y descritos bajo las condiciones de un sistema, considerando las interacciones dinámicas entre cada proceso función y valor **(Osorio, 2004)**.

La valoración económico-ambiental pretende obtener una medición monetaria de la ganancia o pérdida de bienestar o utilidad que una persona, o un determinado colectivo, experimenta a causa de una mejora o daño de un activo ambiental accesible a dicha persona o colectivo. Constituye por tanto una herramienta fundamental para la definición adecuada de los instrumentos de política ambiental **(Rafoo, 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)**, por lo que es necesario identificar y reconocer diferencias entre grupos de beneficiarios ya que la percepción y valoración hacia los bienes ambientales cambiará en función de sus características socioeconómicas, espacio habitado, tipo de interacción con el medio ambiente, entre otras variantes. **(Hölting, 2020)**.

Para conocer el valor utilitario del medio ambiente se emplea con frecuencia el concepto de valor económico total, el cual engloba el valor de todos los atributos de un bien ambiental, el cual se puede desglosar en dos tipos: el valor de uso y el valor de no uso. El valor de uso se divide en tres subtipos que son el valor de uso directo (de bienes que se pueden consumir directamente), el valor de uso indirecto (obtenido principalmente de los SE) y el valor de opción (Cualidad para ser aprovechado a futuro). Por su parte, el valor de no uso se puede dividir en valor de existencia (Que se le da a algún bien por el mero hecho de existir, a pesar de no haber un aprovechamiento), y el valor de legado

(que da la posibilidad de que generaciones posteriores puedan hacer uso del bien ambiental) (**de Groot, 2007**).

Los servicios ecosistémicos tienen una naturaleza no mercantil, por lo que la valoración monetaria de los mismos debe aceptarse solo si mejora las condiciones ambientales y las condiciones socioeconómicas que apoyan esa mejora. Pocos estudios cuentan con pruebas verídicas de sus resultados aplicadas. Además, a estos estudios generalmente no se les da un seguimiento para su aplicación en políticas públicas en donde las recomendaciones sean aplicadas (**Pérez, 2013**).

La tierra se puede considerar como un sistema abierto de intercambio de materia y energía. Las interacciones entre cada elemento del sistema (en el que están incluidos los seres humanos) pueden ser desde flujos de energía en las redes tróficas hasta transacciones económicas. Bajo esta perspectiva la sustentabilidad puede expresarse de la siguiente forma:

$$V(O_{t-1}) \geq V(O_T)$$

Donde la función V representa las salidas o productos de un sistema y en el que el valor neto del producto no disminuye con el tiempo. La interpretación de esta ecuación y de lo que se entiende por “producto” varia enormemente según la percepción de naturaleza y sociedad, siendo O desde el capital total de una economía, una función que diferencia capital natural, manufacturado y social o inclusive contener el valor aislado de la conservación de cada especie viva, sin la necesidad de estar expresado en unidades monetarias (**Comisión económica para América Latina y el Caribe [CEPAL], 2003**).

La ciencia económica convencional, en palabras de Meadows en su conocida obra “Los límites del crecimiento” describe a las economías como sistemas cerrados con dotaciones finitas de recursos, los cuales tienen un límite de cuanto pueden ser transformados y contaminados. Bajo este planteamiento se puede decir que existen límites sociales y ecológicos al crecimiento al ser todas

las economías subsistemas de un sistema ecológico mucho mayor (**Gudynas, 2019**). El principal problema al que se enfrenta la sociedad es la satisfacción de sus necesidades básicas, y el mercado es el mecanismo para la organización de los recursos. A partir del mercado surgen indicativos del valor de las cosas: los precios (**Azqueta et al, 2007**).

El mercado es una institución con la virtud de asignar los recursos económicos de manera descentralizada sin la mediación de mecanismos de supervisión de los flujos materiales y se intercambien bienes y servicios con dinero. La oferta de un bien se contrapone con su demanda y se genera un precio que es un indicador de los escasos de la oferta y los deseos de los consumidores. Los precios son por lo tanto transmisores de información de la oferta y la demanda. Una de las conclusiones del actual teorema de la economía del bienestar es que la asignación Pareto-óptima de los recursos puede conseguirse a través del mercado. Cabe destacar que este supuesto no se cumple en todos los casos y es lo que se denomina “fallas de mercado” (**Labandeira et al, 2007**).

Algunas de las causas de los fallos de mercado son:

- No todos los agentes económicos están completamente informados
- Monopolios
- Derechos de propiedad que no están bien definidos

Estos problemas se presentan con frecuencia en los bienes ambientales, puesto que generalmente quedan excluidos de los procesos de mercado y sujetos a procesos de degradación. Antes las ineficiencias de mercado no son posible la maximización del bienestar colectivo por la existencia de las externalidades ambientales. De acuerdo a Vázquez (**2014**) Las externalidades se definen como “decisiones de consumo, producción e inversión que toman individuos, los hogares y las empresas que afectan a terceros que no participan directamente en esas transacciones” y “repercuten en las oportunidades de consumo y producción de terceros, pero el precio del producto no refleja esas externalidades”. Una externalidad se presenta por lo tanto cuando los costos

privados y los costos sociales son diferentes. Una producción que contamina el medio ambiente (ya sea el agua, el suelo o el aire) por que una parte de sus costos de producción está siendo soportada por otros, generándose la distorsión del mercado.

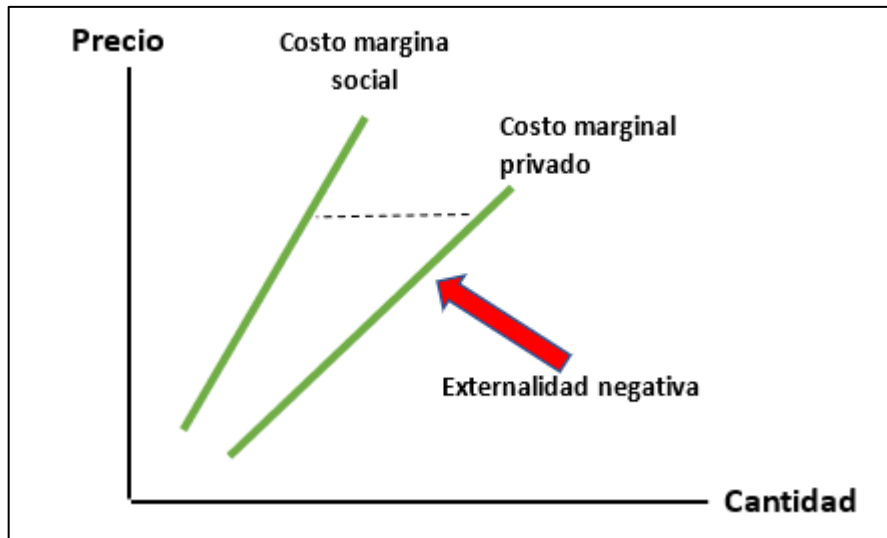


Figura 4. Efecto de una externalidad negativa (Fuente: Manzanares 2014)

Con el paso del tiempo se han desarrollado numerosas técnicas y metodologías para cuantificar en términos monetarios los efectos de las externalidades negativas en la sociedad y el medio ambiente. la función de utilidad de un consumidor (U) esta en función de los bienes consumidos (X) y el nivel de contaminación (Q); la producción de los bienes de consumo se encuentra en función de los bienes de consumo clásicos, además de los residuos (E) y el nivel de contaminación (Q) que genera. Sujetando la maximización de utilidad del consumidor [$U(X,Q)$] a la restricción de la producción [$X(I,E,Q)$] y la cantidad de contaminación [$Q(E)$] se obtiene el lagrangiano.

$$L = U(X, Q) - lX(I, E, Q) - mQ(E)$$

Teóricamente, una empresa tendría que igualar el producto marginal de la contaminación que emite con la suma de los daños marginales sobre los componentes de la sociedad en su conjunto con el fin de maximizar la utilidad

social; en otras palabras, “los beneficios marginales de la disminución de la contaminación deben ser iguales a los costes de adaptación” (**Sotelo, 2001**):

$$X_e = - \left[\frac{U_Q U_E}{U_X} \right] + U_Q U_E$$

Donde X_e representa el precio sombra de la externalidad y el monto necesario para internalizar la externalidad en la economía para lograr un mayor grado de eficiencia.

La curva de demanda también representa la máxima disposición a pagar de un individuo, la cual es el valor máximo (medido en unidades monetarias), que un individuo otorga al consumo de determinada cantidad de un bien. El excedente del consumidor es la diferencia entre lo que el individuo está dispuesto a pagar realmente por un bien y lo actualmente paga por este.

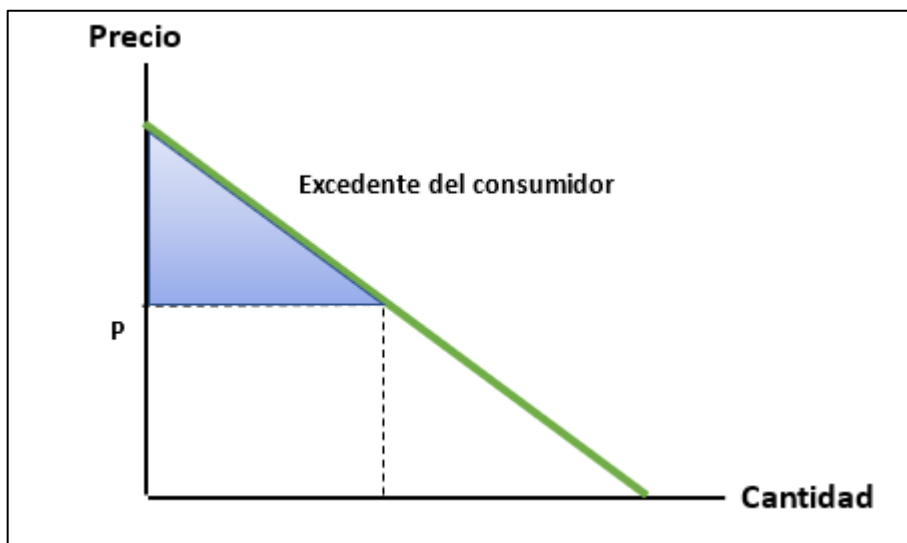


Figura 5. Excedente del consumidor

En el gráfico se tiene la curva de demanda individual y el precio de mercado, el área debajo de la curva de demanda, pero por encima del precio de mercado representa el excedente del consumidor puesto que la disponibilidad para pagar

ese bien resulta mayor que lo que se esta pagando cuando se consumen menores cantidades. El excedente del consumidor es una de las medidas de bienestar mas usuales en el marco de la economía del bienestar (**CEPAL, 2017**).

John Hicks determinó que además de los excedentes de consumidor y productor, existen otras 4 medidas de cambios en el bienestar:

- La variación compensatoria-Disposición a pagar
- Variación equivalente-Disposición a ser compensando
- Excedente compensatorio
- Excedente equivalente

Se ha criticado a la valoración de SE por formar parte de la ideología neoliberal, en la que se privilegia el valor económico por encima de los otros tipos de valores sociales, ecológicos, espirituales, y estéticos y que allana el paso a la mercantilización de los SE, (a pesar a que no existe infraestructura institucional donde puedan ser comerciados) (**Pérez et al 2013**). Se reconoce que el valor de los servicios ecosistémicos no se puede reducir al lenguaje del dinero.

2.4. Las chinampas: Panorama general

La agricultura en humedales se ha dado en diversas partes del mundo y en diversas épocas, debido a las ventajas que presenta este terreno. La agricultura chinampera es un ejemplo de sostenibilidad integral, ya que aprovecha el medio físico en su totalidad. El sistema agro hidrológico de las chinampas del Valle de México es de carácter artesanal y requiere de mano de obra intensiva, pero, sin duda, los procedimientos han evolucionado con el tiempo. Las zonas chinamperas de Xochimilco y Tláhuac reúnen los atributos para necesarios para formar parte de la Lista de Sitios patrimoniales. Por conformar un paisaje productivo, natural, y cultural único en el área metropolitana del valle de México se le ha otorgado el reconocimiento de Patrimonio Mundial de la Humanidad en

1987, Sitio Ramsar en 2004 por la UNESCO y en 2018 se le ha reconocido como Sistema Importante del Patrimonio Agrícola Mundial (SIPAM) por la FAO.

El 4 de diciembre de 1984 se decretó la una zona de monumentos históricos que comprende 12 pueblos en las alcaldías de Xochimilco, Milpa Alta y Tláhuac y abarca una superficie en total de 89.65 km² en atención a la preservación de su legado histórico (Figura 6). Esta se caracteriza por que en ella se conservan relictos de los antiguos señoríos prehispánicos de los siglos XIII y XIV, las chinampas, la arquitectura colonial y edificios de interés histórico, y la importancia como suministro de agua de la ciudad (**Diario Oficial de la Federación [DOF], 1986**). Gran parte de la atención recibida es resultado de la presencia del derivado de la presencia del sistema lacustre, también llamado como humedal en la demarcación de Xochimilco.

La alcaldía de Xochimilco localizada en la parte sudoriental de la ciudad de México se caracteriza por ser una de las demarcaciones territoriales con mayor tradición cultural, destino turístico reconocido en el país, sede de la chinampería y ser de los pocos lugares donde aún existen embarcaderos y canales navegables y en la Ciudad de México. Sin embargo, también es una de las alcaldías que ha sido más afectada por la pérdida de suelo de conservación producto del crecimiento urbano. La Alcaldía de Xochimilco es la que presenta un mayor número de asentamientos irregulares (308 contados hasta 2017) que afectan el 40% del suelo de conservación de la alcaldía (**Pérez, 2017**). Hoy en día muchos de los que alguna vez fueron sus canales más importantes, como el Canal Nacional, el cual fue la principal vía de acceso que vinculaba a Xochimilco con la capital han sido desecados para dar paso a la urbanización, precarizando las condiciones de vida de sus habitantes (**Terrones, 2006**).

En la demarcación territorial de Xochimilco es de sobra conocida por que la existencia en el sistema lacustre de las chinampas. La chinampa es un sistema productivo ancestral que ha perdurado desde la época del imperio mexica hasta nuestros días. El sistema agrícola chinampero consiste en grupos de islas artificiales en el sistema lacustre delimitadas y estabilizadas por especies

forestales, principalmente ahuejote (*Salix bonplandiana*). Gracias al aporte de materia orgánica y nutrientes proveniente de las corrientes de agua las propiedades del suelo son apropiadas para la agricultura. La disponibilidad de agua todo el año permite hasta 5 cosechas al año de hortalizas y ornamentales. Por estos motivos, la chinampera integra el control de los recursos locales agua, suelos, cultivo, microclima y espacio, por es considerado como un sistema productivo sustentable y resiliente (González et al 2014).

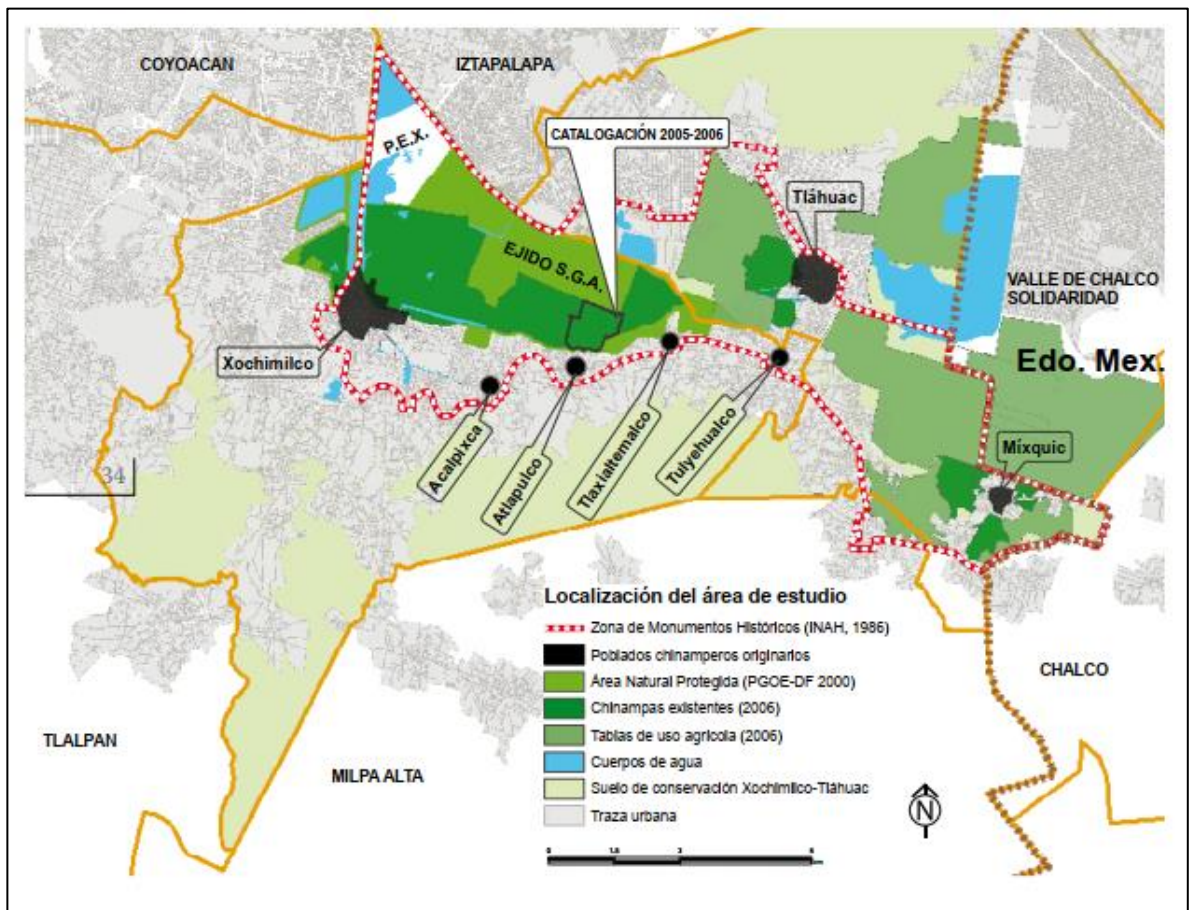


Figura 6. Zona Patrimonial Xochimilco-Tahuac (Tomado de Universidad Autónoma Metropolitana, 2011)

La región sudoeste de la cuenca del valle de México ofrece una serie de servicios ecosistémicos importantes para sus habitantes. En particular la alcaldía de Xochimilco, con 442,178 **(INEGI, s.f.)** habitantes, siendo parte de la subcuenca Chalco-Xochimilco es un sitio de recarga de acuíferos que alimenta pozos de extracción de agua subterránea. Aporta a la Ciudad de México el 70% del agua que se extrae del subsuelo, la cual es distribuida a la parte sur de la misma. Los humedales en los pueblos originarios San Gregorio Atlapulco y San Luis Tlaxialtemanco actúan como vasos reguladores para la zona sur de la ciudad, reduciendo el riesgo de inundación. A su vez el cuerpo de agua funciona como un regulador de la temperatura que mengua los cambios drásticos de temperatura entre estaciones, fungiendo, así como un regulador climático **(Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad [CONABIO], 2016)**.

Además, cabe destacar su potencial productivo y comercial. La ubicación dentro de la ciudad de México otorga a los productores una ventaja competitiva, gracias a la proximidad de un espacio de distribución y venta como lo es la ciudad de México con una alta demanda de productos agrícolas. Al mismo tiempo, Xochimilco se ha convertido en centro de construcción de alternativas de competitividad, como el caso de la producción orgánica y el cultivo de plantas de ornato **(de Gortari 2012)**. La mayor parte de estos beneficios se obtienen gracias a la presencia de las chinampas, las cuales son estructuras de cultivo artificiales construidas sobre los lagos desde hace miles de años y que fueron parte vital para el auge de las culturas que se establecieron en el valle. Actualmente las Chinampas corren el riesgo de desaparecer debido a la intrusión de la mancha urbana sobre su superficie.

El humedal y las ciénegas de Xochimilco, así como la zona de chinampería de San Gregorio Atlapulco y San Luis Tlaxialtemanco actúan como vasos reguladores de la zona sur de la Ciudad, reduciendo el riesgo de inundaciones. De la misma forma funcionan como un sistema de regulación de temperatura

por medio de los cuerpos de agua, disminuyendo la temperatura regional en épocas de calor y evitando que se reduzca rápidamente en temporada fría. Al mismo tiempo, el agua reduce la cantidad de luz que se refleja a la atmosfera gracias a la presencia de árboles (**Mazari, 2016**). De acuerdo a Galicia *et al.* (2019) se determinó como un servicio ambiental importante el hábitat para aves migratorias y la biodiversidad, y un espacio de recreación para la ciudad.

2.4.1 Zona Sujeta a Conservación Ecológica “Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco”

Esta ANP se localiza en alcaldía de Xochimilco al sur de la Ciudad de México. Al momento de su decreto el 7 de mayo de 1992 abarcaba una extensión de 2,657 ha, pero actualmente 2522 ha tras una desincorporación de 135 ha debido a la consolidación de asentamientos irregulares. 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 (Figura 1). Actualmente está limitada por las siguientes vialidades de la Ciudad de México: 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 Cienega; al sur es limitado por el canal de Apatlaco y canal Nacional.

La reserva ecológica es atravesada en su porción noreste por el Anillo Periférico Sur, colinda al suroeste con barrios de la alcaldía y al sureste con el pueblo de San Luis Tlaxialtemalco. Hasta hace relativamente poco tiempo, la zona era considerada primordialmente rural, pero hoy en día debido a la expansión de la ciudad se encuentra rodeada por poblaciones urbanas.

El ANP pertenece a la región hidrológica del Pánuco, dentro de la cuenca hidrológica del Río Moctezuma y la subcuenca Lago Texcoco-Zumpango formando 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 a 5% y una altitud promedio de 2240 msnm. De acuerdo a la clasificación de Koeppen, el clima es templado subhúmedo con lluvias en

verano con una temperatura media anual de 12° a 18° C y un promedio de 17° con posibles heladas entre noviembre y enero. La precipitación media anual es de 620. 4 mm, aunque en años recientes se han tenido fuertes fluctuaciones en cuanto a la cantidad de lluvia que ha caído. Los meses más lluviosos suelen ser entre junio y septiembre.

El ecosistema característico del área de la ANP es un humedal, del cual existen varios afloramientos de agua subterránea, también conocidos como manantiales u ojos de agua, siendo uno de los sitios de descarga más importantes del acuífero del valle de México, cuyo sitio de captación de agua pluvial se encuentra relativamente cerca en la Sierra del Chichinautzin. Debido al emplazamiento de las chinampas, el sistema lacustre se ha estructurado en canales, apantles y lagunas cuya profundidad varía de 50 cm a más de 3 metros. Hoy en día, por su extensión los canales más importantes son Cuemanco, Nacional, Chalco, Del Bordo, Apatlaco, San Sebastián, Apampilco, Tezhuilo y Japón; las lagunas principales son Tlilac, del Toro, Huetzalín, Apampilco, Tezhuilo y el Lago de Conservación de Flora, Fauna y Acuacultura ubicado en San Gregorio Atlapulco (**Gaceta Oficial del Distrito Federal [GODF], 2006**).

Los principales tipos de vegetación presentes son la vegetación halófila, vegetación acuática y subacuática y vegetación riparia. En esta predominan tulares de *Typha latifolia* y *Schoenoplectus californicus*. De acuerdo a la **Autoridad de la Zona Patrimonio Mundial, Natural y Cultural de la Humanidad en Xochimilco, Tlahuac y Milpa Alta de la CDMX (2018)** la diversidad vegetal del área consiste en 96 especies vegetales no domesticadas y 51 domesticadas, entre ellas 4 de los cultivos originarios de antes de la conquista: maíz, frijol, calabaza y amaranto. Posterior a la conquista se introdujeron algunas especies que se incorporaron al sistema productivo, incrementando la diversidad vegetal, así como una amplia variedad de forrajes y plantas de uso medicinal.

Las chinampas están bordeadas comúnmente de ejemplares de Ahuejote (*Salix bonplandiana*), o de algunas otras especies de Sauces también (*Salix sp.*). También es frecuente el pirul (*Schinus molle*) y el eucalipto (*Eucalyptus globulus*) las cuales son especies introducidas. Sobre los canales se pueden encontrar algunas especies de vegetación flotante como *Lemna spp.* y *Azolla filiculoides*, así como a la invasora *Eichhornia crassipes* la cual se ha extendido por toda la ANP. En ocasiones también se puede encontrar *Nymphaea mexicana*, o lirio mexicano, especie considerada amenazada en México y conocida por sus vistosas flores (**Rivera, 2007**).

En cuanto a la fauna se identifican 139 especies de vertebrados, 21 de ellos de peces, 6 de anfibios, 10 de reptiles, 79 de aves, y 23 de mamíferos entre los cuales 11 están enlistadas en alguna categoría de protección de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Cuadro 3), así como 5 especies endémicas: *Chirostoma humboldtianum*, *Algansea tincella*, *Lithobates tlaloci*, *Ambystoma mexicanum* y *Lithobates montezumae* (**SEDEMA, 2012**).

