



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

**“La relación entre los Servicios Ecosistémicos y los
Derecho Humanos en la Ciudad de México, un
análisis a través del modelo de restauración
ecológica “Chinampa-Refugio”**

T E S I N A

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

B I Ó L O G O

P R E S E N T A:

MIGUEL IGNACIO RIVAS BEJARANO



**ASESOR DE TESINA:
DR. LUIS ZAMBRANO GONZÁLEZ
CIUDAD UNIVERSITARIA, CD. MX.**

2024



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

Agradecer es un acto de cariño y reconocimiento, se dimensiona en su justa medida a todas las personas que impulsaron mi trabajo y que, de alguna u otra manera, soy el resultado de su consejo e interacción. Esta tesina es el reflejo del conocimiento comunitario e individual que he recogido en muchas escalas. Muchas veces desde mi total ignorancia y otras, enfocado en los procesos de restauración de los ecosistemas urbanos y los humedales.

Sin duda mis síndos contribuyeron a esta tesina, reconozco su tiempo y dedicación a las Doctoras Marisa Mazari Hiriart, Cristina Ayala Azcarraga, Vivette García Dieser y a los Doctores Omar Arellano y Luis Zambrano (que ya hablaré de él). Muchas gracias por su lectura minuciosa y correcciones pertinentes, sin duda esta tesina es un mejor escrito gracias a sus claras observaciones. En esta parte, también agradezco a la Doctora Denise Arrollo Lambaer, ella me instruyó en el análisis de redes cognitivas, lo cual redondeó muy bien el documento, muchas gracias.

Ahora sí, es el turno de mi tutor, Luis Zambrano. No es solo el que me dirigió este trabajo, es el que me sacó de este marasmo en el cual estaba envuelto con relación a ella y eso no es poca cosa. Me sacudió y se cayeron mis yuntas que traía cargando. Luis muchas gracias por ello y por la amistad. Fue difícil lo sé, lo sé, pero se logró, se terminó y como se dice, ahora a lo siguiente.

Esta tesina se la dedico a Adriana Rodríguez, la compañera de mi vida, la que ha hecho todo para que este proceso se concluya, esta tesina es en gran medida gracias a ti. Nunca bajaste la guardia y con gran amor, cariño y exigencia me diste el impulso que necesitaba para quitarme ese peso tan grande y no sabes