Aunque en decadencia, los vestigios de los lagos de Xochimilco y Tláhuac aún albergan poblaciones de algunas especies de peces, aunque solo se reportan dos que son nativas: el mexclapique (*Girardinichthys viviparus*) y el charal (*Chirostoma jordani*). Estos humedales también albergan el 28% de la diversidad de anfibios de la cuenca incluyendo al axolote de Xochimilco (*Ambystoma mexicanum*), especie emblemática para la conservación ecológica en México. La ANP también es la región con mayor riqueza ornitológica (229 especies), principalmente aves acuáticas incluyendo especies de distribución costera, como el pelícano blanco americano (*Pelecanus erythrorhynchos*), el cual reposta en la región durante su migración en la temporada invernal.

Cuadro 3. Fauna silvestre protegida en la ANP Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco

Nombre científico	Nombre común	Categoría de protección
<i>Ambystoma mexicanum</i>	Ajolote	Sujeta a protección especial
<i>Rana tlaloci</i>	Rana de Tláloc	Peligro de extinción
<i>Rana montezumae</i>	Rana de Moctezuma	Sujeta a protección especial
<i>Tamnophis scaliger</i>	Culebra listonada de montaña	Amenazada y endémica
<i>Pituophis deppei</i>	Cincuate	Amenazada
<i>Phrynosoma orbiculare</i>	Lagartija cornuda de montaña	Amenazada y endémica
<i>Crotalus molossus</i>	Cascabel de cola negra	Sujeta a protección especial
<i>Crotalus polystictus</i>	Cascabel	Sujeta a protección especial
<i>Ardea herodias</i>	Garza morena	Sujeta a protección especial
<i>Accipiter striatus</i>	Gavilán pecho rojo	Sujeta a protección especial
<i>Rallus limicola</i>	Rascón limícola	Sujeta a protección especial

Fuente: NOM-059-SEMARNAT-2010

Por la diversidad ornitológica la ANP es reconocida como Área de Importancia para la Conservación de Aves (AICA). A su vez, también se encuentran diversos phylum de invertebrados, entre los que se destacan moluscos, anélidos, helmintos y artrópodos como arácnidos e insectos y de las 51 especies de crustáceos reportados en la ciudad de México la mayoría se pueden encontrar en Xochimilco (**CONABIO, 2016**).

A pesar de la condición de suelo de conservación que ostenta la ANP, debido a la explosión demográfica y la urbanización sin planeación desde la década de los setenta, los bajos costos del suelo y su cercanía con la ciudad, se propició la transformación a suelo urbano, ya sea por los mismos pobladores de Xochimilco que utilizaron sus chinampas para edificar viviendas o por migrantes que encontraron un lugar propicio para asentarse y que adquirieron la propiedad en un mercado de compra-venta en el cual los derechos de propiedad raramente pueden ser demostrados(**Toscana, 2020**).

Dentro de la ANP se estima que existen 1,118 viviendas con un total de 5,269 personas con alto grado de consolidación ya que el 68% de estas cuentan con todos los servicios. La propiedad de la tierra fundamental era ejidal, sin embargo, con el tiempo se han dado expropiaciones, dotaciones y restituciones de terrenos lo que ha provocado un mosaico de formas de tenencia dentro de la reserva. Por ello es posible encontrar tierra ejidal (206-39-31 ha), propiedad del gobierno federal de la Ciudad de México (821.43 ha), copropiedad en el llamado Distrito de Riego (204 ha) y propiedad privada en las zonas productivas chinamperas de los barrios de la cabecera delegacional de Xochimilco, y los pueblos San Gregorio Atlapulco y San Luis Tlaxialtemalco (1,312.57 ha) (**GODF,2006**)

La alcaldía de Xochimilco, donde se tiene registrado el mayor número de chinampas tiene una población estimada de 442,178 habitantes en 2021, lo que representa un 4.8% de la población estatal y una densidad poblacional de 3874.8 hab/ Km². La mitad de la población es menor a 33 años. El promedio de hijos por pareja es de 1.3. El 41.4 % de la población cuenta con hasta la

educación básica y solamente un 27.3% cuenta con estudios de nivel superior. La tasa de alfabetización es superior al 95%. Casi toda la población cuenta con servicios sanitarios, de drenaje y electricidad, aunque solamente el 70% de la población cuenta con agua entubada. El 66% de los hogares cuentan con servicio de internet. 2.5 % de la población habla una lengua o dialecto indígena (0.85% no habla español como idioma nativo), principalmente náhuatl y mazateco (INEGI, s.f.).

La alcaldía de Xochimilco está conformada por 14 pueblos, 17 barrios y 66 colonias, Hasta la década de 1970 había permanecido como una zona rural al margen de la ciudad, pero se disparó su crecimiento demográfico en 1980 por la construcción de grandes obras viales. Con el paso del tiempo, los límites entre los pueblos se han vuelto difusos al conectarse entre ellos por las diferentes vialidades y colonias construidas. Esto transformó radicalmente la actividad económica, pasando de ser primordialmente primaria para abrirle paso al sector terciario. Para 2010, la población dedicada a la agricultura representaba solo el 3.1% de la población de la alcaldía (López, 2015).

2.4.2 Definición y contexto histórico de las chinampas

En la cuenca del valle de México existieron 5 lagos que cubrían una extensión de 1500 km²: Zumpango, Xaltocan, Texcoco, Xochimilco y Chalco. Se trataba de un sistema muy diverso en cuanto a ecosistemas y biota al cual llegaron los primeros pobladores humanos entre el pleistoceno superior y principios del Holoceno (entre 20,000 a 7,000 A.C.) (Ortiz-Papureli 2006). Dataciones de radiocarbono de restos arqueológicos en la zona de estudio estiman que los pobladores se inclinaron por el sedentarismo desde el cuarto milenio antes de cristo y los primeros vestigios de agricultura asociada al entorno lacustre entre el 3500 al 2200 A.C. (McClung, 2015).

Los primeros asentamientos humanos que se establecieron en las orillas de los lagos del valle de México (o Anahuac como era conocido en tiempos prehispánicos) desarrollaron la agricultura sobre el los lagos y construyeron los

“jardines flotantes” que hoy conocemos como Chinampa. El término Chinampa proviene de la palabra nahuatl *cinamitl* que significa “cerca de caña”. Los Xochimilcas fueron de las primeras tribus que se asentaron a las orillas del lago que ahora tiene su nombre, concretamente en el poblado que hoy se conoce como Santa Cruz Acalpixcan, hacia fines del siglo VII, donde desarrollarían una sobresaliente cultura agrícola y comercial. Se considera que fueron los Xochimilcas quienes erigieron las primeras chinampas y posteriormente los mexicas adoptaron la chinampería probablemente de los colhuas o los tepanecas y extendieron el modelo productivo para proveer de alimentos a la ciudad de Tenochtitlan (**Ortíz-Papureli 2006b**).

Las chinampas fueron un modelo productivo común en la cuenca, desde el periodo postclásico. Las comunidades que vivieron en Xochimilco y Chalco solían construir chinampas cerca de los vecindarios. Después de la incorporación de estos territorios por el imperio Mexica las chinampas se extendieron hasta cubrir una superficie estimada de 12 000 ha en los lagos. La agricultura sobre las chinampas permitió un medio de sustento para las poblaciones locales y urbanas, así como un mecanismo para su comercialización y distribución. El sistema productivo chinampero, junto con la extensa red de sofisticadas obras hidráulicas que caracterizaron a la cultura mexica, fueron fundamentales y de importancia estratégica para el soporte y expansión del imperio (**Morehart, 2016**).

Tras la caída de Tenochtitlan a manos de los españoles el 13 de agosto de 1521, el pueblo xochimilca conservó una cierta autonomía a pesar de los cambios impuestos por los españoles en la vida económica, política y religiosa de la región. Durante siglos, los indígenas continuaron trabajando en sus chinampas sin apenas intervención de los conquistadores, ya que estos nunca encontraron interés en la chinampería, lo cual permitió preservar con el tiempo las chinampas y una apropiación del sistema por los indígenas, aunque también se hicieron presentes adaptaciones y asimilaciones de las nuevas técnicas de cultivo y productos agrícolas que trajeron consigo los españoles desde Europa.

La vida en Xochimilco permaneció invariable, en términos generales, durante toda la colonia y la mayor parte del siglo XIX, hasta que durante el porfiriato se comenzaron a hacer presentes los embates de la modernidad en la vida cotidiana y el medio ambiente **(Alatraste, 2021)**.

Una extensa red canalera sirvió como medio de transporte y comunicación, primero en Tenochtitlan, y después en la ciudad de México hasta mediados del siglo XX permitía el abastecimiento de alimentos para la ciudad traídos en balsas o barcos a vapor, los cuales transportaban maíz y otras hortalizas para cubrir la demanda alimenticia de la población a través de estos canales que comunicaban con las poblaciones de Chalco y Texcoco. Durante el porfiriato se promovieron grandes obras de desecación de los lagos de la cuenca y el entubamiento del agua de Xochimilco para su consumo urbano **(Tortolero, 2015)**.

Los manantiales comenzaron a aprovecharse así para el abastecimiento de agua de uso urbano causaron el abatimiento progresivo del nivel del agua de los canales, agua que era usada para regar las chinampas. Debido a la escasez de agua y a las protestas de los campesinos, se decidió disminuir el bombeo de 2.4 m^3 a 1.6 m^3 , aunque al poco tiempo se volvió a incrementar el bombeo a la cantidad original, causando un nuevo abatimiento de las aguas que perjudicó tanto actividades agrícolas como turísticas. La respuesta final de las autoridades fue sustituir el agua extraída con aguas tratadas, con lo que en 1959 se comenzó a mandar agua proveniente de plantas de tratamiento a los canales de Xochimilco para mantener el nivel del agua. Sin embargo, el tratamiento de esta agua es incompleto y son conducidas (hasta la fecha) por canales a cielo abierto que atraviesan zonas industriales y con alta densidad de población, eliminando los beneficios de su tratamiento **(Moncada, 1982)**.

Xochimilco es una de las entidades con mayor valor de la producción agrícola de la Ciudad de México. INEGI tiene estimadas 1966 unidades de producción activas en la alcaldía, de un total de 4418, las cuales abarcan una superficie de

2258 ha (**INEGI 2017**). Esto representa el 11.61% de la superficie de producción agrícola de la ciudad de México (26,571 ha).

Actualmente el sistema chinampero ocupa una superficie de 2215 ha repartidas en un estimado de 20,922 chinampas de las alcaldías Xochimilco (74%), en los pueblos originarios de San Gregorio Atlapulco, San Luis Tlaxialtemanco y Tláhuac (26%). Sin embargo, del total de chinampas contabilizadas solo el 17% (3,686) se catalogan como activas, el 83% restante (17,336) se consideran potenciales, es decir inactivas, aunque con potencial de reactivarse, junto con una red de canales de 406 km de longitud. Es en la localidad de San Gregorio Atlapulco, la localidad más productiva, donde se localiza la mayor cantidad de chinampas activas con 1530 chinampas, que representan el 42.7% del total activo, y una abundante red canalera fina, así como 530 chinampas potenciales. Véase el Cuadro 4 para más información sobre superficie de chinampería.

Cuadro 4. Cantidad y distribución de la superficie de chinampería de Xochimilco y Tláhuac

Zonas chinamperas	Parajes rurales	Superficie	Cantidad de chinampas		
			Activas	Potenciales	Totales
Xochimilco	18	1059	864	15000	15864
San Gregorio Atlapulco (Xochimilco)	23	484	1530	530	2060
San Luis Tlaxialtemanco (Xochimilco)	16	103	430	170	600
San Pedro (Tláhuac)	9	165	474	666	1140
San Andrés Mixquic (Tláhuac)	10	404	288	970	1258
Total	76	2215	3586	17336	20922

Fuente: Universidad Autónoma Metropolitana, 2016

La zona chinampera de San Luis Tlaxialtemanco, que también se encuentra dentro de la ANP, tiene una extensión de 103 ha con 430 chinampas activas (12% del total activo) (**Universidad Autónoma metropolitana [UAM], 2016**).

2.4.3 Descripción del proceso productivo chinampero

Las chinampas cuentan con una serie de cualidades que les ha otorgado el reconocimiento como sistema productivo altamente sustentable y resiliente. Hoy en día el sistema de chinampería de Xochimilco consiste en islotes dispuestos en series paralelas separadas por zanjas, canales o embarcaderos. Las chinampas tienen un diseño rectangular y unas dimensiones que van de los 8 a 100 metros de largo y de 2 a 25 metros de ancho y una altura de 50 a 70 cm por encima del nivel del agua. Las dimensiones y las propiedades del suelo son importantes ya que combinadas generan un eficiente sistema de subirrigación (también llamada irrigación por filtración) que retiene la humedad del suelo, junto con el sistema de raíces que sostienen los cultivos y los ahuejotes. Las chinampas están separadas por canales de 1 a 2 m de ancho, lo que permite que sean navegables y al mismo tiempo permiten la infiltración de agua a la rizosfera, transporte, irrigación y criadero de peces (**Ebel, 2019**).

Alcántara (**2005**) ofrece una descripción del método de construcción narrado por autores de la época colonial: traían hierba desde las tierras secas, y las arrojaban en el agua hasta que la pila tuviera 4 o 5 pies de grosor y sobresaliera cerca de un pie y medio del agua y teniendo entre 8 y doce pies de ancho. Se apilaban capas alternadas de juncos y barro del mismo lago, dejando una zanja entre cada una de estas estructuras. Estas finalmente eran estabilizadas con estacas o sembraban arboles como sauces y Ahuejotes (*Salix bonplandiana*) cuyas raíces estabilizarían las orillas y minimizaría la erosión y los deslizamientos de tierra.

Martínez (2004) nos describe el método moderno de construcción de chinampas: se localiza un piso firme en un área poco profunda del humedal, y planearla de modo que no rebase los 20 metros de ancho para que pueda

percibir eficientemente la humedad. Se delimitan los bordes de la futura chinampa con estacas de ahuejote, esto debido a que estas estacas enraízan fácilmente y se convierten posteriormente en árboles. Se hace un entretejido de carrizos, al que se le llama “Chinamil” con el cual se dispondrá entre los troncos (el nombre “chinampa” proviene de este Chinamil), creando una especie de cajón donde se dispondrá primero de una capa de residuos vegetales de unos 50 cm por encima del nivel del agua que se deja secar por varias semanas y otra de lodo extraído del fondo del humedal, que le dará fertilidad al sustrato que se forme.

El proceso agroproductivo presenta características propias y específicas. Para sembrar se acostumbra hacer almácigos usando lodo extraído del fondo de los canales con un bastón de hasta 5 metros de largo con una bolsa de cuero atada en un extremo (llamado Zoquimatl o cuero). El lodo se coloca en camas a nivel de suelo, se nivela la superficie con una tabla de madera, a la que se denomina rastrillo, se deja secar y se le hace una cuadrícula por medio de cortes a lo largo y lo ancho del almacigo formando pequeños terrones llamados chapines, en los cuales se colocan las semillas. Cuando las plantas alcanzan el tamaño adecuado son trasplantadas con chapín incluido a la parcela donde terminará su desarrollo (**Jiménez, 2013**).

Los suelos de las chinampas son caracterizados como Antrosoles Sálícos Terricos, suelos producto de la actividad humana y con un horizonte de acumulación de sales como el carbonato de calcio y restos de materia vegetal en proceso de humificación, de textura arcillosa limosa y con valores de saturación de sodio mayores al 15%. Por su origen geológico y ubicación en un lago salobre estos suelos tienden a salinizarse, principalmente por sodio y magnesio. El aporte de aguas negras ha aumentado el contenido de cationes en suelo, así como de metales pesados y contaminantes orgánicos (**Krasilnikov et al., 2011**). Son suelos de carácter alcalino en mayor medida debido a la presencia de iones CO_3^{2-} , con mediciones de pH de suelo que van de 7.69 a 8.44. La existencia de una capa semi-impermeable de ceniza

volcánica a 90 cm de profundidad limita la lixiviación de bases y causa su acumulación en los horizontes superficiales. Por ello los niveles de cationes como el sodio pueden ser de hasta 40 meq 100 en los primeros 10 cm de suelo, lo cual puede afectar el crecimiento vegetal (**Guevara et al., 2015**).

El contenido de materia orgánica (M) fluctúa entre cerca del 5% y llega a ser del 25%, así como presentar capacidad de intercambio catiónico (CIC) muy elevadas. Bajo estas condiciones la mayoría de los metales precipita y se fija en el suelo, por lo que no son asimilados por las raíces de las plantas (**Ramos et al., 2001**).

Originalmente el aprovisionamiento del agua provenía de manantiales que afloraban en toda la región sureste del valle desde el acuífero. Este es alimentado principalmente por escurrimientos de agua subterránea que se infiltra en la sierra del Chichinautzin al sur de la ciudad. Se hablaba de una saturación del acuífero que hacía posible el afloramiento de manantiales, sin embargo, debido al exceso de extracción de agua subterránea para 2005 se estima que en Xochimilco la profundidad del nivel estático llega a no menos de 30 metros (**Lesser, 2005**). En tiempos recientes la mayoría de los aportes de los efluentes y canales principales que alimentaban los lagos han sido desecados, desviados o intubados y el agua subterránea está siendo aprovechada para uso urbano. Debido a la extracción desmedida del agua de la zona de chinampería, hoy en día se suministra agua tratada proveniente de tres plantas de tratamiento ubicadas en Cerro de la Estrella en la alcaldía de Iztapalapa, San Luis Tlaxialtemanco en Xochimilco y San Lorenzo Tezonco para abastecer de agua a los canales y darle continuidad a las actividades productivas y turísticas.

Los terrenos de cultivo generalmente son enriquecidos con una capa de composta antes del trasplante y aún se acostumbra sembrar varias especies en un terreno (policultivo), lo que propicia la conservación de la fertilidad del suelo. Aunque la subirrigación es una característica importante, algunas chinampas han perdido esta propiedad, debido en parte a la salinización, al

apelmazamiento del suelo u otros factores y es recurrente el empleo de bombas y mangueras para regar los cultivos. Finalmente, después de ser cosechados los productos son transportados ya sea por canales o por senderos, dependiendo de la ubicación de la chinampa, a su punto de venta.

Los productos agrícolas que se cultivan en las chinampas, tanto las hortalizas como las plantas encuentran su principal canal de distribución en la central de abastos de la Ciudad de México localizada en la alcaldía de Iztapalapa situada a pocos kilómetros de su producción. Otro punto de venta común es el centro de acopio ubicado en la cabecera municipal de la alcaldía Milpa Alta. En esta las ventas se dan por volumen y el precio es variable. También se puede vender la cosecha a pie de Chinampa (esto es en el mismo sitio de producción) a intermediarios, lo que implica un volumen considerable de venta, aunque a precios muy bajos, lo que disminuye notablemente el margen de ganancia de los campesinos, llegando inclusive a transacciones en las que no hay un beneficio económico real. En algunos casos, cuando los productores están organizados en cooperativas se da la venta directa a los consumidores, restaurantes o comercializadoras, sin embargo, no es lo más común. El envejecimiento de la producción campesina y la escasez de mano de obra ha generado un estancamiento en la actividad agrícola teniendo como consecuencias su paulatino abandono. De la misma forma otros factores que dificultan la canalización de la producción son la desconfianza entre los actores, la migración de las localidades, modas alimenticias y la competencia con productos foráneos **(Méndez, 2017)**.



Figura 7. Preparación del terreno de cultivo



Figura 8. Siembra de plántulas de lechuga



Figura 9. Cosecha de verdolaga

2.4.4 Problemática ambiental de las chinampas

La constante expansión de la metrópolis en el valle de México ha generado múltiples complicaciones ambientales en la cuenca: contaminación del agua, suelo y aire, acumulación de residuos, pérdida de hábitats y biodiversidad, así como la degradación de los servicios ecosistémicos que ofrecen los ecosistemas y agroecosistemas de los espacios periurbanos.

Abordar la problemática ambiental y social de las chinampas es una tema complejo y extenso. Si bien la chinampería es una alteración del medio lacustre original, la conformación de los islotes no había perjudicado el equilibrio ecológico local, por el contrario, el establecimiento de las chinampas contribuyó a crear algunos nichos ecológicos que pudieron ser aprovechados por las especies habitantes de la cuenca: hay especies de aves acuáticas que podían alimentarse en los canales, en los cuales era posible encontrar una alta

diversidad de especies de peces, anfibios e invertebrados, los cuales a su vez también eran alimento para los campesinos. En las orillas de los canales crecen algunas plantas que pueden usarse como alimento, condimento o remedio para algunas enfermedades. Esta integración entre todos sus componentes, incluido el humano es lo que caracteriza al sistema de producción chinampero. Sin embargo, el deterioro, en los últimos 100 años esta integridad se ha visto seriamente deteriorada.

La explotación intensiva del sistema lacustre comenzó a principios del siglo XX, cuando durante el mandato de Porfirio Díaz se comenzó a extraer el agua del lago para abastecer a la capital, mientras que al mismo tiempo debido al crecimiento de las industrias de carbón, madera y papel se deforestaba los cerros aledaños. Desde entonces, una combinación de sobreexplotación de los recursos naturales, contaminación, urbanización, clientelismo político y malas prácticas de restauración ecológica han provocado un deterioro importante en el humedal, afectando la cantidad y calidad de los servicios ecosistémicos que proveía (**Narchi 2013**).

El Lic. Jose Genovevo Pérez Espinosa, cronista del pueblo de San Luis Tlaxialtemalco proporcionó su punto de vista respecto a la situación actual de Xochimilco: Es a partir del año de 1960 cuando comienzan a desecarse los canales. Antes el medio de transporte por predilección era la balsa. Se podía llegar a cualquier lado en balsa. Pero secaron los canales principales, y el proceso de desecación no ha parado hasta nuestros días. La desaparición del agua hizo que se complicara cada vez más la producción agrícola. La población de San Gregorio comenzó a especializarse en otras áreas de trabajo, principalmente en la docencia.

Las chinampas son auténticos **“Jardines Arqueológicos”** ya que muchas de estas tienen siglos, quizás algunas más de mil años de existencia y representan una expresión del folclor y tradiciones de las culturas ancestral del valle de México, ya que muchas de las creencias siguen vivas entre sus habitantes.

Existe una festividad conocida como la Sanjuaneada, el cual es un tributo a los manantiales que en algún momento brotaban en todos lados de aquí.

Las instituciones locales se enfocan en dar recursos a modelo de producción foráneos, dejando en segundo plano el modelo de producción local. Actualmente los programas de fomento agrícola priorizan a los invernaderos, ya que resultan tener una mayor productividad, sin embargo, la agricultura protegida también tiene un mayor consumo en agroquímicos, muchos de los cuales no son aplicados de forma adecuada, lo que ha perjudicado severamente la salud del sistema productivo y de los campesinos. Las medidas de conservación son tomadas unilateralmente por el gobierno sin consultar a los pobladores. Además, muchos programas quedan inconclusos por la rotación que se da con cada cambio de administración.

El potencial de las chinampas hoy en día está completamente desperdiciado. Se habla de Chinampas potencialmente utilizadas, las cuales en términos estrictos están abandonadas, no en desuso. Se ha fomentado el turismo en la región, pero a decir verdad la infraestructura para el turismo es mínima ni se tiene planteado establecer sitios para el hospedaje o proyectos de ecoturismo. A pesar de la declaración del sitio como Patrimonio Mundial de la Humanidad la atención a valoración del sitio es insuficiente.

Los cambios en la calidad ambiental del medio lacustre han alterado sustancialmente la calidad de vida de los pobladores, pero también han inhibido su capacidad productiva y comprometido la subsistencia de sus métodos y prácticas agrícolas tradicionales de producción. A esto hay que agregar una ejecución e implementación de políticas públicas inadecuada que poco se ha ajustado a la realidad social y económica de los residentes chinamperos, con lo que se ha reducido la disponibilidad, diversidad y accesibilidad de los conocimientos y tecnologías locales, así como rentabilidad de los medios de producción tradicionales (**Narchi 2016**).

1.1.1.1 Extracción de agua de Xochimilco

Además, los asentamientos irregulares sin sistema de drenaje son una fuente importante de contaminación del agua subterránea, por lo que cada vez hay menos agua y de menor calidad. Ante la extracción de los recursos hídricos locales para su consumo doméstico, los ojos de agua fueron desapareciendo, por lo que a partir de 1971 se empezó a descargar agua de plantas de tratamiento de agua residual (PTAR) a los canales y al lago para proveer de agua a los productores. A pesar de que esta agua se considera más enriquecida con nutrientes orgánicos, tiene efecto adverso en el ecosistema ya que esta agua tratada contiene excesos de nitratos, fosfatos y componentes orgánicos, lo que contribuye a la eutrofización de los canales, alterando las comunidades acuáticas, además de representar un problema de salud pública ya que se rebasan los límites permisibles de estos parámetros (**López et al, 2010**).

La carencia de agua en los barrios más pobres se debe a tres factores; su situación periférica con respecto a la ciudad, la infraestructura de transporte del agua, que está diseñada para trasladar el agua de la región hacia el centro de la ciudad, y la presencia de una alta concentración de asentamientos irregulares. Estos últimos, al no estar conectados a la red pública, dependen de pipas de agua provistas por las autoridades locales, y en muchas ocasiones no es suficiente, por lo que es común recurrir a camiones cisterna privados clandestinos para cubrir la demanda de agua. Inclusive en los asentamientos formales de los pueblos originarios el agua escasea regularmente. Se calculó que una familia de cuatro miembros requiere de 865 litros de agua semanales para satisfacer sus necesidades, lo cual es más del doble de lo estipulado por la alcaldía (**Aguilar, 2009**).

1.1.1.2 Contaminación

El agua residual tratada es la principal fuente de agua para la agricultura en Xochimilco. Destacan 14 sitios de descarga, de los cuales 9 son abastecidos

por la PTAR de Cerro de la estrella, tres por la PTAR de San Luis Tlaxialtemalco y una por la PTAR de San Lorenzo (Cuadro 5). La suma de estos caudales es de 875 l/s (Cabe destacar que según estudios recientes, el caudal actual puede ser solo el 22% del caudal reportado por SACMEX). Se agrega que de acuerdo a estas estimaciones también se aporta un volumen diario de 29,799 m³ de agua residual cruda, proveniente de las descargas directas de drenaje hacia el sistema lacustre (**Universidad nacional Autónoma de México [UNAM], 2014**).

Los contaminantes inorgánicos más comunes son sales, principalmente sodio, óxidos de nitrógeno, óxidos de azufre, ozono, metaloides como arsénico, boro y antimonio y metales pesados como hierro, cadmio, cobre, plomo y zinc. Por su parte, los contaminantes orgánicos consisten en materia orgánica derivada de la actividad agrícola, detergentes, grasas y aceites, pesticidas, hidrocarburos poliaromáticos, desorganizadores endócrinos y otros compuestos orgánicos como fenoles o ácido butírico. De todos estos, predomina la contaminación de suelo y agua por sales inorgánicas y metales pesados. Cabe destacar que debido a su cercanía con la ciudad existen fuentes importantes de contaminación química y biológica del aire, así como otros tipos de contaminación física que van de la acústica, electromagnética y visual, sin mencionar la contaminación por residuos sólidos. Estas fuentes son la industria, las viviendas establecidas en la zona lacustre, la actividad agrícola, las descargas de agua tratada provenientes de plantas de tratamiento y el tráfico vehicular (**Bojórquez, 2017**).

Los canales muestran altos contenidos en fósforo reactivo disuelto y nitratos, debido a la sobre fertilización en la actividad agrícola, lo que ha provocado la eutrofización de los canales y la proliferación de hidrófitas como la especie invasora lirio acuático (*Eichhornia crassipes*). Las comunidades de lirio acuático actúan como una barrera física entre el medio acuoso y la atmósfera, además de atenuar la velocidad de las corrientes. Esto provoca que los niveles de

Cuadro 5. Caudales que aportan agua tratada a los canales de Xochimilco

Sitio de suministro	Diámetro	Gasto	Fuente
Parque ecológico Xochimilco	30 (12")	150	PTAR Cerro de la Estrella
La Draga	15 (6")	50	PTAR Cerro de la Estrella
Fernando Celada	15 (6")	60	PTAR Cerro de la Estrella
Los Galeana	91 (32")	0	PTAR Cerro de la Estrella
Canal 27 (Embarcaderos Zacapa)	30 (12")	300	PTAR Cerro de la Estrella
Canal Caltongo	10 (4")	0	PTAR Cerro de la Estrella
Canal Caltongo (exclusa)	61 (24")	180	PTAR Cerro de la Estrella
Canal Caltongo (mercado)	10 (4")	20	PTAR Cerro de la Estrella
Floricultor	61 (12")	30	PTAR Cerro de la Estrella
México 70	10 (4")	5	PTAR San Luis Tlaxialtemalco
Atenco	30 (12")	30	PTAR San Luis Tlaxialtemalco
La Fábrica	10 (4")	10	PTAR San Luis Tlaxialtemalco
Moctezuma	30 (12")	40	PTAR San Lorenzo
Total		875	

Fuente: Análisis del estado de conservación ecológica del sistema lacustre chinampero de la superficie reconocida por la UNESCO como sitio Patrimonio de la Humanidad en Xochimilco, Tláhuac y Milpa Alta en el Distrito Federal, 2014.

oxígeno y disuelto y pH disminuyan y se generen condiciones de anaerobiosis (**Quiroz et al. 2008**).

El empleo de plaguicidas es una práctica frecuente por parte de los productores en la reserva. Gutiérrez et al. (**2018**) analizaron muestras de hortalizas

producidas en Xochimilco y vendidas en mercados locales de la Ciudad de México y detectaron trazas de los compuestos organoclorados beta-hexaclorociclohexano, aldrina, endosulfán y heptacloro. Todos estos ingredientes activos han sido declarados prohibidos en el Convenio de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes por sus efectos nocivos para la salud y el medio ambiente dada a su alta toxicidad, bioacumulación, volatilidad y persistencia. A pesar de que las concentraciones detectadas de estos compuestos no representan un peligro para la salud de las personas que la consumen al estar por debajo de los límites permisibles, si representan un peligro principalmente para los aplicadores que están expuestos a los plaguicidas, ya que frecuentemente no se toman las medidas de seguridad adecuadas al momento de aplicar. Estos compuestos son muy volátiles y se desplazan grandes distancias, por lo que no afectan únicamente la zona donde son utilizados. Sumando su prolongada persistencia en el medio, estos organoclorados se bioacumulan en las redes tróficas, perjudicando no solo a la biodiversidad nativa, sino también a la población que vive en las inmediaciones de la ANP.



Figura 10. Eutrofización de canales en Xochimilco

1.1.1.3 Deforestación

El Estudio Regional Forestal para la UMAFOR 0904, de la cual forma parte Xochimilco, reportó para la alcaldía una pérdida de 189.1 ha de bosques, así como una pérdida de 88.5 ha de tierras cultivables para el periodo de 1994 al 2000. Por el contrario, el uso de suelo urbano tuvo un incremento en el mismo periodo de 686.1 ha. La tasa anual promedio de deforestación fue así del 16.66%. El Programa de Gestión y Administración de los Recursos Naurales del Distrito Federal para el mismo periodo registró una pérdida 189.1 ha (0.26% del total) de suelo de conservación para ser por tierra para cultivos, pastizales o urbanización. Las principales causas de deforestación son los incendios forestales, la expansión de tierras agrícolas y la tala clandestina. Sumado a esto se registran afectaciones por muérdago (*Phoradendron*) (**Comisión Nacional Forestal [CONAFOR], 2009**).

1.1.1.4 Urbanización

La expansión desorganizada, poco planificada e impulsada por intereses económico-políticos de las ciudades ha generado concentración de las actividades económicas, dispersión de los habitantes en la periferia, y deterioro y pérdida de los recursos naturales (Soto, 2015), y la consecuente reducción de suelo agrícola en la periferia. Se reportan entre 295 y 300 asentamientos informales en suelo de conservación de Xochimilco, lo que representa el 36% de los mismos en la ciudad, producto de la inequidad social y económica de México. Existen diversos tipos de propiedad, actividades económicas, políticas de conservación y asignaciones de uso que convergen en suelo de conservación. Defectos administrativos, excesivas y contradictorias regulaciones de uso de suelo, facilitación de servicios urbanos en áreas prohibidas a cambio de apoyo político e insuficiente monitoreo y aplicación de las políticas de planeación existente son algunas de las causas de la deficiente planeación urbana y ocupación de suelo de conservación (**Wigle, 2014**).

1.1.1.5 Disminución de rendimientos

Las chinampas cubren el 15% de la superficie cultivada de la alcaldía de Xochimilco, y sin embargo de ahí se produce el 26% del volumen total de producción de la alcaldía. Ante la disminución de los rendimientos, los agricultores se han centrado en la producción de cultivos más rentables. Se ha registrado una disminución general de áreas cultivadas en hortalizas: entre 1998 y 2004 se redujo en un 49% en San Gregorio Atlapulco, 62% en Xochimilco y 92% en San Luis Tlaxialtemalco. El maíz ha pasado de ser el cultivo dominante a prácticamente desaparecer (40 ha en 2004, frente a 204 en 1998) debido a su baja rentabilidad. Además, los agricultores se han inclinado hacia modelos de producción más intensivos como la instalación de invernaderos, el relleno de canales para aumentar la superficie de producción. A pesar de que estas técnicas han permitido mantener la chinampería como una actividad rentable, también tiene consecuencias sobre el medio ambiente, por el empleo de agroquímicos, como la contaminación del agua, aceleración de la salinización de los suelos y la desecación de canales. De esta forma la superficie de las chinampas se ha reducido 52% (de 2745 ha a 1330 ha) en un periodo de 30 años (Clauzel, 2009).

1.1.1.6 Invasión de especies exóticas

En la laguna existía una gran variedad de peces que formaban parte de la dieta de los pescadores. Los peces más abundantes era los llamados localmente como *iztamichin* o peces blancos, las cuales son tres especies del género *Chirostoma*. De la misma forma también se consumía de especies de ciprínidos (a los que llaman juiles) y una especie del orden de los goodeidos, *Girardinichtys viviparus* llamado localmente como cuitalpetotl. Dentro de su dieta también se incluía pequeños crustáceos llamados acociles (*Cambarellus montezumae*), adultos y huevecillos de chinches de agua (*Ahuautlea mexicana*), charales (*Menidia jordani*) libélulas, coleópteros acuáticos, dípteros, almejas, sanguijuelas, anfibios y tortugas (*Kinosternon* spp., *Onychotria mexicana*) La mayor parte de esta biodiversidad ha desaparecido debido a la

contaminación del agua, el dragamiento de los canales, y la introducción de especies exóticas (**Von Bertrab, 2013**)

Las plantas hidrófitas son consideradas las especies invasoras más destructivas en términos económicos y ecológicos debido a que interviene con la pesca, la recreación y las actividades agrícolas. La especie introducida *Eichhornia crassipes* de origen sudamericano es uno de los principales agentes que alteran el ecosistema lacustre. Con las altas concentraciones de macronutrientes en el agua de los canales, esta especie no ve limitado su crecimiento y se reproduce rápidamente de forma vegetativa, creando comunidades que fácilmente pueden ocupar toda la superficie de un canal o un estanque. La alta densidad de población de esta especie acapara el consumo de oxígeno en el agua, por lo que se generan condiciones reductoras bajo el espejo de agua, lo que trae alteraciones de pH, oxígeno disuelto entre otras. Por otra parte al limitar el acceso a la luz para otros organismos fotosintéticos esto promueve más un ambiente carente de oxígeno, exponiendo la supervivencia de otros organismos acuáticos (**Mendoza, 2014**).

La introducción de peces, reptiles y anfibios domésticos también es una problemática a abordar. Las carpas (*Cyprinus carpio* y *Carassius auratus*) y tilapias (*Oreochromis* spp) fueron introducidas en el medio lacustre para ofrecer una fuente de alimento adicional para los pescadores, sin embargo, estas especies se adaptaron al medio y resultaron ser unos depredadores de huevos de axolotes y otras especies nativas, por lo que las poblaciones de especies de peces endémicos se han reducido enormemente. En un muestreo realizado por Vázquez *et al* (2017) en las lagunas y canales de la ANP se encontró que en la zona lacustre de Xochimilco una riqueza específica de solo 10 especies de peces, lo que representa solo la mitad de las especies reportadas para este sistema, y de las cuales el 70% de las capturas fue de alguna especie introducida (principalmente tilapia). Además, solo se reportó el 30% de las especies nativas enlistadas.

1.1.1.7 Pérdida de biodiversidad

Algunas de las especies animales emblemáticas de los sistemas de canales como lo fueron el pez blanco (*Chirostoma humboldtianum* y *Chirostoma jordani*), el axolote (*Ambystoma mexicanum*), la rana Moctezuma (*Lithobates montezumae*) y el acocil (*Cambarellus montezumae*) ya no son tan frecuentes como antes y al estar sujetos a categorías de riesgos pláticos típicos como el micmole (o mole de pescado) y el tlapique ya no son preparados en la localidad (Narchi 2013,2).

En la literatura científica se ha dedicado especial atención a una de las especies emblemáticas del sistema lacustre de Xochimilco y que se puede considerar como el símbolo de la conservación ecológica en México: El Axolote de Xochimilco (*Ambystoma mexicanum*). Es una especie de anfibio endémica de la zona que se caracteriza por ser un organismo neoténico., lo que significa que en su estado adulto conserva algunas características de un estado de desarrollo anterior, en el caso del Axolote las branquias, la ausencia de párpados y un sistema de excreción amoniotético. Al día de hoy se encuentra en peligro crítico de extinción en su hábitat natural, debido a la suma de todos los factores que se han citado anteriormente. Es una especie de importancia internacional en la investigación biomédica por su potente capacidad de regeneración con la cual se esperan obtener avances en la biomedicina de la regeneración y cicatrización (Zapata, 2013).

1.1.1.8 Afecciones del cambio climático

Se detectó que los suelos de Xochimilco tienen un alto contenido de carbono orgánico total en suelo (72 Mg ha^{-1}), constituyendo en la capacidad un importante almacén de carbono para una ciudad que produce 36.2 millones de toneladas de CO_2 anuales (Vela, 2012). Sumado a lo anterior, la comunidad de Xochimilco forma parte del folclor y la tradición regional y un atractivo turístico que contaba una belleza escénica que atraía a más de 2,000,000 millones de visitantes al año. (CONABIO, 2016).

La alcaldía provee de una variedad de extensa de productos agrícolas para alimentar a la población de la ciudad. Sin embargo, desde 1994 la superficie sembrada se ha reducido continuamente. Para 2010 la participación de la superficie sembrada de la Ciudad de México en la alcaldía de Xochimilco es de 1490 hectáreas de un total de 18,040 ha (8.25% del total en la Ciudad de México) y una producción de 4180.97 ton de productos (5.64% de la producción de la ciudad de México). Para el año 2019, la superficie sembrada de la delegación Xochimilco cubre una extensión de 1456 ha, lo que representa una disminución de 34 ha en 9 años. A pesar de la reducción en superficie, la producción total ascendió a 9,428 ton (7.1% de la producción total de la ciudad de México), denotando un aumento en su productividad, siendo el sector de las hortalizas el más dinámico **(SIACON, 2020)**

A pesar de los nombramientos y reconocimientos hoy en día la situación de la agricultura en las chinampas es grave. El desplazamiento de la población hacia la periferia de la ciudad y la demanda de suelo para la vivienda ha fomentado el establecimiento de asentamientos irregulares en la alcaldía. El 36.1% de su población vive en estos asentamientos **(Delgadillo, 2009 segunda vez que se coloca esta cita)**. Entre 1969 a 1989 se perdió en 42% del suelo agrícola en favor de la urbanización lo que implicó la son causas secos, 35.3 están tapados y 30.7 obstruidos **(González et al, 2014 segunda vez que se coloca esta cita)**.

1.1.1.9 Desatención del sector turístico

Ha habido pocos reportes acerca de la relación de los principios agroecológicos con las estrategias socioeconómicas que abordan las presiones urbanas, empleo regional y cuestiones ecológicas. En los programas de políticas públicas destaca la ausencia de coordinación entre las poblaciones y el gobierno local. Sobresalen dos elementos negativos: carencia de apoyo económico, técnico y capacitación del estado hacia la población originaria y la ausencia de un plan de urbanización adecuado. Las acciones de las autoridades en la alcaldía de Xochimilco se han enfocado en la ampliación de áreas para turismo y

recreación y fortalecer el ordenamiento territorial para la recuperación de espacios ocupados de forma irregular, así como la gestión de cambio en la construcción poblacional y el tránsito de las actividades primarias hacia el sector terciario. **(Azamar 2019).**

El turismo ha generado impactos en la dinámica social y la imagen tradicional del sitio. El flujo de turistas a la zona genera una demanda de servicios como alimentación, transporte, alojamiento, guía y artesanías que generan empleos y una fuente de ingreso local. Sin embargo, se ha desatendido la infraestructura y gestión del área patrimonial como destino turístico la mala planeación urbana complica los desplazamientos entre atractivos turísticos; la oferta hotelera es más bien escasa lo que reduce el tiempo y dinero que invierten los turistas en la zona; se ha descuidado también la limpieza y la seguridad, deteriorando la imagen con la que se quedan los visitantes. Aun así Xochimilco recibe anualmente 1, 200, 000 visitantes, lo que ha incrementado el número de embarcaderos desde 1922. Posicionar Xochimilco como un destino en la oferta natural y cultural de México es uno de los objetivos del Plan Integral de Gestión de Xochimilco como sitio inscrito en la Lista del Patrimonio Mundial **(Carballo 2006).**

1.1.1.10 Abandono del campo

El enfoque de modernización convencional agrícola ha atenuado las posibilidades de desarrollo rural al suscitar desplazamientos de grandes masas de mano de obra laboral del campo a la ciudad y a la precarización del trabajo agrícola. de la misma forma ha contribuido con el deterioro de los ecosistemas al adoptarse prácticas agrícolas que causan perturbaciones ecológicas y reducen la disponibilidad y acceso a servicios ecosistémicos, siendo usualmente los más afectados los pobres. El desplazando cultivos tradicionales por cultivos de exportación y afectando la suficiencia alimentaría del país. Hoy en día las comunidades campesinas tienen que ser revalorizadas como custodios del capital natural, cuyo manejo sustentable de los recursos naturales

y los servicios ecosistémicos que proveen sea su responsabilidad social y una cuestión de importancia económica global (**Silvetti, 2011**).

2.5. Valoración económica de servicios ambientales.

Adoptar un enfoque socio-ecosistémico en proyectos de restauración es particularmente necesario en áreas con ecosistemas altamente perturbados en los cuales los espacios verdes remanentes proveen de beneficios para los ciudadanos. Cuando las interacciones sociales y económicas no están adecuadamente conjugadas en un proyecto cualquier programa de restauración puede colapsar, incluso si se construyó en base a un sólido método ecológico. Los programas de restauración ambiental deben de conectar la población urbana con su ambiente (**Zambrano, et al 2020**). La valorización económica de los servicios ambientales es una estrategia que permite la integración de los aspectos ecológicos con la economía local y permite adoptar mejores estrategias y decisiones no solo para la conservación de los recursos, sino también en beneficio de los usuarios.

2.5.1 Valoración contingente

El método de valoración contingente está dentro de las metodologías con enfoque directo o de preferencias declaradas. Esta técnica consiste presentar una situación de mercado, ya sea real o hipotética, mediante una encuesta cuyo principal objetivo es determinar la DAP por un bien ambiental. Con este método se busca determinar los cambios en el nivel de bienestar general debido a una mejora o una pérdida en la cantidad o calidad de un bien y expresarlo en términos económicos. Debido a que los bienes ambientales (como los servicios ecosistémicos) no suelen suponer un costo para el consumidor, la DAP equivale a un beneficio para el consumidor, por lo que la DAP es una buena aproximación del excedente del consumidor (**Riera, 1994**).

El método de valoración contingente obtiene valores distintos a otros métodos porque, además, es capaz de capturar el valor de no uso de un bien. También permite cambiar cambios en el bienestar de la gente antes de que se produzcan

La valoración contingente ha sido usada en América Latina para evaluar los bienes y servicios generados por las ANP. Desde los años 90, esta metodología se ha usado frecuentemente este método para estimar el valor que la sociedad le da a las ANP, con el fin de aportar mayor información para las decisiones de gestión de los SE que producen. A sido posible conocer las preferencias de los usuarios sobre la DAP para evitar el deterioro de las ANPs y se ha empleado para determinar tarifas de entrada a los visitantes, el valor recreativo y turístico, de los SE, de los beneficios sociales y para la gestión pública de espacios protegidos. La valoración contingente es una herramienta para determinar la DAP de comunidades locales que se beneficia directamente de la conservación de SE que proveen las ANP, cuyos resultados son valiosos por que permiten mitigar el deterioro ambiental causado por las actividades económicas de la población beneficiada (**Garzón, 2013**).

Los usuarios tienen que decidir si un cambio ambiental les implica una mejora y cuanto estarán dispuestos a pagar por ella, o una perdida, y cuanto están dispuestos a recibir por aceptarla. El precio de equilibrio representa la disponibilidad a pagar al margen de potenciales compradores del bien o servicio. Para bienes no mercadeable, la disponibilidad a pagar es la base teórica en la que los precios sombra son calculados, la disponibilidad a pagar también representa el valor total de un incremento en la producción de un proyecto en relación con la demanda de esa producción. (**Young, 2017**)

2.5.2 Valoración de servicios ambientales en México

El enfoque de los servicios ecosistémicos se ha implementado en diversas estrategias e instrumentos para la valoración y conservación de recursos naturales, tales como los esquemas de pago por servicios ambientales que incluyen que incluyen pagos por servicios hidrológicos (PSA) y pagos por

carbono, biodiversidad y agroforestería (PSA-CABSA). Sin embargo, se ha cuestionado la eficiencia de estos programas debido a la falta de comprensión de las interacciones entre componentes biofísicos y sociales, al riesgo de la conversión de bienes públicos en bienes transables (favoreciendo procesos de privatización) y la magnitud real del impacto que tienen estos programas, así como la asimetría en las expectativas y los compromisos que los usuarios del SE exigen de los proveedores del mismo y los pagos asociados (**Balvanera, 2007**).

En México se han creado esquemas compensatorios de pagos por servicios ambientales para estimular el establecimiento de mercados ambientales a través del otorgamiento de incentivos económicos a los propietarios de terrenos que contribuyan a la conservación, los cuales han tenido cambios de enfoque, nuevos esquemas de mitigación y fortalecimiento institucional desde su implementación en 2003. Sin embargo, de acuerdo a **Perevochtchikova, (2012)** la implementación de los pagos por servicios ambientales en México manifiesta limitaciones:

- 1) La operación como un subsidio federal y no como un incentivo o reconocimiento, que realmente pretenda estimular la producción y mantenimiento de los SA.
- 2) Escaso entendimiento y falta de estudios científicos para la determinación del funcionamiento físico de los SE (en particular de los flujos de agua).
- 3) Carencia de monitoreo de los beneficios físicos de los SA (calidad y cantidad de agua, captura total de carbono, etc.); al igual que sociales y económicos.
- 4) Falta de control y vigilancia del funcionamiento del programa
- 5) Poca determinación legal del PSAH y de sus mecanismos de cobro, ya que no le otorga continuidad, ni estabilidad al programa en el largo plazo.
- 6) Se desconoce la demanda (quienes se benefician de los SA y tienen disponibilidad para compensar monetariamente por los beneficios

recibidos) para el establecimiento de mercados de SA autosuficientes a escala local.

- 7) Falta de conciencia ciudadana sobre el valor cultural y económico de los SA, debido a su carácter público y de libre acceso.
- 8) Pérdida del interés ambiental, en comparación con la importancia que ha cobrado la dimensión social dentro del esquema actual del PSAH.
- 9) Carencia de información científica del funcionamiento integral del programa, sus beneficios sociales, económicos y físicos, y efectos en la organización comunitaria, para administración de sus recursos naturales.

En México la valoración de los servicios ecosistémicos es un campo de estudio relativamente novedoso e incipiente. El Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático contabilizó 189 estudios en el periodo de 1990 a 2019. La mayoría de estos estudios se realizaron después del año 2007. Del total de estudios, 21 se han realizado en la Ciudad de México, siendo la entidad federativa en la que se han realizado mas valoraciones económicas de servicios ecosistémicos, solo 18 son resultado de trabajos de tesis, y del total solamente 8 se han realizado en humedales **(Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático [INECC], 2020)**. Cabe destacar que un número importante de estos estudios se han enfocado en la valoración del ciclo hidrológico y la determinación del valor del agua subterránea, además de que este servicio en particular es el que muestra un valor promedio más elevado que el resto.

Entre los esfuerzos diversos esfuerzos de valoración de ecosistemas en la ciudad de México se mencionan: la identificación de los servicios ecosistémicos y los beneficios de la cuenca del río Magdalena **(Almeida et al, 2007)** incluyendo el abastecimiento de agua y almacén de carbono; la estimación del valor anual del lago de Xochimilco mediante los métodos de valoración contingente y costo de viaje por Higuera **(2018)** otorgándole un valor de aproximadamente 15,703,820 pesos anuales, y Cram **(2008)** que evalúa la pérdida de los servicios ecosistémicos del suelo en la ciudad de México.

2.6. Literatura citada

Aguilar, A. G., López, F. M. (2009) Water Insecurity among the Urban Poor in the Peri-urban Zone of Xochimilco, Mexico City. *Journal of Latin American Geography*, 8 (2), 97-123. <http://ladupo.igg.unam.mx/portal/index.php/9-publicaciones/23-artinternacionales-2009-1>

Alatríste, O. (2021). Xochimilco: Aspectos histórico-culturales. *Decires* 7(7), 119-139. <https://doi.org/10.22201/cepe.14059134e.2005.7.7.127>

Alcántara, S. (2005), The floating gardens in México Xochimilco, world heritage risk site. *City & Time* 1 (3), 47-57. <http://www.ct.ceci-br.org>

Almeida, L., Nava, M., Ramos, A., Espinosa, M., Ordoñez M. J., y Jujnovsky, J. (2007). Servicios ecosistémicos en la cuenca del río Magdalena, D.F. *Gaceta ecológica* (84-85), 53-64.

Ángeles, G., Perevochtchikova, M. & Carrillo, J. (2008). Posibles Controles Hidrogeológicos de Impacto Ambiental por la Extracción de Agua Subterránea en Xochimilco, México. *Journal of Latin American Geography*, 7 (1) 39-56.

Ascencio, R. E. (2019). *Reubicación por sustentabilidad, una propuesta ante la ocupación ilegal del suelo de conservación* [Tesis de doctorado, Universidad Autónoma Metropolitana] Repositorio institucional de UAM-Xochimilco. <https://repositorio.xoc.uam.mx/jspui/handle/123456789/1640>

Autoridad de la Zona Patrimonio Mundial, Natural y Cultural de la Humanidad en Xochimilco, Tlahuac y Milpa Alta de la CDMX. (2018). Sistema Agrícola Chinampero de la Ciudad de México. Sitio SIPAM. Revista "PATRIMONIO": Economía Cultural y Educación para la Paz (MEC-EDUPAZ) 7 (14), 251-270. <http://revistas.unam.mx/index.php/mecedupaz/article/view/67233/59070>

Avendaño, D., Cedeño, B., & Arroyo, M. (2020). Integrando el concepto de servicios ecosistémicos en el ordenamiento territorial. *Revista Geográfica De América Central*, 2(65), 63 - 90. <https://doi.org/10.15359/rgac.65-2.3>

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/riq.59785>

Azamar, A., Solís, S., & González, G. (2019). Análisis social y Ambiental de los programas de rescate en Xochimilco. *Expresión Económica* (43), 25-42. <https://doi.org/10.32870/eera.vi43.882>

Azqueta D., Alviar M, Domínguez L., O’Ryan R. (2007). Introducción a la economía ambiental. Segunda edición. McGRAW-HILL/INTERAMERICANA DE ESPAÑA, S. A. U.

Balvanera, P., Castillo, A., Lazos, E., & Caballero, K., Quijas, S., Flores, A., Galicia, C., Martínez, L., Saldaña, A., & Sanchez, M., Maass, M., García, P., Martínez, Y., Galindo, L., & Sarukhán, José. (2015). Marcos conceptuales

interdisciplinarios para el estudio de los servicios ecosistémicos en América latina. En Laterra, P., Jobbágy, E., & Paruelo J. (Eds.) *Valoración de Servicios Ecosistémicos. Conceptos, Herramientas y Aplicaciones para el Ordenamiento Territorial*. (38-67).

Balvanera, P., Cotler, H. (2007). Los servicios ecosistémicos y la toma de decisiones: retos y perspectivas. *Gaceta Ecológica*. Número especial (84-85), 117-123. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=53908512>

Bataillon, C. (2008). Corona urbana alrededor de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. En J. Delgado (ed.). *La urbanización difusa de la Ciudad de México. Otras miradas sobre un espacio antiguo*. (23-42). Instituto de Geología. Universidad Nacional Autónoma de México

Betancur, T., Bocanegra, E., Custodio, E., Manzano, M., & Cardozo, G. (2016). Estado y factores de cambio de los servicios ecosistémicos de aprovisionamiento en humedales relacionados con aguas subterráneas en Iberoamérica y España. *Biota colombiana* (17), 106-119. <http://repository.humboldt.org.co/handle/20.500.11761/9355>

Bojórquez, L. (2017). Contaminación Química y Biológica en la zona lacustre de Xochimilco. Serie Académicos (130). Universidad Autónoma Metropolitana.

Camacho-Valdez, V., Ruiz-Luna, A. (2012). Marco conceptual y clasificación de los servicios ecosistémicos. *Biociencias* 1 (4), 3-15. <http://revistabiociencias.uan.mx/index.php/BIOCIENCIAS/article/view/19>

Canto, R. (2018). Movilización de los desfavorecidos: condición del desarrollo humano y sostenible. *Estudios Políticos*, (45). <https://doi.org/10.22201/fcpys.24484903e.2018.45.67130>

Carabias, J., Sarukhán, J., de la Maza, J., & Galindo, C. (2010). Patrimonio natural de México. Cien casos de éxito. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

Carballo C. (2006). Xochimilco; ¿Un atractivo turístico con destino saludable?. En Aceves B. (Ed). *Patrimonio cultural y turismo. Cuadernos 14. Planeando sobre el turismo cultural*. (119-137). Coordinación Nacional de Patrimonio Cultural y Turismo.

Caro, C. I., Torres, M. A. (2005). Servicios ecosistémicos como soporte para la gestión de sistemas socio ecológicos: aplicación en agroecosistemas. *Orinoquia* 19 (2), 237-252.

CEPAL. (2012). Elementos conceptuales y aplicaciones de microeconomía para la evaluación de proyectos. (LC/IP/L.317). Santiago. <http://hdl.handle.net/11362/5519>

Clauzel C. 2009. Entre croissance urbaine et valorisation patrimoniale : avenir agricole des Chinampas de Xochimilco (Mexique). *Cahiers Agricultures* 18 (4), 323-328. <https://doi.org/10.1684/agr.2009.0313>

Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2003). Sostenibilidad y desarrollo Sostenible: un enfoque sistémico. Organización de las Naciones Unidas.

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (2020). Programa Nacional de Áreas Naturales Protegidas 2020 – 2024.

<https://www.gob.mx/conanp/documentos/programa-nacional-de-areas-naturales-protegidas-2020-2024>

Comisión Nacional del Agua (2019). Estadísticas del agua en México. 2019. México

Comisión Nacional Forestal. (2009). Estudio Regional Forestal Clave. UMAFOR 0904.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) & Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal (SEDEMA). (2016). La biodiversidad en la Ciudad de México (1ª ed., Vol 1). CONABIO/SEDEMA.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) & Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal (SEDEMA). (2016). La biodiversidad en la Ciudad de México (1ª ed., Vol 3). CONABIO/SEDEMA.

CONAGUA (2013). Estadísticas del Agua de la Región Hidrológico-Administrativa XIII. Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México Edición 2013. México

CONAGUA. 2020. Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero zona metropolitana de la Cd.de México (0901), Ciudad de México. Subdirección General Técnica. Gerencia de Aguas Subterráneas.

Consejo De Evaluación Del Desarrollo Social De La Ciudad De México. (2020). Ciudad de México 2020. Un diagnóstico de la desigualdad socio territorial.

<https://www.evalua.cdmx.gob.mx/estudios-e-investigaciones/ciudad-de-mexico-2020-un-diagnostico-de-la-desigualdad-socio-territorial>

Conti, G., Díaz, S., Cáceres, D., Tapella, E., & Quétier, F (2007). Servicios ecosistémicos y actores sociales. Aspectos conceptuales y metodológicos para un estudio interdisciplinario. Gaceta Ecológica, (84-85),17-26. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=53908503>

Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farberk, S., Grasso, M., Hannon, B. & Van den Belt, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. Nature (387), 253–260.

Cram, S., Cotler, H., Morales, L. M., Sommer, I., & Carmona, E. (2008). Identificación de los servicios ambientales potenciales de los suelos en el paisaje urbano del Distrito Federal. Investigaciones geográficas, (66), 81-104. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-46112008000200006&lng=es&tlng=es.

Cruz, M. S. (2000). Periferia y suelo urbano en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. Sociológica 15 (42), 59-90.

<http://www.sociologiamexico.azc.uam.mx/index.php/Sociologica/article/view/492>

de Gortari, R. (2012). Xochimilco como alternativa de competitividad para los orgánicos: el caso de Invernaderos Tepexomulco. *Nueva antropología*, 25 (77), 59-78. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S018506362012000200004&lng=es&tlng=es

De Groot, R. S., Wilson, M. A., Boumans, R. M. J. (2002a). A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological economics* (104), 22-32 <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921800902000897>

De Groot, R. S., Wilson, M. A., Boumans, R. M. J. (2002a). A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological economics* (104), 22-32 <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921800902000897>

De Groot, R. S., Stuij, M. A. M., Finlayson, C. M. & Davidson, N. (2007). Valoración de humedales: Lineamientos para valorar los beneficios derivados de los servicios de los ecosistemas de humedales, Informe Técnico de Ramsar núm. 3/núm. 27 de la serie de publicaciones técnicas del CDB. Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland (Suiza), y Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, Montreal (Canadá).

Decreto 5 de 2006. [Con fuerza de ley]. 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". 11 de enero de 2006. Gaceta Oficial del Distrito Federal

Delgadillo, V. M. (2009). Patrimonio urbano y turismo cultural en la Ciudad de México: Las chinampas de Xochimilco y el centro histórico. *Andamios* 6 (12), 69-94. <http://www.scielo.org.mx/pdf/anda/v6n12/v6n12a4.pdf>

Diario Oficial de la Federación. (1986). DECRETO por el que se declara una zona de monumentos históricos en las Delegaciones de Xochimilco, Tláhuac y Milpa Alta, D.F.

Díaz, I. A., Burguillo, M. (2018). Servicios Ecosistémicos y Humedales. En Díaz I. A., Sedas E. E. de J., Burguillo M. *Servicios ecosistémicos en Humedales* (17-50). Secretaría del Medio Ambiente del Estado de Veracruz.

Doroni, G. (2021). Costos ambientales-sociales en el marco de la mercantilización de los recursos naturales. *Contextos de vulnerabilidad social-ambiental. Derecho Global. Estudios Sobre Derecho y Justicia*, 6(17), 77–106. <https://doi.org/10.32870/dgedj.v6i17.356>

Ebel, R. (2019). Chinampas: An Urban Farming Model of the Aztecs and a Potential Solution for Modern Megalopolis. *HortTechnology* 30(1), 13-19. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH04310-19>

Galicia, S., Alvarado, H. E., Jiménez, M. E., & Camacho A. (2019). Los indicadores sociales como estrategia para la preservación de la zona chinampera de Xochimilco. En Sepúlveda, D., Pérez, F., Salazar, R., Gigueroa,

E. (Eds). *Biodiversidad, sustentabilidad e indicadores sociales*. (33-49). Asociación Mexicana de Investigación interdisciplinaria A. C.

Galicia, S., Alvarado, H. E., Jiménez, M. H., Camacho, A. (2019). Los indicadores sociales como estrategia para la preservación de la zona chinampera de Xochimilco. En Sepúlveda, D., Pérez, F., Salazar, R., Figueroa, E. (Eds.) *Biodiversidad, Sustentabilidad e Indicadores Sociales* (33-49). Asociación Mexicana De Investigación Interdisciplinaria A.C.

Garzón, P. (2013). Revisión del método de valoración contingente: experiencias de la aplicación en áreas protegidas de América Latina y el Caribe. *Espacio y desarrollo* (25), 65-78
<https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/espacioydesarrollo/article/view/10623>

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. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14131514005>

Gudynas, E. Desarrollo y límites al crecimiento económico: una polémica persistente. En García, P., Ordóñez, J., Munck, R.(eds.). *Desarrollo, sociedad y alternativas* (pp 252-279). Glasnevin Publishing.

Guerrero, T., Rives, C., Rodríguez, A., Saldivar, Y., Cervantes, V. El agua en la ciudad de México. *Ciencias* (94), 16-23.
<https://www.redalyc.org/pdf/644/64412193004.pdf>

Guevara, B. K., Ortega, H. M., Ríos, R., Solano, E., & Vanegas, J. M. (2015). Morfología y geoquímica de suelos de Xochimilco. *Terra Latinoamericana*, 33 (4), 263-273. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792015000400263&lng=es&tlng=es.

Gutiérrez, R., Vega, S., Urban, G. Damián, M., Guajardo, G. P., Ortiz, R., Schettino, B., Sierra, J. C. 2018. Presencia de compuestos clorados en espinaca y lechuga comercializadas en la Ciudad de México. XX Congreso Internacional de Inocuidad de Alimentos. <http://e-gnosis.udg.mx/index.php/trabajosinocuidad/article/view/341>

Haines, R., & Potschin, M.B. (2017): Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 and Guidance on the Application of the Revised Structure. Fabis Consulting Ltd.

Higuera, G. L. (2018). Valoración Económica del lago de Xochimilco *Universciencia* 16 (47), 1-10.<http://revista.soyuo.mx/index.php/uc/article/view/81>

Hölting, L., Komossa, F., Filyushkina, A., Gastinger, M. M., Verburg, P. H., Beckmann, M., Volk, M., & Cord, A. F. (2020). Including stakeholders' perspectives on ecosystem services in multifunctionality assessments. *Ecosystems and People*, 16(1). <https://doi.org/10.1080/26395916.2020.1833986>

INEGI (s.f.). *Panorama sociodemográfico de México*
<https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/tableros/panorama/>

INEGI (s.f.). *Panorama sociodemográfico de México*
<https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/tableros/panorama/>

INEGI 2017. Compendio de indicadores de gestión y resultados del programa de concurrencia de las Entidades Federativas 2017.

Instituto Nacional de Ecología y Cambio climático. (2020). Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar (FIR) Zona Lacustre “Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco” <https://rsis.ramsar.org/es/ris/1363>

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. (2020). Revisión y análisis de documentos sobre valoración económica de los servicios ecosistémicos de México de 1990 a 2019.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2020). 2020 Censo de población y vivienda. <https://censo2020.mx/>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (s.f.) Censo de población y vivienda 2020
<https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/tableros/panorama/>

Jiménez M. (2013). Resiliencia y adaptabilidad del sistema chinampero de Xochimilco. [Tesis de Licenciatura, UNAM]. Repositorio Institucional de la UNAM. <https://repositorio.unam.mx/contenidos/398651>

Krasilnikov, P., Ramos, R., García, N.E., Ortega, H.M. (2011) Artificial Chinampas soils of México city: their properties and salinization hazards. Spanish Journal of Soil Science 1 (1), 70-85.
<https://sjss.es/index.php/sjss/article/view/113>

La Notte, A., D'Amato, D., Mäkinen, H., Paracchini, M.L., Liqueste, C., Egoh, B., Geneletti, D., Crossman, N.D., 2017. Ecosystem services classification: a systems ecology perspective of the cascade framework. Ecol. Indic. 74, 392–402. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.11.030>.

Labandeira, X., León, C. J., Vázquez, M. X. (2007). Economía Ambiental. Pearson Prentice hall.

Landers, D. H. & Nahlik, A. M. (2013). Final Ecosystem Goods and Services Classification System (FEGS-CS). EPA/600/R-13/ORD-004914. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Washington, D.C.

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://www.redalyc.org/articulo.oa?id=25805403>.

Lesser, J.M., González, D. (2005). El Agua subterránea de la Ciudad de México. Asociación Geohidrológica Mexicana.

Ley Ambiental de Protección a la Tierra en el Distrito Federal, Art 5. (2000). https://paot.org.mx/centro/leyes/df/pdf/2021/LEY_AMB_PROT_TIERRA_23_04_2021.pdf

Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente [LGEEPA]. Art 44. 1988 (México)

López, E., Murillo D., Martínez, J. L., Chávez P.I. (2015). Alternativas viables para la provisión de servicios básicos en áreas periurbanas: lecciones desde Xochimilco. Instituto Mexicano de tecnología del agua. <http://repositorio.imta.mx/handle/20.500.12013/1608>

López, M., Ramos, G., Figueroa, G., Flores, A., Owen T. (2010). Efecto del agua tratada sobre biomasa del perifiton de dos sitios del área lacustre de Xochimilco utilizando un microcosmos artificial. *Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente* 10 (19), 39-62. <https://sociedadesruralesojs.xoc.uam.mx/index.php/srpma/article/view/157>

Martínez, J.L. 2004. Manual de construcción de Chinampas. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. <http://repositorio.imta.mx/handle/20.500.12013/1167>

Mazari, M., & González, L. Z. (2016) Estudio de caso. Xochimilco: Su importancia en la provisión de servicios ecosistémicos. En CONABIO y SEDEMA (eds.) *La biodiversidad de la Ciudad de México (1ª ed., vol 3)*

McClung, E., Acosta, G. (2015). Una ocupación del periodo de agricultura temprana en Xochimilco (ca. 4200-4000 a.n.e.). *Anales de Antropología*. (49), 299-315.

<http://www.revistas.unam.mx/index.php/antropologia/article/view/46753>

Méndez, J C.. (2017). Condicionantes y posibilidades en el uso de las TIC. Estudio de caso de dos Cooperativas de Chinamperos de Xochimilco, Ciudad de México. [Tesis de Licenciatura, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla]. Repositorio institucional de acceso abierto. <https://hdl.handle.net/20.500.12371/157>

Mendoza, R., & P. Koleff. (2014). Especies acuáticas invasoras en México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.

Millennium Ecosystem Assessment. (2003) *Ecosystems and Human Well-Being: A Framework for Assessment*. Washington, DC: Island Press, 2003. 25-36

Moncada, M, J. Omar. (1982). Evolución y problemas actuales de la zona de chinampas del Distrito Federal. *Investigaciones geográficas*, (12), 211-225. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-46111982000100006&lng=es&tlng=es.

Morales, R., Borja, A., Mares, R. U. (2020). Estudio Hidrogeológico de Zonas de Recarga Acuífera para el Abastecimiento de Agua a la Ciudad de México. México. Moro Ingeniería S.C.-The Nature Conservancy.

Morehart, C. T. (2016). Chinampa agriculture, surplus production, and political change atxaltocan, mexico. *Ancient Mesoamerica* (27), 183-196

Narchi, E. (2013). Deterioro Ambiental en Xochimilco. Lecciones para el cambio climático global. *VEREDAS* (27), 177-197.

Narchi, E., & Canabal, B. (2016). Percepciones de la degradación ambiental entre vecinos y chinamperos del Lago de Xochimilco, México. *Sociedad y ambiente*, (12), 5-29.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-65762016000300005&lng=es&tlng=.

Navarro, M., & Álvarez, M. (2015). Agroecosistemas periurbanos, un potencial latente: contribución al análisis de la multifuncionalidad a partir de indicadores de sustentabilidad. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica* 24 (24), 107–121.

Newcomer, T., Andrews, F., Corona, J., Dewitt, T. H., Harwell, M. C., Rhodes, C., Ringold, P. (2020). National Ecosystem Services Classification System (NESCO) Plus. U.S. Environmental Protection Agency.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2014. Ciudades más verdes en América Latina y el Caribe.

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO], Art 1 (1971). Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional.

Ortiz, H. Pupareli, E. (2006). "Una mirada al pasado: evolución de las chinampas en la cuenca de Mexico desde su creacion hasta la Colonia". (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de México.
<https://repositorio.unam.mx/contenidos/278889>

Osorio, J. D., & y Correa, F. (2004). Valoración económica de costos ambientales: Marco conceptual y métodos de estimación *Semestre Económico*, 13, 159-193.

Perevochtchikova, M., & Ocho, A. M. (2012). Avances y limitantes del programa de pago de servicios ambientales hidrológicos en México, 2003-2009. *Revista mexicana de ciencias forestales* 3(10), 89-112.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322012000200008&lng=es&tlng=es.

Pérez J. (2017). Urbanización y conflictos ambientales en suelo de conservación de Xochimilco, Ciudad de México. *Revista Crecer Empresarial: Journal of Management and Development* (01), 61-72.
<https://journalusco.edu.co/index.php/cempresarial/article/view/1572>

Pérez, M. A. Rojas, J., y Galvis. R. (2013). Servicios ecosistémicos: ¿Un enfoque promisorio para la conservación o un paso más hacia la mercantilización de la naturaleza? En Pérez, M. A. Rojas, J., y Galvis. R. (Comps.) *Sociedad y servicios ecosistémicos: perspectiva desde la minería, los megaproyectos y la educación ambiental*. (29-59) Cali, Colombia: Universidad del Valle.

Procuraduría ambiental y del Ordenamiento Territorial de la Ciudad de México. (2009). Estudio sobre la Superficie ocupada en Áreas Naturales protegidas del

Distrito Federal. <http://centro.paot.org.mx/index.php/publicaciones-paot/16-estudios-tecnicos/261-superficie-ocupada-en-areas-naturales>

Quiroz, A., Miranda, M. G., & Lot, A. (2008). Estudio comparativo de algunas variables fisicoquímicas del agua en canales secundarios de Xochimilco con y sin *Eichhornia crassipes* (Martius) Solms-Laubach. *Polibotánica*, (25), 127-133. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-27682008000100010&lng=es&tlng=es.

Raffo Lecca, E., & Mayta Huatuco, R. (2015). Valoración económica ambiental: el problema del costo social. *Industrial Data*, 18(2), 61. <https://doi.org/10.15381/idata.v18i2.12109>

Ramos, R., Cajuste, J., & Flores, D., & García, N. E. (2001). Metales pesados, sales y sodio en los suelos de Chinampa en México. *Agrociencia*, 35 (4), 385-395. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=302/30235402>

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. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2018.01.001>

Real Academia Española. (s.f.). Sostenible. En Diccionario de la lengua española Recuperado el 29 de abril de 2022 de <https://dle.rae.es/sostenible#Mh9eLug>

Riera, P. (1994). Manual de valoración contingente. Ministerio de Hacienda. Centro de Publicaciones. España.

Rivera J.E., Espinoza A. (2007). Flora y Vegetación del Distrito Federal. En Luna, I., Morrone J.J. & Espinosa D. (Eds.) *Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana* (231-253). Universidad Nacional Autónoma de México.

Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México (2016). Suelo de conservación. 1° edición.

Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México. (2012). Conservación y uso sustentable de la biodiversidad del Distrito Federal.

Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2012). Los humedales en México. Oportunidades para la sociedad. Primera edición.

Segrelles J. A.. (2015). Agricultura periurbana, parques naturales agrarios y mercados agropecuarios locales: una respuesta territorial y productiva a la subordinación del campo a la ciudad. *Scripta Nova. Revista electrónica de geografía y ciencias sociales* 19 (502), 1-35.

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>

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>

Sistema de información agropecuaria de consulta. (2020) <https://www.gob.mx/siap/prensa/sistema-de-informacion-agroalimentaria-de-consulta-siacon>

Sitio oficial Ramsar. (2022). *Servicio de información sobre sitios Ramsar*. <https://rsis.ramsar.org/es>

Sotelo, J. (2001). Consideraciones sobre las externalidades negativas en la economía de mercado en el contexto de la integración ambiental. *Observatorio medioambiental* (4), 193-203.

Soto, J. (2015). El crecimiento urbano de las ciudades: enfoques desarrollista, autoritario, neoliberal y sustentable. *Paradigma Económico. Revista de Economía Regional y Sectorial*, 7(1), 127–149.

Terrones, M. E. (2006). Xochimilco sin arquetipo historia de una integración urbana acelerada. *Scripta Nova. Revista electrónica de geografía y ciencias sociales* 10 (218). <http://www.ub.edu/geocrit/nova.html>

Torres, P. & Cruz, J. G. (2019). Procesos urbanos y sistemas socioecológicos. Trayectorias sustentables de la agricultura de chinampa en Ciudad de México. *Letras Verdes, Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales* (25), 168-190. <https://doi.org/doi.org/10.17141/letrasverdes.25.2019.3368>

Tortolero A. (2014). Canales de riego y canales navegables en la cuenca de México: economía, patrimonio y paisaje en el México porfirista. *Historia Caribe* 10 (26), 75-105. <http://dx.doi.org/10.15648/hc.26.2015.4>

Toscana A. (2020). Reconstrucción postsísmica en el suelo de conservación ecológica de la Ciudad de México: experiencias de un asentamiento irregular. *Sociedad y ambiente* (24), 1-28. [10.31840/sya.vi24.2206](https://doi.org/10.31840/sya.vi24.2206)

U.S. Environmental Protection Agency (2004). *Ecological benefits assessment strategic plan*. Autoedición.
<https://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/P100N0ZW.txt?ZyActionD=ZyDocument&Client=EPA&Index=2006%20Thru%202010&Docs=&Query=&Time=&EndTime=&SearchMethod=1&TocRestrict=n&Toc=&TocEntry=&QField=&QFieldYear=&QFieldMonth=&QFieldDay=&UseQField=&IntQFieldOp=0&ExtQFieldOp=0&XmlQuery=&File=D%3A%5CZYFILES%5CINDEX%20DATA%5C06THRU10%5CTXT%5C00000036%5CP100N0ZW.txt&User=ANONYMOUS&Password=anonymous&SortMethod=h%7C&MaximumDocuments=1&FuzzyDegree=0&ImageQuality=r75g8/r75g8/x150y150g16/i425&Display=hpfr&DefSeekPage=x&SearchBack=ZyActionL&Back=ZyActionS&BackDesc=Results%20page&MaximumPages=1&ZyEntry=5>

Universidad Autónoma Metropolitana & Autoridad de la Zona Patrimonio Mundial, Natural y Cultural de la Humanidad en Xochimilco, Tlahuac y Milpa Alta de la CDMX. (2016). *Las chinampas: Patrimonio Mundial de la Ciudad de México*.

- Universidad Autónoma Metropolitana. (2011). Las Chinampas de Xochimilco al despuntar del siglo XXI: inicio de su catalogación. Autoedición
- Universidad Nacional Autónoma de México. (2014). Análisis del estado de conservación ecológica del sistema lacustre chinampero de la superficie reconocida por la UNESCO como sitio Patrimonio de la Humanidad en Xochimilco, Tláhuac y Milpa Alta en el Distrito Federal.
- 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.
- Vázquez, V. M. (2014). Externalidades y medio ambiente. *Revista iberoamericana de organización de empresas y marketing* (2), 1-15 https://www.academia.edu/14999613/Externalidades_y_medioambiente
- Vela, G., López, J., & Rodríguez, M. L.. (2012). Niveles de carbono orgánico total en el Suelo de Conservación del Distrito Federal, centro de México. *Investigaciones geográficas*, (77), 18-30. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-46112012000100003&lng=es&tlng=es.
- Vilchis, I. (2019). Evaluación de tradeoffs entre servicios ecosistémicos urbanos a escala megalopolitana. *Economía, Sociedad y Territorio* 19 (61), 339-371. <http://dx.doi.org/10.22136/est20191376>
- Von Bertrab A. I., (2013). De tilapias, chinampas y ajolotes: discursos sobre la restauración ecológica en el lago de Xochimilco. (Tesis de Doctorado, Universidad Nacional Autónoma de México). Repositorio Institucional de la UNAM. <https://repositorio.unam.mx/contenidos/77358>
- Wigle, J. (2014). The 'Graying' of 'Green' Zones: Spatial Governance and Irregular Settlement in Xochimilco, Mexico City. *International Journal of Urban Regional Research* (38), 573-589. <https://doi.org/10.1111/1468-2427.12019>
- World Commission On Environment And Development (WCED) (1987). Our common future. The Brundtland Report. Oxford: Oxford University Press
- Young R. A., Loomis J. B. (2014). Determining the Economic value of water. 2 ed. Resources for the Future (RFF).
- Zambrano, L., Rivas, M. I., Uriel, C., Rojas, R., Rubio, M., Mena, H., Vázquez, D. L., & Tovar, A. (2020) Adapting Wetland Restoration Practices in Urban Areas: Perspectives from Xochimilco in Mexico City. *Ecological Restoration* 38 (2), 114-123.
- Zapata M. C., Solís L. G. (2013). Axolotl: el auténtico monstruo del lago de Xochimilco. *Kuxulkab Revista de divulgación* 19 (36), 41-46.
- Zaragoza, R., Landázuri, G., & Vega, E. (2016). Disturbio antropogénico como consecuencia del crecimiento urbano. El caso de la zona lacustre y de montaña

en la delegación Xochimilco, México. *Sociedad y Ambiente*, (11), 42–67.
<https://revistas.ecosur.mx/sociedadambiente/index.php/sya/article/view/1677>

Capítulo 3. Identificación y priorización de servicios ecosistémicos derivados del sistema lacustre de Xochimilco.

Identification and prioritization of ecosystem services derived from chinampa's agriculture

3.1. 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 y los servicios culturales fueron seleccionados como los más importantes, siendo los dos primeros los que obtuvieron un valor ponderado más alto. La diferencia de medias demostró que existen diferencias entre los grupos, y el análisis pos-hoc revela 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, denotando el valor que la población regional otorga a la agricultura. Por ello 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: Xochimilco, área natural protegida, servicio hidrológico, sistema periurbano, valoración económico-ambiental, manejo de recursos naturales.

3.2. 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 a 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 take into account the participation of chinampas' producers in the design of public policies and management of local natural resources.

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

3.3. Introducción

El desarrollo económico ha sido logrado por la reproducción de capital y maximización de beneficios en cortos periodos de tiempo al costo de desequilibrios en las relaciones de producción y sobreexplotación de recursos naturales, colocando en situación desventajosa a países en subdesarrollo (**Segrelles, 2012**), en los que la economía de mercado no ha conseguido proveer la suficiente dotación social de algunos bienes públicos (**Canto, 2018**). Por otro lado, la conceptualización de los servicios ecosistémicos (SE) es una herramienta que abarca no solo los beneficios al ser humano, sino también sus componentes, funcionalidad, (**Millennium Ecosystem Assessment [MEA] 2003; Camacho-Ruíz, 2011**) para vincular el bienestar humano con la conservación de los ecosistemas, mediante su aprovechamiento sustentable y preservación como una necesidad básica para las sociedades humanas (**Balvanera et al, 2011**).

En este sentido, 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**), generando 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; Vargas-Reyes, 2011**), 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, al sureste de la Ciudad de México alberga una zona lacustre donde permanece el ancestral sistema de producción agrícola de las chinampas, considerado Patrimonio Cultural de la Humanidad desde 1982 por ser un sistema productivo altamente productivo y resiliente (**González-Torres, 2014**) que provee a la ciudad de México de importantes SE (**Comisión Nacional para el Manejo y Uso de la Biodiversidad [CONABIO], 2016; Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial de la Ciudad de México [PAOT], 2009**). Actualmente, se encuentra amenazada por la pérdida de su superficie en favor de asentamientos irregulares (**Wigle, 2014**), extracción y contaminación del agua (**Alatraste, 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-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-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**).

Las percepciones son esenciales para entender las contribuciones individuales y el comportamiento de cada persona hacia los SE, permitiendo comparaciones directas entre categorías e identificar un potencial trade-off entre ellos (**Pérez et al, 2013**). Los SE no son igualmente valorados por todos los usuarios y es posible observar patrones potenciales de multifuncionalidad para diferentes grupos. Frecuentemente las decisiones de manejo se ven favorecidos hacia ciertos grupos o SE en particular, generando sesgos en las valoraciones, por lo que se vuelve necesario diferenciar entre grupos focales y los beneficios que cada uno recibe del ecosistema en cuestión (**Hölting et al, 2020**).

3.4. 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 anterior, con el fin de aportar información que ayuden a plantear políticas de conservación y manejo de recursos naturales en la ANP.

3.5. Materiales y métodos

3.5.1 Zona de estudio

La ANP bajo la categoría de Zona sujeta a conservación ecológica “Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco” con una superficie de 2522 ha se localiza en la alcaldía de Xochimilco al sur de la Ciudad de México (Figura 1). 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 limitado por el canal de Apatlaco y canal Nacional.

El ANP pertenece a la región hidrológica del Pánuco, dentro de la cuenca hidrológica del Río Moctezuma y la subcuenca Lago Texcoco-Zumpango formando 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 a 5% y una altitud promedio de 2240 msnm. De acuerdo a la clasificación de Koeppen, el clima es templado subhúmedo con lluvias en verano con una temperatura media anual de de 12° a 18° C y un promedio de 17° con posibles heladas entre noviembre y enero. La precipitación media anual es de 620.4 mm. Se estima que existen 1118 viviendas con un total de 5269 personas con alto grado de consolidación. La propiedad de la tierra aunque fundamentalmente ejidal a 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 (**Gaceta oficial de la Ciudad de México [GODF],2006**).

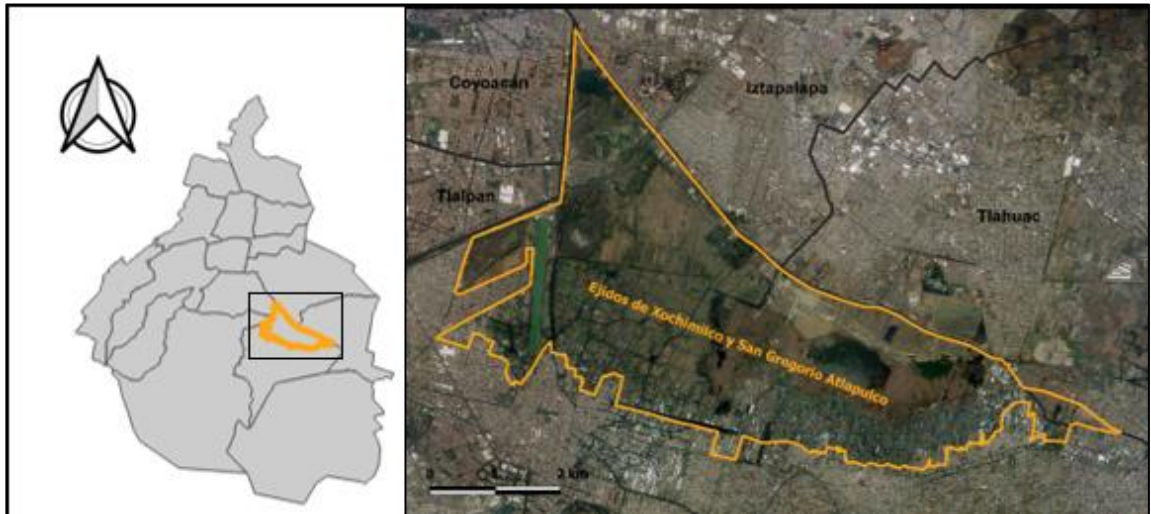


Figura 11. Ubicación espacial de la ANP "Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco" (Fuente: Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad 2021 [<http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>])

3.5.2 Población y tamaño de muestra.

El ANP colinda con 9 barrios de Xochimilco, cuya población total estimada para 2017 fue de 113812 habitantes. Tomando en cuenta este tamaño de población se determinó mediante cálculo de muestras finitas el tamaño de la muestra:

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

Donde N es el tamaño de la población, Z_{α} el nivel de confianza, p es la 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 es la diferencia $1-p$ y e es el error de estimación máximo aceptado (Aguilar, 2005). Con un nivel de confianza del 95% y un error muestral del 5%, se obtuvo un tamaño de muestra de 380.

La muestra fue subdividida en cuatro grupos definidos con base a las relaciones de proximidad y laborales de la población objetivo con respecto a la ANP. Dadas las diferencias entre los individuos de cada grupo en su relación con los SE de la ANP se pueden producir diferencias en las percepciones individuales, siendo este el motivo por el que se hace esta distinción y agrupación.

Los grupos seleccionados fueron: productores chinamperos, residentes no productores, turistas e investigadores. Las características de cada grupo se describen a continuación:

- Productores chinamperos: Personas cuya principal ocupación laboral es el trabajo agrícola en las chinampas en la superficie de la ANP. En este grupo se incluyeron tanto a productores propietarios de chinampas, productores que las arrendan y jornaleros. Se considera que las personas que integran este grupo son quienes tienen el mayor contacto con la ANP, ya que no solo desempeñan su labor productiva ahí, sino que han contribuido a construir y mantener el paisaje y el agroecosistema.
- Residentes no productores: personas que residen en la población seleccionada, pero que obtienen su ingreso de actividades diferentes de la agricultura. Una fracción de los integrantes de este grupo no son

originarios de Xochimilco, sino que se asentaron en la zona como parte del proceso de expansión urbana.

- Turistas: personas que no residen ni trabajan en las inmediaciones de la ANP, pero visitan sus atractivos turísticos por motivos de recreación. Algunos de estos turistas son visitantes regulares, ya que suelen acudir a las instalaciones deportivas con frecuencia.
- Investigadores: personas que orientan o hayan orientado sus actividades académicas o de investigación en la ANP. En este grupo se incluyeron investigadores de diferentes universidades, alumnos de licenciatura y posgrado que realizan o realizaron sus investigaciones en la ANP y prestadores de servicio social.

A partir de la muestra de 380, la cantidad de individuos por cada grupo se distribuyeron de la siguiente manera:

- Productores chinamperos: 110
- Turistas: 120
- Residentes no productores: 110
- Investigadores: 40

3.5.3 Descripción del instrumento encuesta

Para recolectar la información acerca de la prioridad que los usuarios otorgan a los SE, se realizó una encuesta partiendo de una lista de SE. Esta lista se construyó con base a la tipología descrita en MEA (2005) y el informe “La economía de los Ecosistemas y la Biodiversidad” (**The Economics of**

Ecosystems and Biodiversity [TEEB], 2010). En el cuadro 6 se presenta esta lista.

Cuadro 6. Lista y descripción de SE incluidos en la encuesta

Tipo	Servicios ecosistémicos	Descripción
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	Variedades 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.
Culturales	Regulación biológica	Hábitat para polinizadores, incluidos insectos, aves y murciélagos; control de plagas
	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: Millennium Ecosystem Assessment, (2005) y (TEEB, 2008)

Las encuestas se realizaron entre mayo de 2021 y enero de 2022. Se seleccionaron únicamente personas mayores de 15 años para contestarlas. A los encuestados se les presentó la lista de SE y se les pidió que seleccionaran tres de ellos que consideraran los de mayor relevancia ordenados 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 para evitar confusiones que llevarían a sesgos en la toma de datos, a los encuestados se les hizo una breve descripción de cada servicio. Se registró también el nombre, género, edad y ocupación de los encuestados.

3.5.4 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 al tipo asignado en la tabla 1 y se realizó el mismo procedimiento.

3.5.5 Análisis estadístico

El análisis se realizó a través del lenguaje de programación R. La variable empleada fueron los 3 niveles de prioridad, y dado a que son de tipo nominal se optó por realizar pruebas no paramétricas. Los SE se categorizaron y enumeraron del 1 al 17 en función del orden en el que aparecen en la lista. Se

aplicó la prueba no paramétrica de normalidad Kolmogorov-Smirnov (Flores, 2021) empleando la paquetería *nortest*. Para comprobar diferencias entre las medias entre los grupos focales se usó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis (Quispe et al, 2019). Posteriormente, se realizó una prueba pos-hoc de Games-Howell para comparar las combinaciones entre grupos y revelar las combinaciones en las cuales residen las diferencias (Shingala- Rajyaguru, 2015) detectadas a través de la paquetería *rstatix*.

3.6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En total se entrevistaron 193 hombres y 187 mujeres. En la tabla 2 se observa en el nivel de prioridad 1, los SE más mencionados fueron la *producción de alimentos* (118 menciones), y 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 3 muestra una representación esquemática de estos resultados.

Figura 2. Histograma de frecuencias de menciones de cada servicio ecosistémico de acuerdo a su prioridad

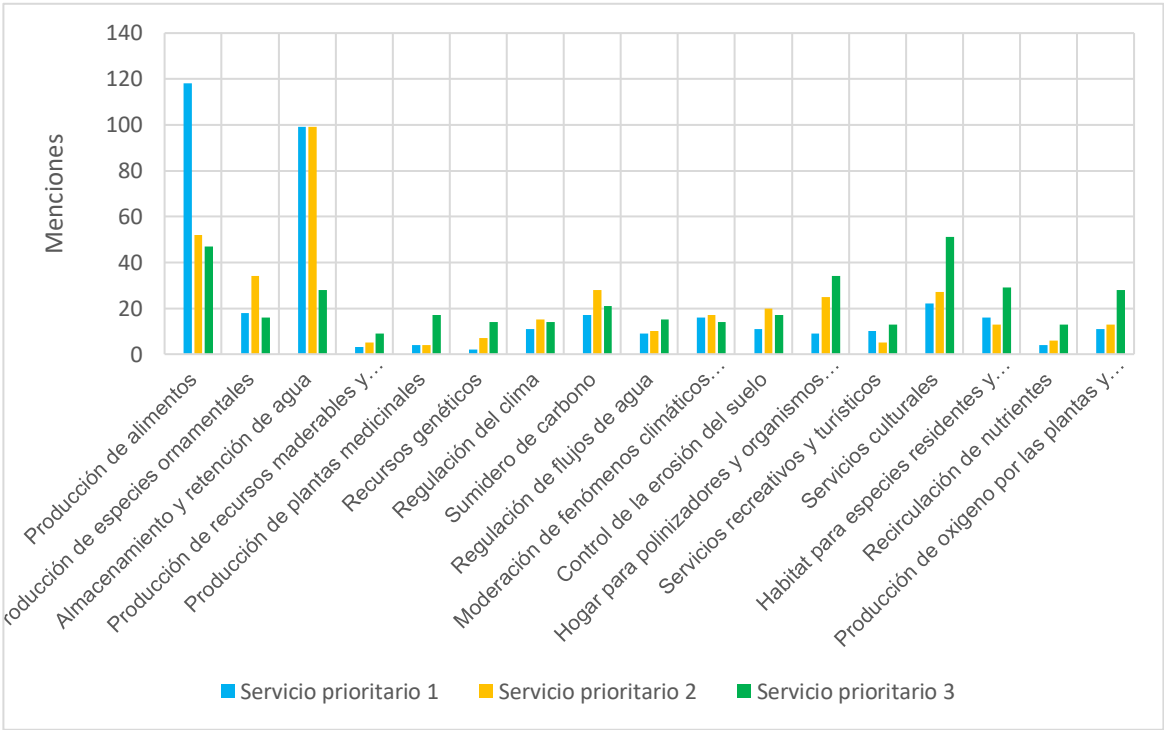


Figura 12. Histograma de frecuencias de menciones de cada servicio ecosistémico de acuerdo a su prioridad

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 el cuadro 7 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, y 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).

Cuadro 7. Estimaciones del promedio ponderado del nivel de prioridad por cada SE

Servicio ecosistémico	Productores chinamperos	Residentes no productores	Turistas	Investigadores	Puntuación total
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	0.03	0.02	0.08	0.01	0.04

Servicio ecosistémico	Productores chinamperos	Residentes no productores	Turistas	Investigadores	Puntuación total
organismos que controlan plagas					
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 a la Comisión Nacional del Agua (2020) el volumen de extracción es de 1020030340 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 demanda del 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 por 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 al Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta, en **2020** la alcaldía de Xochimilco produjo un volumen de 3311969 toneladas de alimentos (71% de la producción de la Ciudad de México) con un valor estimado de 203010780 pesos (13.4% de la Ciudad de México).

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 del 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], 2014**) lo que indica el valor que la población le da a la actividad agrícola, evidenciado por iniciativas como la Secretaría de Desarrollo Rural y Equidad para las Comunidades (hoy sustituida por la Secretaría de Pueblos Indígenas) y los programas de ordenamiento ecológico y la inclinación por parte de los agricultores por la agricultura sin agroquímicos.

Considerando los tres niveles de prioridad, los SE que tuvieron una mayor cantidad de menciones fueron el almacenamiento y retención de agua con 226 menciones, en segundo lugar, está la 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 la *producción de recursos maderables y forestales, producción de plantas medicinales, recursos genéticos y recirculación de nutrientes*, lo cual puede ser debido a pérdida de conocimientos etnobotánicos y a la falta de incentivos para su investigación (**Bermúdez et al, 2005**).

Aplicando el mismo procedimiento por tipo de SE (Cuadro 8), se observa que los *Servicios de aprovisionamiento* son considerados por los cuatro grupos los más importantes en general., especialmente por parte de los productores chinamperos, grupo que otorgó 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 y se valora la diversidad de los mismos y se relacionan con el bienestar de la comunidad (**Chakraborty et al, 2019**).

Cuadro 8. Estimaciones del promedio ponderado del nivel de prioridad por cada SE

	Productores chinamperos	Residentes no productores	Turistas	Investigadores	Puntuación total
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

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

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 y por lo tanto se asume que la distribución de las variables no sigue una distribución normal (Cuadro 9). Esto se corrobora al realizar la misma prueba para los datos de cada grupo focal donde de la misma forma, no se cumple la condición de normalidad.

Cuadro 9. Resultados de la prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov

Grupo focal	Nivel de prioridad	D	p-value
Encuesta completa	1	0.35195	$<2.2e^{-16}$
	2	0.33407	$<2.2e^{-16}$
	3	0.156	$6.155e^{-07}$
Productores	1	0.30596	$<2.2e^{-16}$
	2	0.17607	$8.594e^{-10}$
	3	0.2026	$3.601e^{-13}$
Turistas	1	0.30596	$<2.2e^{-16}$
	2	0.17607	$8.594e^{-10}$
	3	0.2026	$3.601e^{-13}$
Residentes	1	0.27021	$<2.2e^{-16}$
	2	0.29013	$<2.2e^{-16}$
	3	0.13444	$4.398e^{-05}$
Investigadores	1	0.26824	$8.72e^{-08}$
	2	0.19224	0.0007134
	3	0.18406	0.00153

Fuente: Elaboración propia

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 (Cuadro 10).

Para verificar en qué grupos se encuentran las diferencias, se procedió a realizar la prueba pos-hoc Games-Howell. Esta prueba se realizó en dos fases. Primero se evaluó con los 17 SE por separado, y luego se analizaron por su tipo (de aprovisionamiento, regulaciones, culturales y de apoyo). A cada SE se le asignó un número en función del tipo al que perteneciera. De esta forma los servicios de aprovisionamiento fueron categorizados con el número 1, los servicios de regulación con el número 2, los servicios culturales con el número 3 y los servicios de apoyo con el número 4. Esto se hizo con la finalidad de reconocer que tipo de servicios son más valorados por cada grupo de usuarios.

Cuadro 10. Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis

	Servicio 1	Servicio 2	Servicio 3
Kruskal-Wallis	31.834	15.843	24.195
chi-squared			
G.L.	3	3	3
Sig asintótica	5.672e ⁻⁰⁷	0.001221	2.274e ⁻⁰⁵

Fuente: Elaboración propia

En el nivel de prioridad 1 se encontró que el grupo de los productores es el único que presenta diferencias significativas con respecto a los otros grupos. En el nivel de prioridad 2 continúa habiendo diferencias significativas por parte de los productores con respecto a los investigadores y turistas. Sin embargo, ya no se presentan estas diferencias con respecto a los residentes. Finalmente, en el nivel de prioridad 3, son los turistas quienes presenta diferencias significativas con productores y residentes (Cuadro 11). De acuerdo a Schutter *et al* (2021), los SE considerados más importantes por una población varía con los grupos a los que se encuestan. En el estudio realizado en el archipiélago de Seychelles al noreste de Madagascar se describe que los pescadores valoran el servicio ecosistémico de la pesca no solo porque es un medio de sustento e ingreso, sino también porque es una actividad de la que depende una buena parte de la población de las islas. De la misma forma también mencionaron que la conservación de los arrecifes es vital porque eso les permitirá seguir pescando por muchas generaciones más.

Cuadro 11. Resultados de la prueba de Games-Howell por servicios individuales

Y	Grupo 1	Grupo 2	Estimación	Conf low	Conf.high	p. ajustado	p. ajustado significativa
Servicio prioritario 1	Investigador	Productor	-3.466	-5.933	-0.998	0.002	*
	Investigador	Residente	-0.766	-3.355	1.823	0.864	ns
	Investigador	Turista	-1.6	-4.062	0.862	0.324	ns
	Productor	Residente	2.7	0.91	4.488	0.000724	***
	Productor	Turista	1.866	0.277	3.454	0.014	*
	Residente	Turista	-0.834	-2.615	0.947	0.62	ns
Servicio prioritario 2	Investigador	Productor	-3.023	-5.579	-0.467	0.014	*
	Investigador	Residente	-2.177	-4.764	0.41	0.129	ns
	Investigador	Turista	-0.633	-3.195	1.929	0.914	ns
	Productor	Residente	0.845	-0.842	2.533	0.566	ns
	Productor	Turista	2.384	0.743	4.035	0.001	***
	Residente	Turista	1.544	-0.153	3.241	0.089	ns
Servicio prioritario 3	Investigador	Productor	-0.695	-3.41	2.019	9.06e ⁻⁰¹	ns
	Investigador	Residente	0.186	-2.558	2.931	9.98e ⁻⁰¹	ns
	Investigador	Turista	2.608	-0.051	5.268	5.70e ⁻⁰²	ns
	Productor	Residente	0.882	-0.962	2.726	6.03e ⁻⁰¹	ns
	Productor	Turista	3.304	1.598	5.008	6.49e ⁻⁰⁶	****
	Residente	Turista	2.422	0.665	4.179	2.00e ⁻⁰³	**

Fuente: Elaboración propia

En el análisis por tipo de SE, Se observa que los productores tienen diferencias significativas con investigadores y residentes, sin embargo, no es así con los turistas. Como en el caso anterior, se puede notar que los productores son quienes valoran más los servicios de aprovisionamiento (Cuadro 12).

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. Las características socioeconómicas no están estrechamente relacionadas con las preferencias de los usuarios. También se demostró que uno de los servicios más importantes son los relacionados con el almacenamiento del agua y control del cambio climático. Los rurales prefieren los servicios de almacenamiento, los urbanos servicios culturales y de

regulación, mientras que las personas con estudios tienden a dar mayor valor a los servicios de regulación (**Bidegain et al, 2019**).

Cuadro 12. Resultados de la prueba de Games-Howell por servicios agrupados

Y	Grupo 1	Grupo 2	Estimación	Conf low	Conf.high	p. ajustado	p. ajustado significativa
Servicio prioritario 1	Investigador	Productor	-0.613	-1.117	-0.11	0.011	*
	Investigador	Residente	-0.141	-0.676	0.394	0.899	ns
	Investigador	Turista	-0.4	-0.906	0.106	0.169	ns
	Productor	Residente	0.473	0.145	0.8	0.001	***
	Productor	Turista	0.214	-0.061	0.488	0.186	ns
Servicio prioritario 2	Residente	Turista	-0.259	-0.591	0.073	0.184	ns
	Investigador	Productor	-0.623	-1.141	-0.104	0.013	*
	Investigador	Residente	-0.532	-1.054	-0.01	0.044	*
	Investigador	Turista	-0.291	-0.808	0.225	0.448	ns
	Productor	Residente	0.09	-0.220	0.402	0.874	ns
Servicio prioritario 3	Productor	Turista	0.331	0.029	0.633	0.025	*
	Residente	Turista	0.24	-0.067	0.548	0.183	ns
	Investigador	Productor	-0.373	-0.924	0.179	0.29	ns
	Investigador	Residente	-0.100	-0.668	0.468	0.967	ns
	Investigador	Turista	0.408	-0.144	0.961	0.218	ns
	Productor	Residente	0.273	-0.096	0.642	0.226	ns
	Productor	Turista	0.781	0.439	1.124	7.74E ⁻⁰⁸	****
	Residente	Turista	0.508	0.137	0.879	0.003	**

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que estas diferencias se encuentran principalmente en los servicios de aprovisionamiento, los cuales son más valorados por los productores y residentes de Xochimilco. De acuerdo la revisión bibliográfica realizada por Lapointe et al (**2019**), en el 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 mas importantes para la población urbana. También se encontró que muchas de las diferencias se relacionan con características sociodemográficas como educación, sexo y edad, el ingreso, etnia y ocupación. La educación se relacionó positivamente con un mayor conocimiento de servicios ambientales y negativamente relacionado con la importancia de servicios ambientales en áreas rurales. Diferencias en las necesidades, y las experiencias pueden ser

factores explicativos para las diferencias entre poblaciones (**Faccioli et al, 2020**).

3.7. Conclusiones

Los usuarios definieron como los SE más importantes a la producción de alimentos y al almacenamiento y retención de agua en los canales con una amplia diferencia, sin dejar de lado la presencia que tuvieron los servicios culturales. 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. Los productores dieron mucha mayor importancia a la producción de alimentos que los demás grupos debido a que constituye su principal fuente de ingresos, pero también porque la chinampería representa una identidad y referente a sus tradiciones ancestrales, siendo herederos de este ancestral y sustentable modelo de producción.

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 que puede estar relacionado con la pérdida de conocimientos tradicionales como resultado de la integración a la urbanidad de la zona. En la percepción de los habitantes que no residen en Xochimilco los SE de regulación de que brinda la ANP a la ciudad y su valor cultural se encuentran más beneficiosos, 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.

Con el fin de mejorar la eficacia de las políticas y programas efectuados en la ANP para la preservación del sistema lacustre, se debe identificar el grupo de usuarios al que están dirigidos. En el caso de programas dedicados a promover e incentivar servicios de aprovisionamiento se debe considerar una amplia participación de los productores en el diseño de políticas públicas ya que su percepción asigna un mayor valor para los servicios de aprovisionamiento que otros sectores de la población. De esta forma, la planeación y enfoque de las medidas de manejo y participación dará lugar a la restauración y desarrollo sustentable del sistema de producción chinampero.

3.8. Referencias

Aguilar, S. (2005). Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud. Salud en Tabasco, 11(1-2), 333-338

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48711206>

Alatríste, 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/riq.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 Laterra, P., Jobbágy E. G., Paruelo J. M. (eds.), *Valoración de servicios ecosistémicos. Conceptos, herramientas y aplicaciones para el ordenamiento territorial*. (720). Ediciones INTA.
<http://art.agro.uba.ar/valoracion-de-servicios-ecosistemas-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.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33910703>

Bidegain, I, Cerda, C, Catala´n E, Tironi A, López, C. (2019) Social preferences for ecosystem services in a biodiversity hotspot in South America[Preferencias sociales por servicios ecosistémicos en un punto caliente de biodiversidad en Sudamérica]. *Plos one* 14(4): e0215715.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0215715>

Bojórquez, L. (2017). Contaminación Química y Biológica en la zona lacustre de Xochimilco. Serie Académicos No 130. Universidad Autónoma Metropolitana.

Camacho, V. & Ruiz, A., 2012. Marco conceptual y clasificación de los servicios ecosistémicos. *Biociencias* 1 (4), 3-15.

<http://revistabiociencias.uan.mx/index.php/BIOCIENCIAS/article/view/19>

Canto, R. (2018). Movilización de los desfavorecidos: condición del desarrollo humano y sostenible. *Estudios Políticos*, (45) 83-112.

<https://doi.org/10.22201/fcpys.24484903e.2018.45.67130>

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 103onag of Manila, The Philippines [Servicios ecosistémicos de aprovisionamiento a nivel aldea y sus valores para las comunidades locales en áreas periurbanas de Manila, Filipinas]. *Land*, 8(12).

<https://doi.org/10.3390/LAND8120177>

Comisión Nacional del Agua. (2020). Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero zona metropolitana de la Cd. De México (0901), Ciudad de México.

<https://sigagis.conagua.gob.mx/gas1/sections/Edos/cdmx/cdmx.html>

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad & Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal. 2016. La biodiversidad en la Ciudad de México. Volumen 3. CONABIO/SEDEMA.

De Gortari, R. (2012). Xochimilco como alternativa de competitividad para los orgánicos: el caso de Invernaderos Tepexomulco. *Nueva antropología*, 25(77),

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S018506362012000200004&lng=es&tlng=es.

Gaceta Oficial de la Ciudad de México. 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”. (2006).

Faccioli, M., Czajkowski, M., Glenk, K., & Martin, J. (2020). Environmental attitudes and place identity as determinants of preferences for ecosystem services[Actitudes ambientales e identidad del lugar como determinantes de las preferencias por los servicios ecosistémicos]. *Ecological Economics*, 174. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2020.106600>

Flores, C. E. & Flores, K. L. (2021). Pruebas para comprobar la normalidad de datos en procesos productivos: anderson- darling, ryan-joiner, shapiro-wilk y kolmogórov-smirnov. *Societas*, 23 (2), 83-97. <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/341/3412237018/index.html>

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. Universidad Autónoma Metropolitana.

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. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14131514005>

- Hölting, L., Komossa, F., Filyushkina, A., Gastinger, M. M., Verburg, P. H., Beckmann, M., Volk, M., & Cord, A. F. (2020). Including stakeholders' perspectives on ecosystem services in multifunctionality assessments [Incluyendo las perspectivas de las partes interesadas sobre los servicios ecosistémicos en evaluaciones de multifuncionalidad]. *Ecosystems and People*, 16(1) 354-368. <https://doi.org/10.1080/26395916.2020.1833986>
- 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://www.redalyc.org/articulo.oa?id=25805403>.
- 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. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=72142329004>
- 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

Millennium Ecosystem Assessment. (2003). Ecosystems and Human Well-Being: A Framework for Assessment [Ecosistemas y bienestar humano: un marco de evaluación]. Washington, DC: Island Press.

Millennium Ecosystem Assessment, (2005). Ecosystems and human well-being: Synthesis [Ecosistemas y bienestar humano: Síntesis]. Washington, DC: Island Press.

Narchi, E. (2013). Deterioro Ambiental en Xochimilco. Lecciones para el cambio climático global. Veredas (27) pp 177-197.
<https://veredasojs.xoc.uam.mx/index.php/veredas/article/view/321>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
(2014). Ciudades más verdes en América Latina y el Caribe.
<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 (13), p. 159-193.

Pérez, M. Rojas, J., & Galvis. R. (2013). Servicios ecosistémicos: ¿un enfoque promisorio para la conservación o una paso más hacia la mercantilización de la naturaleza? En Pérez, M., Padilla, J. R., Galvis, C. R. (Eds). *Sociedad y*

servicios ecosistémicos: perspectiva desde la minería, los megaproyectos y la educación ambiental (543). Universidad del Valle

Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial de la Ciudad de México. 2009. Estudio sobre la Superficie ocupada en Áreas Naturales protegidas del Distrito Federal. <http://centro.paot.org.mx/index.php/publicaciones-paot/16-estudios-tecnicos/261-superficie-ocupada-en-areas-naturales>

Quispe, A., Calla, K. M., Yangali, J. S., Rodríguez, J. L. & Pumacayo, I. I. (2019). Estadística no paramétrica aplicada a la investigación científica con software SPSS, MINITAB Y EXCEL. Enfoque práctico. Editorial Eidec. <https://www.editorialeidec.com/product/estadistica-no-parametrica-aplicada-a-la-investigacion-cientifica-con-software-spss-minitab-y-excel/>

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 [Paquetes de servicios ecosistémicos para analizar las compensaciones en diversos paisajes].

Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 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 [Un marco para integrar el análisis sistémico de las partes interesadas en la investigación de servicios ecosistémicos: mapeo de los interesados en para servicios ecosistémicos forestales en Reino Unido].

Ecosystem Services, (29) 170-184. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2018.01.001>

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 <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263148193019>

Schutter, M. S., Hicks, C. C., Phelps, J. & Belmont, C. (2021). Disentangling ecosystem services preferences and values. [Desenmarañando preferencias y valores de servicios ecosistémicos]. *World Development* (146). <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2021.105621>

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>

Shingala M. & Rajyaguru, A. (2015). Comparison of post hoc test for unequal variance [Comparación de pruebas post hoc para varianzas desiguales].

International Journal of New Technologies in Science and Engineering, 5 (2), 22-33. <https://www.ijntse.com/upload/1447070311130.pdf>

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 [Compensaciones y sinergias entre servicios ecosistémicos de aprovisionamiento y regulación en un área montañosa en Portugal afectada por cambios en el paisaje]. *Mountain Research and Development* (36), 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>

Sistema de información agropecuaria de consulta. (2020) <https://www.gob.mx/siap/prensa/sistema-de-informacion-agroalimentaria-de-consulta-siacon>

Soto, J. (2015). El crecimiento urbano de las ciudades: enfoques desarrollista, autoritario, neoliberal y sustentable. *Paradigma Económico. Revista de Economía Regional y Sectorial*, 7(1), 127–149. <https://paradigmaeconomico.uaemex.mx/article/view/4840>

The Economics of Ecosystems and Biodiversity. (2010) *The Economics of Ecosystems and Biodiversity in Business and Enterprise* [La economía de los

ecosistemas y biodiversidad en negocios y empresas]. Earthscan: London and New York. <http://teebweb.org/publications/teeb-for/business-and-enterprise/>

Torres L. (2017). La gestión del agua potable en la Ciudad de México. Los retos hídricos de la CDMX: gobernanza y sustentabilidad. Instituto Nacional de Administración Pública. A. C.

Vargas A., Reyes M. (2011) Incentivos económicos para la conservación de áreas naturales: Una revisión de la literatura. Lecturas de Economía (74), 151-170. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3741968>

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 [El 'envejecimiento' de las zonas 'verdes': gobernanza espacial y asentamientos irregulares en Xochimilco, Ciudad de México]. International journal of urban and regional research,. (38), 573-589. DOI: <https://doi.org/10.1111/1468-2427.12019>

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (2008). Capital natural de México (Vol. I) . Autoedición.

Capítulo 4.

Valoración económica del agua de Xochimilco para suministro urbano en alcaldías de la Ciudad de México

Palabras clave: Crisis de agua, gestión de agua, servicio hidrológico, sobreexplotación de acuífero, valoración contingente

4.1. Resumen

La Ciudad de México enfrenta una problemática de escases de agua aguda y deficiencias en el abastecimiento de agua potable para su población. Xochimilco se emplaza como la alcaldía que más aporta con un total del 70% de las extracciones de las fuentes internas de la ciudad. Este estudio tuvo por objetivo, realizar una valoración económica del servicio ecosistémico de almacenamiento y retención de agua en la alcaldía. Por medio del método de valoración contingente se obtuvo la disponibilidad a pagar de los hogares de siete alcaldías que reciben agua de Xochimilco por pagar una compensación económica por la conservación del servicio ecosistémico. Se consideraron 371 encuestas, de las que el 36.36% accedió a pagar. Las personas que no aceptaron mencionaron entre sus motivos la insuficiencia de ingreso, mala calidad del servicio, desconfianza en las autoridades, y el rechazo a promover la sobreexplotación del acuífero. El modelo logístico binomial arrojó que la suficiencia y calidad del agua, así como el ingreso afectan positivamente la disponibilidad a pagar, así como un buen ajuste del modelo. Se obtuvo una disposición a pagar media de 239.77 MXN mensual, que multiplicada por el total de hogares de la población objetivo se obtiene un valor de máximo de 4,827,968,050 MXN anual. La alta valoración del servicio ecosistémico puede ser un indicador de la importancia de la zona patrimonial para los habitantes de la Ciudad de México.

4.2. Introducción

El suministro y gestión del agua son de los mayores problemas que actualmente enfrenta México, principalmente en las grandes ciudades (**Rolland, 2010**). La Ciudad de México (CDMX) se encuentra ante una emergente y grave escasez de agua que se agudizará en próximos años, puesto que la recarga del acuífero está en un déficit de 507.23 hm³/año (**CONAGUA, 2020**), lo cual además de deficiencias en el abastecimiento, ha provocado el deterioro urbano arquitectónico causado por los progresivos hundimientos del nivel del suelo (**Torres, 2019**). Las variaciones anuales en la precipitación, ineficiencia de los sistemas hídricos, extracciones clandestinas, privatización de fuentes de abastecimiento, contaminación y el incremento de la demanda son factores que afectan el suministro para la ciudad (**Escolero, 2016**).

Desde la década de los 50 se ha recurrido a fuentes externas para complementar la creciente demanda de la Ciudad (**Torres, 2017**), sin embargo, no ha sido suficiente para proveer de un servicio adecuado a algunos sectores de la ciudad (**Guerrero, 2009**), generando conflictos por el acaparamiento y gestión inequitativa del agua en las cuencas del río Lerma y Cutzamala (**Torres, 2014; Ibarra, 2019**). Por otra parte, el sistema de drenaje de la CDMX fue diseñado para prevenir inundaciones, por lo que no se separa el agua pluvial de la residual y es enviada fuera del valle sin ningún tipo de tratamiento, en lugar de dirigir aportes para la recarga del acuífero (**Hernández et al., 2021**).

La zona suroccidental de la cuenca de México aporta gran parte del agua que abastece a la ciudad. De los 57 m³/s que se extraen del acuífero, cerca del 70% proviene de la subcuenca Xochimilco-Chalco ((**Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad [CONABIO], 2016**)). Es en esta zona donde se establece la mayor superficie de chinampería, un sistema productivo ancestral que ha sido reconocido como Patrimonio Mundial de la Humanidad Internacional (**Council on monuments and sites [ICOMOS], 1986**) por integrar el control de los recursos locales y constituir un sistema productivo sustentable y resiliente (**González et al., 2014**).

La extracción de agua de Xochimilco comenzó a principios del siglo XX para satisfacer la demanda de uso doméstico de la ciudad (**Bernárdez, 2016**). Desde entonces se ha registrado un importante impacto ambiental por la extracción desmedida de agua subterránea (**Ángeles, 2008; Rojas et al., 2018; Narchi, 2016**). Cerca del 95% del agua de las fuentes internas de la ciudad esta concesionada para abastecimiento público, 5% para la industria y una ínfima cantidad para la agricultura principalmente con agua tratada (**Comisión Nacional del Agua, [CONAGUA], 2019**), **Secretaría de Medio Ambiente y recursos Naturales [SEMARNAT], 2013**).

La valoración económica de los servicios ecosistémicos (SE) busca obtener una medida monetaria del cambio en el bienestar a través de la disponibilidad a pagar (DAP) de los individuos por la mejoría o conservación de un activo ambiental público (**Raffo, 2015**), lo cual permitiría abordar la problemática del agua para resolver problemáticas como la asignación eficiente entre posibles usos, protección de SE hídricos y el equilibrio de las necesidades sociales y ecológicas (**Paredes, 2019**). En México, los estudios de valoración de SE relacionados con el ciclo hidrológico son los más frecuentes (**Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático [INECC], 2020**), y en la CDMX se han obtenido estimaciones de la DAP por mejorar la calidad del agua por parte de Soto (**2007**) y Rodríguez (**2016^a**).

En este contexto, el objetivo de este estudio fue realizar una valoración económica del agua extraída de Xochimilco para abastecimiento público a partir de un ejercicio de valoración contingente para conocer los factores que influyen en la DAP de los usuarios que incluyen alcaldías vecinas a Xochimilco, y así tener una estimación económica del valor del SE de almacenamiento y retención de agua en la alcaldía.

4.3. Materiales y métodos

4.3.1 Zona de estudio

La CDMX es la capital de los Estados Unidos Mexicanos. Tiene una superficie de 1485 km² y una población de 9,018,645 habitantes (**Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 2020**), es la entidad con el mayor estrés hídrico del país (**Nava, 2006**). Forma parte de la Región Higrológica Administrativa XIII y es abastecida principalmente por extracciones del acuífero de la zona metropolitana del Valle de México (58% del total), y de los sistemas hídricos de Chiconautla, Lerma y Cutzamala (42%), con un suministro anual de 31.4 m³/s y una dotación promedio por habitante de 304 litros diarios, pero con un consumo promedio de 180.22 l/hab/día debido a que cerca del 42% del agua extraída se pierde por fugas (**Sistema de Aguas de la Ciudad de México [SACMEX], 2018**).

Al sureste de la ciudad se localiza la alcaldía de Xochimilco, la cual destaca por la presencia de un sistema de humedales y numerosos afloramientos de agua subterránea. Las chinampas son islotes artificiales contruidos a base de estacas, carrizos y materiales orgánicos sobre el sistema lacustre (**Martínez, 2004**) y abarcan una extensión de 2215 ha, de las cuales 1646 ha están en el área natural protegida (ANP) bajo la categoría de Zona sujeta a conservación ecológica “Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco” (**Gaceta oficial de la Ciudad de México [GODF], 2006; González, 2016**). La producción agrícola establecida en las chinampas se encuentra comprometida debido a la

sobreexplotación del acuífero para el suministro de hogares de otras alcaldías de la CDMX.

4.3.2 Determinación del tamaño de muestra

Partiendo de información publicada por Colectivo GeoComunes (2018), se tiene constancia que SACMEX opera 77 pozos en la demarcación territorial, que extraen 32 mil litros por segundo, la cual es conducida por el Acueducto de Xochimilco en dirección al centro de la ciudad, atravesando las alcaldías de Coyoacán, Tlalpan, Benito Juárez, Cuauhtémoc y Miguel Hidalgo. En la intersección con anillo periférico, el acueducto conecta con el acueducto Tulyehualco, cuyo flujo abastece de agua a colonias de Coyoacán, Tlalpan e Iztapalapa. Se consideró como población objetivo a las viviendas de estas siete alcaldías mencionadas (Figura 13). De acuerdo con el Censo de población y vivienda del 2020 (INEGI 2020), el total de viviendas particulares es de 1,677,970. A partir del procedimiento de cálculo de muestras finitas con un nivel de confianza del 95% y un error muestral del 5% (**Aguilar, 2005**), se obtuvo un tamaño de muestra de 385. Basándose en la cantidad de viviendas por alcaldía y su porcentaje con respecto al total se determinaron las proporciones indicadas en el cuadro 13.

Cuadro 13. Número de encuestas por alcaldía

Alcaldía	Número de entrevistados por encuesta
Benito Juárez	44
Coyoacán	48
Cuauhtémoc	50
Iztapalapa	126
Miguel Hidalgo	37
Tlalpan	51
Xochimilco	29
Total	385

4.3.3 Método de Valoración contingente

El método de valoración contingente (MVC) es una técnica de estimación directa, la cual que consiste en generar un mercado hipotético sobre un bien del que no existe un mercado definido, cuyo principal objetivo es estimar la DAP por ese bien a través de encuestas estructuradas. Uno de los formatos más empleados para el MVC es el de referéndum, en el que se le pregunta al

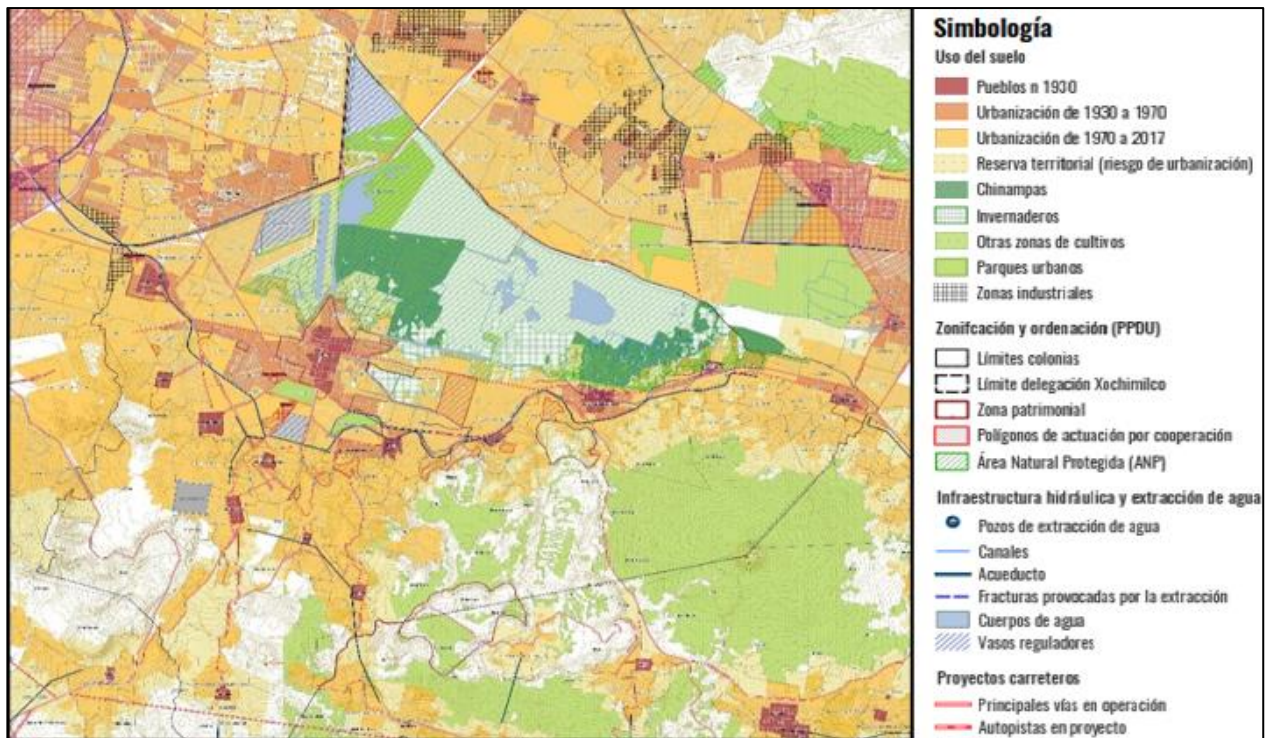


Figura 13. Transporte de agua de Xochimilco hacia el centro de Ciudad de México (Tomado de GeoComunes, 2018)

usuario si está dispuesto a pagar un monto determinado con tal de tener acceso a una cantidad dada de bien en cuestión. Ha sido frecuentemente empleado en américa latina para la estimación del valor que la sociedad asigna a ANPs y SEs (**Garzón, 2013; Riera, 1994.**). Cada individuo busca la maximización de utilidad (U) en función de la cantidad, precio de bienes de mercado (Q) y no

mercadeables (W), el ingreso (Y) así como las características socioeconómicas de los usuarios (S). A partir de esta función se puede construir la función de utilidad indirecta, la cual puede ser estimada y está constituida por un componente determinístico (V) y un elemento estocástico no observable (ε).

$$U(Q, W, Y, S) = V(Q, W, Y, S) + \varepsilon_0$$

Se plantea a los usuarios la posibilidad de pagar un monto por acceder o mejorar un bien o servicio ambiental, siendo que el subíndice i toma el valor de 1 cuando la respuesta es afirmativa y 0 cuando es negativa. Acceder al pago supondría un cambio de utilidad, pasando del estado actual del bien ambiental (W_0) a una mejoría del mismo (W_1). Cuando la respuesta del usuario es afirmativa, se cumplen las condiciones:

$$V(Q, W_1, Y - \text{DAP}, S) + \varepsilon_1 \geq V(Q, W_0, Y, S) + \varepsilon_0$$

$$V(Q, W_1, Y - \text{DAP}, S) - V(Q, W_0, Y, S) + \varepsilon_1 - \varepsilon_0 \geq 0$$

Por lo que la probabilidad de una respuesta positiva estaría definida por:

$$\Pr(S_i) = \Pr[V(Q, W_1, Y - \text{DAP}, S) + \varepsilon_1 \geq V(Q, W_0, Y, S) + \varepsilon_0]$$

donde el cambio de utilidad experimentado por el usuario (ΔV), después de aplicarse el monto adicional propuesto, puede ser estimado por un modelo de regresión logarítmica binomial, o modelo Logit binomial, cuya función de probabilidad puede simplificarse de la siguiente forma:

$$\log\left(\frac{p}{1-p}\right) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_n X_n = \Delta V$$

Con lo que se obtiene la probabilidad de una respuesta afirmativa, dadas las características de un usuario (**Tihomir & Bengt, 2021**).:

$$\Pr(Sí) = \frac{1}{1 + e^{-\Delta V}}$$

El problema de estimación econométrica es resuelto por máxima verosimilitud:

$$L = \prod_{i=1}^n (1 - F(\Delta V))^{1-y_i} (1 - F(\Delta V))^{y_i}$$

Finalmente, suponiendo una forma lineal de utilidad se puede calcular la DAP con el cociente:

$$p^* = DAP = -\alpha/\beta$$

Donde α es el cambio de utilidad y β el cambio de utilidad marginal (**Tudela-Leos, 2017**).

4.3.4 Descripción del instrumento de encuesta

Para este estudio, el bien no mercadeable que se evaluó fue el SE almacenamiento y retención de agua de Xochimilco. Se realizó una encuesta piloto en formato abierto para determinar los montos que se preguntarían a los usuarios, los cuales quedaron definidos como cantidades en múltiplos de 100, desde 100 a 600 MXN. Las encuestas fueron realizadas entre abril y junio del 2022. La primera sección consistió en preguntas para conocer la perspectiva ambiental sobre Xochimilco. Usando la ANP como referencia, se les dio a elegir a los usuarios los 3 SE más importantes bajo su consideración sin ningún orden

específico, así como las 2 principales problemáticas y las 2 posibles mejores soluciones desde su perspectiva. La lista de opciones fue elaborada basándose a los subprogramas del proyecto de recuperación y conservación en la zona lacustre y chinampera de Xochimilco propuestos por Dirección General de la Comisión de Recursos Naturales y Desarrollo Rural (Secretaría del Medio Ambiente [SEDEMA], 2012) y se encuentra descrita en el cuadro 14.

Cuadro 14. Opciones ambientales para los usuarios.

Servicios ambientales	Problemáticas	Soluciones
- Almacenamiento y retención de agua - Producción de hortalizas y maíz - Valor patrimonial, histórico, estético y espiritual - Servicios recreativos y turísticos - Captura de gases de efecto invernadero - Regulación del clima - Hábitat para fauna residente y migratoria - Cultivo de plantas de ornato y flores	- Extracción excesiva de agua - Urbanización en suelo de conservación - Contaminación de agua y suelo - Abandono de la agricultura - Deforestación - Salinización de suelos - Pérdida de biodiversidad - Ausencia de coordinación entre población y autoridades	- Limpieza y desazolve de canales - Correcto tratamiento de aguas negras - Programas de promoción de agricultura orgánica o agroecológica - Control de asentamientos urbanos irregulares - Programas de protección de fauna - Descontaminación del suelo agrícola - Reforestación con especies nativas

Fuente: SEDEMA, 2012

En la segunda sección se preguntó sobre las características del servicio de agua potable en su hogar; la recurrencia del suministro, la presencia de un medidor de agua, la cuota bimestral, la calidad del agua y la satisfacción con el servicio. En la tercera sección, se evaluó la DAP planteando un escenario en el que los encuestados pagarían una compensación económica mensual por el

deterioro medioambiental resultado de la sobreexplotación del acuífero en Xochimilco En la cuarta sección se pregunta por los datos socioeconómicos del encuestado.

4.3.5 Procesamiento de información y análisis estadístico

El análisis se realizó mediante el lenguaje de programación R. Se tomó como variable dependiente la respuesta del usuario de aceptar pagar el monto mensual propuesto por el SE almacenamiento y retención de agua. Esta variable es de tipo binomial, puede tener los valores 1 si la respuesta es positiva y 0 si es negativa. Las variables explicativas fueron la suficiencia de agua, la calidad del agua, el monto propuesto y el ingreso (Cuadro 15). Se procedió a realizar una regresión logística binomial y obtener los estimadores de verosimilitud.

Cuadro 15. Variables explicativas del modelo

Variable	Tipo de variable	Descripción
Calidad	Categórica	Percepción de la calidad del agua del usuario
Suficiencia	Categórica	Percepción de si el usuario recibe suficiente agua en su hogar
Monto	Categórica	Monto sugerido durante la encuesta
Ingreso	Categórica	Ingreso mensual bruto del encuestado

Para determinar la DAP media se empleó el procedimiento paramétrico de Hanemann & Kanninen y el no paramétrico propuesto por Boman (**Boman, 1999; citado por López et al, 2017**).

4.4. Resultados y discusión

Se encuestaron en total a 132 hombres y 253 mujeres, entre los 18 a los 85 años. Debido a 14 encuestados aportaron información dudosa y/o contradictoria se eliminaron del estudio, disminuyendo la población a 371 usuarios. El SE almacenamiento y retención del agua fue mencionado por el 80% de los encuestados. Se señalaron como principales problemáticas la contaminación de agua y suelo, así como la extracción excesiva de agua. Se consideraron como

mejores soluciones serían la limpieza y desazolve de los canales y el tratamiento adecuado de aguas negras (Cuadro 16). El estudio de **Narchi et al** (2016) concuerda con respecto a las problemáticas percibidas por la población local, siendo la pérdida del agua en calidad y cantidad, la contaminación y la urbanización son control en la zona los principales factores de degradación ambiental.

Cuadro 16. Percepción ambiental de la población de CDMX

Servicio ecosistémico	Menciones	Problemática	Menciones	Solución	Menciones
Almacenamiento y retención de agua	305	Contaminación de agua y suelo	225	Limpieza y desazolve de canales	253
Cultivo de plantas de ornato y flores	181	Extracción desmedida de agua	156	Correcto tratamiento de aguas negras	173
Hábitat para fauna residente y migratoria y polinizadores	173	Urbanización en suelo de conservación	137	Control de los asentamientos urbanos irregulares	101
Producción de hortalizas y maíz	143	Ausencia de coordinación entre población y autoridades	86	Programas de protección de fauna	66
Regulación del clima	135	Pérdida de biodiversidad	68	Reforestación con especies nativas	61
Captura de gases de efecto invernadero	78	Deforestación	43	Descontaminación de suelo agrícola	57
Valor Patrimonial, histórico, estético, y espiritual	70	Abandono de la actividad agrícola	39	Programas de promoción de agricultura orgánica o agroecológica	51
Servicios recreativos y turísticos	61	Salinización de los suelos	9		

Fuente. Elaboración propia

De la población muestreada, 76% recibe diariamente agua por la red pública, sin embargo, solo al 62% se les realizan mediciones periódicas del volumen de agua consumido. El 22% tiene un abasto intermitente de dos a tres días a la semana y el 2% no está conectado a la red pública, por lo que se abastece por pipas compradas a particulares o facilitadas por el gobierno. El 64% desconoce

el origen del agua que llega a su hogar, y de las que dijeron conocer su origen, el 85% afirmó ser abastecida por el sistema Cutzamala. Lo anterior puede no ser correcto en muchos casos, por lo que esta afirmación probablemente está influida por la amplia cobertura mediática que ha recibido el sistema en los últimos años. El 53% de las personas considera recibir de buena a excelente calidad de agua, 31% considera que es moderada y 16% de mala a pésima. Por otra parte, el 65% está satisfecho con el servicio de agua potable, mientras que el 35% considera que puede mejorarse. La cobertura del 98% coincide con lo indicado por SACMEX para el servicio de agua potable, y el porcentaje de satisfacción obtenido es semejante a sus estimaciones desde 2010, manteniéndose una cobertura “aceptable” de acuerdo con las previsiones de la institución (**SACMEX, 2012**).

Del total de la muestra, 133 personas (el 36.36% de los encuestados) aceptaron pagar el monto propuesto para el mantenimiento del SE almacenamiento y retención de agua. La curva de demanda generada se muestra en la figura 14, indicando la cantidad de personas dispuestas a pagar dicho monto. **Brzozowicz (2022)** describe que los datos obtenidos por medio de la generación de un mercado hipotético tienden a ser de baja calidad causado por los posibles sesgos de deseabilidad social, disonancia cognitiva y efecto anclaje. Este último se produce cuando el usuario toma como referencia la cantidad sobre el valor del bien (o incluso cualquier otro número no relacionado directamente con la pregunta) de forma persistente, impidiendo que el usuario revele su verdadera DAP (**Farré, 2003**). Para reducir el riesgo de sesgo causado por estos factores, Brzozowicz ha recomendado ofrecer opciones (montos) reducidos a los encuestados, con el fin de evitar sobreestimaciones.

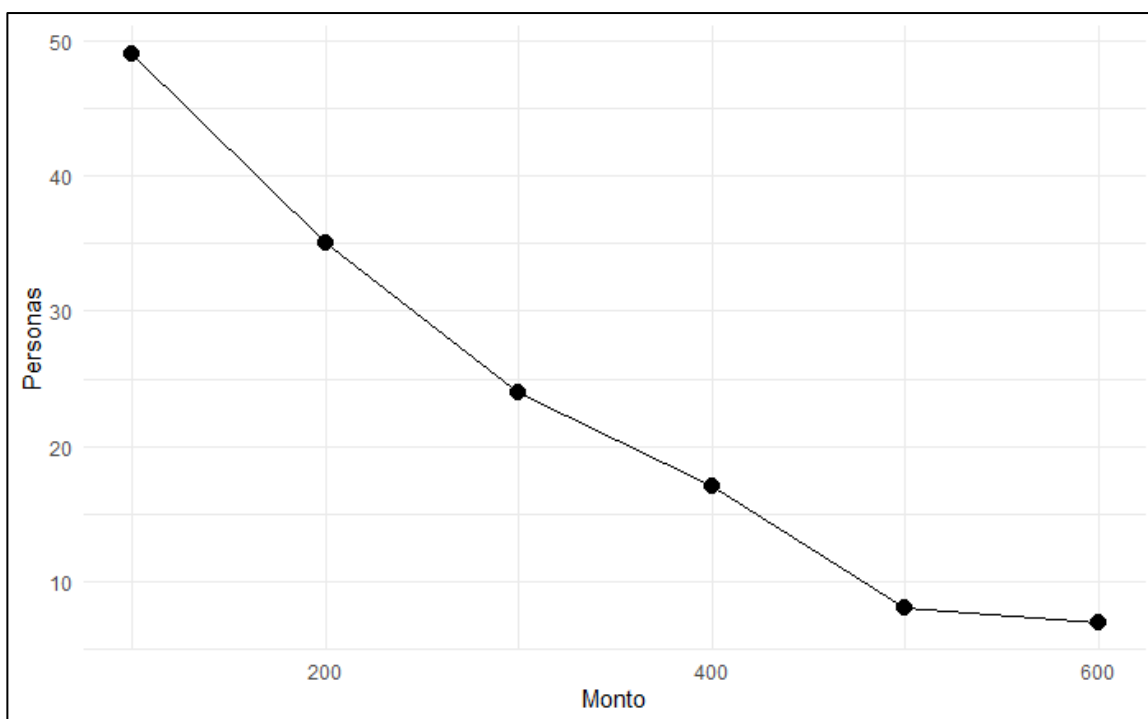


Figura 14. Curva de demanda por el SE Almacenamiento y retención de agua

En total 238 personas (63.64% de la muestra) no aceptaron pagar el monto propuesto. De estas, el 7% consideró que garantizar el acceso a agua es un compromiso del gobierno, 6.6% no pagaría porque no confía en el buen empleo de los recursos recaudados, 5% consideró que no es responsabilidad de los consumidores y 9.1% declaró que no quiere o no puede pagar esta tarifa adicional. Debido en gran parte a las deficiencias en gobernanza, la desarticulación y la falta de capacidad para gestionar el agua como un recurso integral, no se ha cubierto la demanda de la población (**Martínez, 2016**), lo que propicia la aparición de sectores de vulnerabilidad (**Zapana et al, 2021**). La heterogeneidad en la cobertura del servicio de agua potable, donde es patente que las zonas con menor ingreso per cápita generalmente cuentan con deficiencias en la provisión de este, genera una percepción de desconfianza hacía la gestión del recurso (así como en otros servicios públicos), y con ello una menor predisposición a aceptar pagar un aumento en la tarifa, no sin antes haber percibido una mejoría en el servicio (**González et al, 2016**).

Comparación de la media paramétrica y no paramétrica de la DAP por el SE Almacenamiento y retención de agua Ahora bien, el 53% de las personas con respuesta negativa declararon que estarían de acuerdo en pagar este aumento en la tarifa del agua, siempre y cuando el monto a pagar fuera inferior al que se les propuso. Se calculó que en promedio estos aceptarían un incremento de 207.60 MXN. Cahui (2019) encontró que existe una relación directa y positiva entre la capacidad de pago por el servicio de agua potable y alcantarillado (índice calculado en base al ingreso mensual) y la DAP. La regresión logit del modelo econométrico comprobaría esta relación posteriormente.

Cabe mencionar que 17% de la muestra piensa que promover la sobreexplotación del acuífero no es la solución adecuada, por lo que plantearon recurrir a soluciones que optimicen el empleo del agua que se consume en la ciudad, siendo la captación de agua de lluvia una de las alternativas más populares, para los cuales se han desarrollado sistemas domésticos para cumplir esta función (Gispert, 2018) y han sido promovidos en algunas alcaldías por el gobierno de la Ciudad en años recientes. En la figura 15 se muestra la proporción de respuestas negativas de los usuarios



Figura 15. Relación de respuestas negativas entre usuarios

4.4.1 Modelo econométrico

La regresión del modelo Logit demostró significancia en las variables Calidad del agua, Suficiencia del agua, monto propuesto y el ingreso mensual. La calidad, la suficiencia y el ingreso resultaron con signo positivo dentro del modelo, mientras que la variable monto resultó con signo negativo. Tanto el monto como el ingreso tuvieron un nivel de confianza inferior al 5% por su parte la calidad y suficiencia del agua fueron significativas a un 10% de confianza (Cuadro 17), por lo que fueron incluidas en el modelo final.

Cuadro 17. Resultados del modelo logit

Variable	Coeficiente	Error estándar	Estadística z	Pr(> z)	Media
Intercepto	-0.21805573	0.54983278	-.397	0.6917	
Calidad	0.26164654	0.14431510	1.813	0.0698	3.4716981
Suficiencia	0.58298303	0.36075969	1.616	0.1061	0.7843666
Monto	-0.00750785	0.00090341	-8.311	< 2e ⁻¹⁶	351.48248
Ingreso	0.19245986	0.06858499	2.806	0.0050	3.3908356
Logaritmo de verosimilitud	-186.741				
Chi cuadrada	110.7069				
Akaike I.C.	1.03364				
Nagelkerke	0.3539767				
Pseudo r cuadrada	0.22864				
Porcentaje de predicción	74.124%				

Fuente: Elaboración propia

El Criterio de Akaike (AIC) y la pseudo r^2 de Mcfadden (0.22864) indica una buena bondad de ajuste; el valor del chi cuadrado al 5% de significancia con 4 grados de libertad es de 110.7069, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula, con lo que se puede asegurar que por lo menos uno de los coeficientes fue significativamente diferente de 0; el modelo predice correctamente el 77.89% de las observaciones. De esta forma, se determinó que el modelo de probabilidad resultante fue:

$$\text{Pr (Sí)} = 0.1882633 + 0.0076366(\text{MON}) + 0.3276790(\text{CAL}) + 0.7250584(\text{SUF}) + 0.1720334(\text{ING})$$

El coeficiente de la variable ingreso es positivo, por lo que se afirma que mientras mayor sea el ingreso de una persona, más fácilmente aceptará un incremento en su tarifa de agua. Esto es opuesto a lo que determinó **González (2015)** en la ciudad de Guanajuato, donde las personas con menores ingresos demostraron tener una mayor DAP, mientras que en CDMX ocurre que mientras mayor es el ingreso, mayor será la DAP. Es importante mencionar que en los sectores con menos ingresos de la capital se ha implementado un subsidio cruzado en la tarifa del agua, de forma que lo que pagan estos usuarios no refleja el costo de oportunidad del agua, por lo que los precios actuales no inciden directamente en la demanda de agua para uso doméstico (**Ortega, 2021**). La distorsión de la demanda generada puede influir de forma que los sectores donde se aplica el subsidio tiendan a rechazar un aumento en su cuota actual.

El coeficiente de las variables calidad y suficiencia es positivo, de manera que, si el usuario recibe suficiente agua y de mejor calidad, es más probable que este acceda a pagar una tarifa especial por el SE almacenamiento y retención de agua. **Bustos et al** (2018) señala que la percepción de calidad de un servicio público, como el agua potable, está relacionada a los costos y beneficios de su provisión y los riesgos de una disminución en la calidad que comprometa el nivel de vida de los usuarios, a la experiencia general con el servicio. Esta percepción también puede ser sesgada por las necesidades y expectativas particulares de cada usuario, así como ser fuertemente influida por la percepción de corrupción.

4.4.2 Cálculo de la media de la disposición a pagar

Para obtener la DAP media se obtuvo el valor de α mediante la sumatoria de todos los coeficientes de las variables independientes (a excepción del monto)

multiplicados por su media dividido entre el valor del coeficiente del monto propuesto con signo negativo (β). A partir de este cálculo se obtiene una DAP media de 239.77, con un intervalo de confianza estimado entre 234.30 a 245.07. Los resultados de las estimaciones paramétricas y no paramétricas se muestran en el cuadro 18.

$$DAP_{med} = -\frac{\alpha}{\beta} - \frac{1.800174215}{-0.00750785} = 239.77$$

Cuadro 18. Comparación de la media paramétrica y no paramétrica de la DAP por el SE Almacenamiento y retención de agua

Procedimiento	Límite inferior	Media	Límite superior
Paramétrico de Hanemann & Kanninen	234.30	239.77	245.07
No paramétrico de Habb y McConell	216.72643	261.80840	306.8904
No paramétrico de BBK	216.73	232.300205	247.87398

La DAP media representa la variación compensatoria o la disposición a pagar media de los hogares de las siete alcaldías en las que se enfocó el estudio. Considerando la cantidad de hogares que potencialmente se benefician del agua extraída de Xochimilco para uso doméstico, que como se mencionó es de 1,677,970 hogares, entonces la aportación mensual como compensación económica mensual ascendería a un total de 402,330,670 MXN. Por lo que anualmente esto implicaría un valor anual máximo para el SE almacenamiento y retención de agua de 4,827,968,050 MXN a la fecha. No obstante, esta cifra se debe tomar con precaución, debido a que por el momento no fue posible estimar la cantidad exacta de hogares que se benefician de las extracciones de agua de Xochimilco.

La venta de agua por carros tanque es un mercado no regulado. En el oriente del valle de México el costo de extracción por es de 1.25 MXN/m³ y el precio de venta promedio es de 68.63 MXN el metro cúbico, creándose un mercado

altamente rentable cuyo costo de extracción anual por comprador de agua mediante métodos tradicionales es de 138.7 MXN (**Mora et al, 2018**). Desde esta perspectiva, el suministro de agua puede ser fácilmente cubierto con la DAP estimada, siendo de un valor anual de 2677.24.

En estudio de valoración contingente realizado por Avilés *et al* (**2016**) sobre el servicio hidrológico del acuífero de la Ciudad de la Paz, Baja California, se obtuvo una DAP media de 115.38 MXN mensuales para ingresos bajos y de 136.96 MXN mensuales para ingresos altos; Miranda (**2019**) en San Cristóbal de las Casas obtuvo una DAP promedio estimada fue de 70.99 MXN, y en el que se resaltó la falta de confianza en la gestión administrativa, debido a las deficiencias e irregularidades del servicio en la ciudad. En el caso de la comunidad de Huexotla en el Edo. De México se obtuvo una DAP mensual estimada de aproximadamente 40 MXN (**Rodríguez, 2016b**). En la Ciudad de León, **Valdívia et al** (2022) estimó una DAP media de 182 MXN mensuales y una potencial entrada de 1,034,808,940 MXN anual al gobierno municipal para la rehabilitación y mejoramiento del sistema del servicio público de agua potable.

La DAP obtenida en la CDMX es considerablemente mayor que en el caso de León y de otras ciudades de México. Durante el proceso de encuesta muchos usuarios manifestaron su preocupación sobre la disponibilidad de agua en la ciudad en el futuro, lo que refleja la conciencia por parte de los ciudadanos de la problemática que enfrenta la ciudad; por otro lado, el flujo que proviene de Xochimilco circula por algunas de las zonas más acaudaladas de la ciudad, donde sus habitantes pueden permitirse dar esta aportación económica; estos dos factores pueden ser motivo por el que la DAP obtenida sea comparativamente mayor a la registrada en otras ciudades.

En la misma CDMX, Sandoval (**2016**) realizó una valoración enfocada en la alcaldía de Iztapalapa, obteniendo una DAP media de 62.63 MXN, por debajo de la DAP media estimada en este estudio. Hay que destacar que Iztapalapa es la alcaldía con mayores deficiencias y peor percepción de calidad del servicio

de agua potable. Como se mencionó anteriormente, la calidad y suficiencia de agua afectan negativamente la DAP de los usuarios, por lo que este valor tan bajo puede ser explicado por las condiciones de calidad del servicio público de agua potable. La vulnerabilidad socioambiental para ciertos núcleos de población debe ser considerada en la política nacional del agua y debe coordinarse el accionar de los diferentes organismos e instituciones federales y municipales. A su vez, esta política debe partir del funcionamiento ecosistémico e interdependiente de los elementos naturales (**Domínguez, 2006**).

Por otra parte, Higuera (**2018**) realizó una valoración del lago de Xochimilco para uso recreativos, encontrando alta aceptación a pagar a cambio de una mejora ambiental, la cual es afectada negativamente por la degradación ambiental. Obtuvo un valor anual de 15, 703, 820 MXN para el lago, que agregando los beneficios por actividad recreativa se llega a la cifra de 38,178,149 MXN. Este valor resulto inferior debido a que la cantidad de personas que dependen del agua para uso doméstico es mucho más grande, por lo que no es extraño que la DAP del agua para uso doméstico resulte mayor. También es una demostración del carácter multifacético del valor del agua, el cual varía en función del uso al que se le destine (**Hanemann, 2006**).

4.5. Conclusiones

Xochimilco aporta desde hace décadas un considerable porcentaje de las extracciones del acuífero, por lo que la población de la CDMX considera como una prioridad la conservación del servicio hidrológico en la alcaldía de Xochimilco por su importante contribución al abastecimiento de agua potable. A pesar de que la cobertura del servicio es cercana al 100% el servicio mantiene deficiencias que no permiten que todos los sectores de población reciban suficiente agua en calidad y cantidad. Las diferencias en la distribución en algunas zonas afectan a la disposición de los usuarios a aceptar un aumento en su cuota de agua.

Solo 37% de la muestra accedió a pagar el monto propuesto, revelando una baja aceptación de la población por un incremento a su cuota actual. Entre los motivos se alude a la mala calidad del servicio de agua potable, desconfianza generalizada a la gestión administrativa de las autoridades, la distorsión de la demanda generada por los subsidios y la opinión de que promover la sobreexplotación del acuífero no es una solución. Algunas de los usuarios accederían a pagar un monto inferior al que se les sugirió, indicando el efecto que puede tener la percepción del SE y el ingreso sobre la DAP individual.

El modelo logístico binomial encontró que las variables que afectan a la DAP son la calidad y suficiencia del agua, el ingreso y el monto a pagar. La DAP media por hogar se estimó entre los 234.3 a los 245.07 MXN, con una media de 239.77 MXN mensual y se obtuvo un valor potencial máximo para el SE almacenamiento y retención de agua en Xochimilco de 4,827,986,050 MXN anual, cifra que representa una aproximación debido al sesgo de anclaje y a la dificultad práctica de determinar el número exacto de hogares que recibe agua de los pozos de Xochimilco. La DAP como indicador del valor económico revela que es superior a los costos de extracción con métodos tradicionales.

La valoración del SE resultó comparativamente mayor al de otras ciudades donde se han realizado estudios semejantes debido al mayor número de habitantes, mayor ingreso per cápita y conciencia de la población por una posible escasez de agua en la ciudad en un futuro cercano. En este caso también se externalizó la importancia que los habitantes de la CDMX le dan al sitio patrimonial, y la implicación de la sobreexplotación del acuífero, lo que pudo haber influido en la determinación individual de la DAP. Finalmente se destaca que la valoración de un bien ambiental como el agua puede arrojar resultados diferentes dependiendo de sus usuarios y a su uso.

4.6. Referencias

Aguilar, S. (2005). Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud. Salud en Tabasco, 11(1-2), 333-338
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48711206>

Ángeles, G., Perevochtchikova, M., Carrillo, J. J. (2008). Posibles controles hidrogeológicos de impacto ambiental por la extracción de agua subterránea en Xochimilco, México. *Journal of Latin American Geography* 7 (1), 39-56.

Avilés, G., Huato, L., Troyo, E., Murillo, B., García, J. L. , & Beltrán, L. F. (2010). Valoración económica del servicio hidrológico del acuífero de La Paz, B.C.S.: Una valoración contingente del uso de agua municipal. *Frontera norte*, 22(43), 103-128. Recuperado en 30 de julio de 2022, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73722010000100005&lng=es&tlng=es

Bernárdez, M. del C. (2016). La huella del agua siglo XX. El acueducto de Xochimilco y el sistema Lerma. [Tesis doctoral, Universidad Autónoma Metropolitana]. Repositorio Institucional Zaloamati. <http://hdl.handle.net/11191/5926>

Brzozowicz, M., & Krawczyk, M. (2022). Anchors on prices of consumer goods only hold when decisions are hypothetical. *PLoS ONE*, 17(1 January). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0262130>

Bustos, J. M., Juárez, M., Sandoval, F. R., Quintero, M. L., & García, C. (2018). Percepciones sobre la calidad y las tarifas del servicio de agua potable de los usuarios de Ciudad de México. *Revista Educación y Desarrollo Social*, 11(2), 20–31. <https://doi.org/10.18359/reds.3236>

Cahui, E., Tudela, J. W., & Huamaní, A. (2019). Determinantes socioeconómicos en la estimación de la disponibilidad a pagar del proyecto de agua potable y saneamiento en el centro poblado de Paxa, distrito de Tiquillaca - Puno 2017. *Comuni@ccion: Revista de Investigación en Comunicación y Desarrollo*, 10(1), 81-91. <https://dx.doi.org/https://doi.org/10.33595/2226-1478.10.1.332>

Comisión Nacional del Agua. (2019). Estadísticas del Agua en México 2019.

Comisión Nacional del Agua. (2020). Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero zona metropolitana de la Cd. de México (0901), Ciudad de México. Subdirección General Técnica. Gerencia de Aguas Subterráneas.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) & Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal (SEDEMA). (2016). La biodiversidad en la Ciudad de México (1a ed., Vol 3). CONABIO/SEDEMA

Domínguez, J. (2006). La gobernanza del agua y el reto de la adaptación en zonas urbanas: el caso de la ciudad de México. *Anuario de espacios urbanos, historia, cultura y diseño* (13), 273-297.

- Escolero, O., Kralisch, S., Martínez, S. E., & Perevochtchikova, M. (2016). Diagnóstico y análisis de los factores que influyen en la vulnerabilidad de las fuentes de abastecimiento de agua potable a la Ciudad de México, México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 68(3), 409-427. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-33222016000300409&lng=es&tlng=es.
- Farré, M. (2003). El valor de uso recreativo de los espacios naturales protegidos. Una aplicación de los métodos de valoración contingente y del coste del viaje. *Estudios de Economía Aplicada*, 21(2), 297-320. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30121207>
- Gaceta Oficial de la Ciudad de México. 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". (2006).
- Garzón, P. (2013). Revisión del método de valoración contingente: experiencias de la aplicación en áreas protegidas de América Latina y el Caribe. *Espacio y desarrollo* (25), 65-78 <https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/espacioydesarrollo/article/view/10623>
- GeoComunes (2018). Urbanización y Extracción de agua en Xochimilco. http://geocomunes.org/Indices/Indice_Posters.html
- Gispert, M. Í., Hern, A., & Climent, E. L. (2018). Captación de agua de lluvia como una opción de agua potable en la Ciudad de México. *Sustainability*, 10(3890). <https://doi.org/10.3390/su10113890> www.mdpi.com/journal/sustainability
- 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. Universidad Autónoma Metropolitana.
- 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. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14131514005>
- González, F., Aguirre, R., & Lartigue, C. (2016). Percepciones, actitudes y conductas respecto al servicio de agua potable en la Ciudad de México. *Tecnología y Ciencias Del Agua*, 7(6), 41–56.
- González, R., Leal, F. de J. S., Díaz, M. (2016). La disponibilidad a pagar de las familias por mejorar el servicio de agua potable en la ciudad de Aguascalientes. *Gestión y Ambiente* 19 (1), 63-77. .
- Guerrero, T., Rives, C., Rodríguez, A., Saldívar, Y., Cervantes, V. (2009). El agua en la ciudad de México. *Ciencias* (94), 16-23.

Hanemann, W. M. (2006) The economic conception of water en Rogers, P. (ed), Water crisis: myth or reality? (pp 91-62). Taylor & Francis plc.

Hernández-Espinosa, A. K., Otazo-Sánchez, E. M., Román-Gutiérrez, A. D., & Romo-Gómez, C. (2021). El Sistema de drenaje de la Ciudad de México. *Padi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías Del ICBI*, 9(17), 24–30.
<https://doi.org/10.29057/icbi.v9i17.7146>

Higuera, J. L. (2018). Valoración económica del Lago de Xochimilco. *Universciencia* 16 (47), 1-10.

Ibarra M. V. (2019). Cutzamala: apropiación del agua y movimiento social. *Tlalli. Revista de Investigación en Geografía* (1), 47-63.
<https://doi.org/10.22201/ffyl.26832275e.2019.1.383>

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. (2020). Revisión y análisis de documentos sobre valoración económica de los servicios ecosistémicos de México de 1990 a 2019.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2020) Censo de población y vivienda 2020. <https://censo2020.mx/>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2020). Censo de población y vivienda 2020
<https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/tableros/panorama/>

Internacional Council on monuments and sites [ICOMOS] relativo a la nominación 412 para incorporar al centro histórico de la Ciudad de México y Xochimilco a la Lista de Patrimonio Mundial. 2 de diciembre de 1986.

López, M. A., Meza, C. A., & Valdivia, R. (2017). Analysis of methods to estimate the mean and variance of the willingness to pay: parametric and non-parametric case. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 23(2), 231-242. doi: <http://dx.doi.org/10.5154/r.rchscfa.2016.06.041>

Martínez, J.L. 2004. Manual de construcción de Chinampas. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. <http://repositorio.imta.mx/handle/20.500.12013/1167>

Martínez, M. C. (2016). Gestión del agua en la ciudad de México: Territorios, instituciones y actores, 2000-2010. *Agua y Territorio*, (7), 50–60.
<https://doi.org/10.17561/at.v0i7.2962>

Miranda, G. (2019). Costos defensivos y disponibilidad a pagar de los hogares para mejorar el servicio de agua público en la ciudad de San Cristóbal de las Casas, México. [Tesis de maestría, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza]. Repositorio de Conocimiento Institucional.

Mora, E., Mora, J. S., García, R. C., García, J. A., Palerm, J., & Sangerman, D. M. (2018). Comercialización de agua por pipas en el oriente del Valle de

México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 9 (3), 701-707.
<https://doi.org/10.29312/remexca.v9i3.1227>

Narchi, E., & Canabal, B. (2016). Percepciones de la degradación ambiental entre vecinos y chinamperos del Lago de Xochimilco, México. *Sociedad y ambiente*, (12), 5-29.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-65762016000300005&lng=es&tlng=.

Narchi, E., & Canabal, B. (2016). Percepciones de la degradación ambiental entre vecinos y chinamperos del Lago de Xochimilco, México. *Sociedad y ambiente*, (12), 5-29.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-65762016000300005&lng=es&tlng=.

Nava, L. F. (2006). Cuando le gestión del agua se vuelve problemática: el caso de México. *La Chronique des Amériques* 38.

Ochoa, L. H., & Ruiz, J. A. (2017). Experiencias en la evaluación de fugas de agua potable de sectores hidrométricos de la ciudad de México. *Ibero-American Seminar on Water and Drainage Networks*
<http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3112983>

Ortega, K. (2021). Análisis de la tarifa de agua en México: el caso de la Ciudad de México. *El Semestre de las Especializaciones* 2 (2), 81-124.

Paredes, O. J. (2019). Pago por servicios ecosistémicos de los recursos hídricos y su valoración económica. *Manglar* 16(1): 71-79.
<http://dx.doi.org/10.17268/manglar.2019.010>

Raffo, E., & Mayta, R. (2015). Valoración económica ambiental: el problema del costo social. *Industrial Data*, 18(2), 61.
<https://doi.org/10.15381/idata.v18i2.12109>

Riera, P. (1994). Manual de valoración contingente. Ministerio de Hacienda. Centro de Publicaciones. España.

Rodríguez, L., & Revollo, D. A. (2016a). Disponibilidad a pagar de los hogares por mejoras en la calidad del agua suministrada en la ciudad de México. *Revista de Economía, Facultad de Economía, Universidad Autónoma de Yucatán*, 33(87), 9. <https://doi.org/10.33937/reveco.2016.64>

Rodríguez, M. (2016b). Valoración económica del agua en San Luis Huexotla, Texcoco Estado de México. [Tesis de maestría, Universidad Autónoma Chapingo]. Repositorio Chapingo.

Rojas, A., Zizumbo. L., Hernández, O., & Arriaga, E. (2018). Convivencialidad con el agua y metrópolis. Una relación antagónica. Bajo el Volcán 18 (28), 61-79.

Rolland, L., & Vega, Y. (2010). La gestión del agua en México. Polis, 6(2), 155-188. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-23332010000200006&lng=es&tlng=es

Sistema de aguas de la Ciudad de México. Programa de Gestión integral de los recursos hídricos, visión 20 años. Gobierno del Distrito Federal.

Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México. (2012). Xochimilco. Gobierno de la Ciudad de México. <https://martha.org.mx/una-politica-con-causa/libros-blancos-2006-2012/>

Secretaría de Medio Ambiente y de Recursos Naturales. Estadísticas del agua de la Región Hidrológico Administrativa XIII, Aguas del Valle de México. México, D.F.: secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2013.

Sistema de agua de la Ciudad de México. (2018). Diagnóstico, logros y desafíos SACMEX 2018.

Soto, G. (2007). Agua: Tarifas, escasez y sustentabilidad en las megaciudades. ¿Cuánto están dispuestos a pagar los habitantes de la ciudad de México? Sistema de Aguas de la Ciudad de México.

Tihomir, A. & Bengt M. (2021) Expanding the Bayesian structural equation, multilevel and mixture models to logit, negative-binomial, and nominal variables, Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal, 28:4, 622-637, DOI:10.1080/10705511.2021.1878896

Torres L. (2014). Sistema Lerma: una visión política en la gestión pública del agua. Instituto de Administración Pública del Estado de México. <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-02055419>

Torres, C. A. (2019). Deterioro estructural del patrimonio arquitectónico por efectos inducidos debido a la extracción del manto freático. Pádi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías Del ICBI, 6(12). <https://doi.org/10.29057/icbi.v6i12.3581>

Torres, L. (2017). La gestión del agua potable en la Ciudad de México. Los Retos hídricos de la CDMX: gobernanza y sustentabilidad. Instituto Nacional de la Administración Pública.

Tudela, J. W., Leos, J. A. (2017). Herramientas metodológicas para aplicaciones del método de valoración contingente. Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial.

Valdivia, A., Delgadillo, M. A., Sangerman, D. M, Hernández, J., Saldoval, F., Garay, A. S. (2022). Valoración económica de la calidad del agua potable en León, Guanajuato. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 13 (3), 527-338. doi.org/10.29312/remexca.v13i3.3168.

Zapana, L., March, H., & Sauri, D. (2021). Las desigualdades en el acceso al agua en ciudades latinoamericanas de rápido crecimiento: El caso de Arequipa, Perú. *Revista de Geografía Norte Grande*, (80), 369–389. <https://doi.org/10.4067/s0718-34022021000300369>

Capítulo 5. Conclusiones Generales

La existencia de ecosistemas funcionales en el suelo de conservación de la CDMX representa un beneficio directo para sus habitantes, dada la variedad de SE que proveen. La alcaldía de Xochimilco alberga un sistema lacustre de importancia histórica, cultural y biológica, donde se emplazaron las chinampas, y el cual se ha visto deteriorado debido a la contaminación de agua y suelo, el asentamiento no controlado de núcleos de población y la extracción de agua subterránea para su distribución por la red primaria de agua potable para su consumo en la Ciudad de México, entre otros factores.

En el estudio de jerarquización reveló que los 4 grupos de población dieron mayor relevancia a los SE de aprovisionamiento, considerando a los SE almacenamiento y retención de agua y la producción de alimentos como los más importantes, lo cual responde a la gran demanda de alimentos de la ciudad, a la generación de empleo agrícola en las chinampas y a la problemática de escasez de agua que enfrenta la región. La producción de recursos forestales, recursos genéticos y plantas medicinales fueron los menos representados, lo cual es un indicador de la poca relevancia que se les ha dado, y en consecuencia la pérdida de variedades vegetales regionales y de conocimientos etnobotánicos.

El SE de almacenamiento y retención de agua se destacó como el más importante para los usuarios de CDMX. Las variables que aumentan la DAP por el mantenimiento de dicho SE son la calidad y suficiencia del agua que reciben los usuarios, así como su ingreso. El 63.64% de la población muestreada declaró no estar de acuerdo con pagar un importe por el mantenimiento del SE. Los motivos aludidos fueron la mala calidad del servicio de agua potable, insuficiente ingreso, desconfianza a la transparencia de la gestión administrativa del recurso y el deslinde de la responsabilidad. Cabe señalar como una razón más a la distorsión de la demanda generada por el subsidio cruzado que se aplica a la tarifa de agua potable en algunas zonas. De la misma forma un porcentaje importante expresó su negativa a pagar una cuota, ya que se aludió

que justificaría la sobreexplotación de recursos hídricos en Xochimilco, lo que perjudicaría gravemente el ecosistema y no contribuiría a resolver los problemas de disponibilidad de agua en la CDMX.

La DAP se calculó en un rango entre los 234.3 a los 245.07 MXN, siendo el valor medio de 239.77 MXN mensual. El valor anual del SE almacenamiento y retención de agua de Xochimilco, con base a la cantidad de potenciales beneficiarios actuales, se estimó en 4,827,986,050 MXN anuales. Debido a la dificultad de determinar el número preciso de beneficiarios, la cantidad de agua consumida por hogar y la posibilidad de sesgos durante la captura de datos, la estimación debe ser considerada como una referencia del valor potencial del SE, más que como un valor absoluto.

Anexos

Anexo 1. Cuestionario de encuesta servicios ecosistémicos



Proyecto Valoración económica de Servicios ecosistémicos en la zona sujeta a conservación ecológica “Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco”



Universidad Autónoma Chapingo

División de Ciencias Económico Administrativas

Encuesta 1: Identificación y selección de servicios ecosistémicos

Número de encuesta: _____

Encuestador: _____

Visión general:

Los servicios ecosistémicos son todos los beneficios que obtenemos de los ecosistemas, como la provisión de agua dulce, los alimentos, la regulación del clima, entre mucho otros. El servicio ecosistémico es un concepto clave para nuestra comprensión del papel que cumplen los ecosistemas en nuestra vida diaria y surge para resolver cuestionamientos acerca de los impactos en la capacidad y producción para ser consumidas por poblaciones humanas, así como y manifestar la relación entre el estado de conservación de los ecosistemas y su relación con el bienestar humano. Se consideran 4 tipos específicos: **soporte, provisión, regulación y culturales**. Los servicios cumplen funciones vitales para el bienestar de las comunidades humanas a nivel local y regional, ya que los procesos que se efectúan en los ecosistemas contribuyen a la estabilidad ambiental, así como a las condiciones adecuadas para permitir y desarrollar actividades culturales y económicas.

El cuestionario presente es parte de una investigación cuyo objetivo es evaluar el valor económico de los servicios ecosistémicos prioritarios con el fin de que esta información contribuya en la toma de decisiones de áreas estratégicas

para la conservación de la chinampera en la reserva ecológica “Ejidos de Xochimilco y San Greogorio Atlapulco”. Mediante el siguiente cuestionario se definirán cuáles son los principales servicios presentes, cuáles son los que se consideran más importantes por parte de la población entrevistada y posteriormente seleccionar los servicios que serán sujetos a valoración.

Instrucciones

1. En la página siguiente se muestra un cuadro con los posibles servicios ecosistémicos en la reserva. Coloque los datos de identificación que se solicitan en el inicio de la pagina.
2. A continuación, en la columna **Confirmación de existencia** indique con una X si usted identifica el servicio descrito en la fila correspondiente.
3. E la columna **Prioridad**, de todos los servicios elija los 5 servicios que desde su punto de vista son los más importantes, ordenados del 1 al 5, de acuerdo a la prioridad que usted le asigne.

Nombre: _____

Ocupación: _____ Edad: _____ Sexo: _____

Servicios Ecosistémicos		Descripción	Confirmación de presencia	Prioridad
Servicios de Aprovechamiento	 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 materias primas y combustibles	Incluye la producción de madera, leña, turba, fibras, forraje, conglomerados, biocombustibles u objetos culturales		
	 Producción de recursos bioquímicos	Especies con propiedades medicinales, y otros productos de importancia farmacéutica		
	 Materiales genéticos	Variedades únicas y especies locales con resistencia a fitopatógenos,		
Servicios de regulación	 Regulación del clima	Regulación de la calidad del aire, adsorción de partículas de polvo, temperatura y precipitaciones.		
	 Secuestro y almacenamiento 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 extremos	Control de inundaciones y protección contra tormentas.		
	 Control de erosión	Retención de suelos, y prevención del cambio estructural.		

		Regulación biológica	Hábitat para polinizadores, incluidos insectos, aves y murciélagos; control de plagas		
Servicios culturales		Actividades recreativas	Mantenimiento de salud física y mental, oportunidades para el turismo y actividades recreativas.		
		Valor espiritual	Sentimiento espiritual de pertenencia, conocimiento tradicional y costumbres.		
		Valor Educativo	Oportunidades para la educación y capacitación formal e informal		
		Valor histórico	Escenario de hechos históricos y culturas ancestrales		
		Valor estético	Apreciación de características naturales		
		Patrimonio e identidad culturales	Sentido de ubicación y pertenencia		
Servicios de apoyo		Hábitat y lugar de cría	Hábitat para especies residentes y migratorias		
		Ciclado de nutrientes	Almacenamiento, reciclado, procesamiento y adquisición de nutrientes.		
		Productividad primaria	Producción de oxígenos por plantas y fitoplancton		

Si tiene alguna pregunta o requiere solicitar información se puede comunicar al tel 55 1791 7349 o al correo electrónico eversbv@gmail.com

Agradecemos mucho su participación.

Anexo 2. Encuesta Disposición a pagar por el agua para uso doméstico



Proyecto Valoración económica de Servicios ecosistémicos en la zona sujeta a conservación ecológica “Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco”



Universidad Autónoma Chapingo
División de Ciencias Económico Administrativas

Encuesta 2: Disposición a pagar por el agua para uso doméstico

Visión general

El agua es un recurso fundamental para la supervivencia de la vida en el planeta. En nuestra vida diaria cumple muchísimas funciones, por lo que es imposible tener una calidad de vida apropiada sin suficiente agua. Sin embargo, el agua es un recurso cada vez mas escaso en la Ciudad de México. La mayoría del agua consumida en la ciudad se extrae del acuífero del área metropolitana de la ciudad de México, de cuyas extracciones se abastece al 69% de los habitantes de la ciudad. Parte de estas extracciones provienen de los pozos que se encuentran en la alcaldía de Xochimilco.

Xochimilco es bien conocido por sus atractivos turísticos, la chinampa y fauna emblemática. El agua subterránea de la alcaldía es fundamental para la subsistencia de la agricultura y las personas que dependen de ella, así como para mantener la funcionalidad del ecosistema local, del cual dependen organismos como el conocido ajolote de Xochimilco.

Esta investigación tiene por objetivo asignar un valor económico a través de un cuestionario sobre consumo y características socioeconómicas de los consumidores de agua en la Ciudad de México.

La chinampería



Especies en peligro de extinción



Acocil (*Cambarellus montezumae*)



Charal de Xochimilco
(*Chirostoma humboldtianum*)



Rana de Tlaloc (*Lithobates tlaloci*)



Ninfa Mexicana (*Nymphaea mexicana*)



Axolote de Xochimilco
(*Ambystoma mexicanum*)

Problemática actual

- Extracción desmedida de agua
- Urbanización en suelo de conservación
- Contaminación de agua y suelo
- Abandono de la actividad agrícola
- Deforestación
- Salinización de los suelos
- Pérdida de biodiversidad
- Eutrofización de los cuerpos de agua
- Ausencia de coordinación entre población y autoridades.



Encuesta

Sección A: Percepción ambiental

A continuación, se presenta una lista de servicios ambientales. Mencione los 3 que consideran que influyen de forma mas importante en su vida diaria.

- Almacenamiento y retención de agua
- Producción de alimentos
- Valor Patrimonial, histórico, estético, y espiritual
- Servicios recreativos y turísticos
- Captura de gases de efecto invernadero
- Regulación del clima
- Hábitat para fauna residente y migratoria y polinizadores
- Cultivo de flores

Cuales considera los principales problemas para el lago de Xochimilco (Seleccione 2)

- Extracción desmedida de agua
- Urbanización en suelo de conservación
- Contaminación de agua y suelo
- Abandono de la actividad agrícola
- Deforestación
- Salinización de los suelos
- Pérdida de biodiversidad
- Ausencia de coordinación entre población y autoridades.

¿Qué acciones considera que son las acciones más adecuadas para la conservación de la reserva ecológica de Xochimilco? (Seleccione 2)

- Limpieza de canales
- Correcta depuración del agua tratada
- Programas de promoción de agricultura orgánica o agroecológica
- Desalojo de viviendas irregulares.
- Programas de protección de fauna
- Descontaminación de suelo agrícola

Sección B Percepción sobre el servicio de agua potable

De que manera recibe el agua

- De la red pública
- Por tandeo
- Por pipa

Si es por red pública

¿Hay un medidor de agua en la propiedad?

- Si
- No

Si es por tandeo

¿Cuántos días de la semana recibe agua?

- 1
- 2
- 3 o mas

Si es por pipa

¿Cuál es el volumen que solicita?

- Hasta 2000 L
- Hasta 4000 L
- Hasta 6000 L
- Hasta 8000 L
- Hasta 10,000 L
- Mas de 10,000 L (Especifique)

¿Cuánto tiempo le dura a usted ese suministro?

- Una semana
- Menos de una semana (especifique)
- Mas de una semana (especifique)

¿A cuánto asciende su pago bimestral por el uso del agua?

- ☐ Entre 0 a \$50
- ☐ \$50 a \$100
- ☐ \$100 a \$200
- ☐ \$200 a \$300
- ☐ \$300 a \$400
- ☐ \$400 a \$500
- ☐ Mas de \$500 especifique:

Cual es el volumen estimado de agua que consume en su hogar

- Hasta 1 tinaco de 1,100 L
- Hasta 2 tinacos de 1,100 L
- Hasta 3 tinacos de 1,100 L
- Hasta 4 Tinacos de 1,100 L
- Hasta 5 Tinacos de 1,1000 L
- Mas de 5 Tinacos de 1,100 L

¿Conoce usted el origen del agua que recibe en su casa?

- Si (defina)
- No

¿Qué tipo de almacenamiento de agua tiene en su hogar?

- Tinaco
- Cisterna
- Tambos
- Ninguno

¿Como describiría la calidad del agua que recibe?

- Excelente
- Buena
- Moderada
- Mala
- Pésima

¿Qué tan satisfecho esta con el servicio de agua potable?

- Excelente
- Buena
- Moderada
- Mala
- Pésima

¿Considera usted suficiente la cantidad de agua que recibe?

- Sí
- No

Si hay necesidad de conseguir mas agua, ¿de que manera la obtiene?

- Se solicita a la alcaldía
- Se compra pipa
- Se recurre a la almacenada
- Se pide prestada

¿Usted considera que se puede mejorar el servicio en cuanto a cantidad y calidad?

- Sí
- No

De que tipo de agua usa para consumo

- De purificadoras
- De garrafrones de marca
- De la llave

Cuantos litros de agua en promedio se consumen en su hogar por semana

- Menos de 30 Litros
- Hasta 30 Litros
- Hasta 40 Litros
- Hasta 50 Litros
- Mas de 50 Litros

A cuantos asciende su gasto en agua para consumo

- Menos de 300
- Hasta 400
- Hasta 500
- Hasta 600

Parte C Disponibilidad a aceptar

Como se le describió anteriormente, un volumen importante del abastecimiento de agua proviene de los pozos de extracción que se encuentran en la alcaldía de Xochimilco, de los que se extrae agua subterránea. Esto ha comprometido la disponibilidad de agua en la zona para la actividad agrícola y para la preservación del sistema lacustre, del que dependen especies como el Ajolote.

En un escenario hipotético, para atender la problemática regional del agua se desea poner en marcha un proyecto que mejore la capacidad de almacenamiento y retención de agua en suelo de conservación de la alcaldía, con el fin de que los habitantes continúen beneficiándose de los servicios ambientales que provee el sistema lacustre.

Llevar a cabo este proyecto implicaría añadir un monto a la cuota que recibe de agua (ya sea mensual o bimestral). Este cargo adicional sería para todos los usuarios de la Ciudad de México. Usted tiene la posibilidad de aceptar este incremento en su tarifa actual o de no aceptarlo.

Dado el escenario anterior ¿Usted estaría de acuerdo en aportar para tal proyecto?

- Sí
- No

Si su respuesta fue no, mencione los motivos de su respuesta

- No quiero/no puedo pagar más por el agua
- Creo que no es responsabilidad del usuario asumir los costos.
- Creo que las inversiones actuales son suficientes para el manejo del agua.
- No estoy seguro de que el dinero sea usado para mejorar el servicio de agua potable
- Pienso que el agua ya está suficiente bien

Otras razones: _____

Si su respuesta fue afirmativa ¿Cuál sería el monto máximo que estaría dispuest@ a aportar añadido a su tarifa actual de uso de agua para el financiamiento de este proyecto?

Sección 4. Datos socioeconómicos

Sexo

- Mujer
- Hombre

Edad _____

Tipo de vivienda

- Propia
- Rentada
- Departamento

Cuántas personas en los siguientes rangos de edades

- 60 años o mas
- 30 a 60 años
- 18 a 30 años
- 6 a 18 años
- Menos de 6 años

De estas cuantas personas perciben un ingreso: _____

¿Cuál es su máximo grado de estudios?

- Primaria
- Secundaria
- Media superior
- Superior
- Posgrado

De las siguientes opciones, cual se acerca mas el nivel de ingreso que percibe su familia en total

- Menos de un salario mínimo
- Entre 3000 a 5000 mensuales
- Entre 5000 a 10000 mensuales

Si tiene alguna pregunta o requiere solicitar información adicional se puede comunicar al tel 55 1791 7349 o al correo electrónico eversbv@gmail.com

Agradecemos mucho su participación.

Código en R para la regresión logística binomial.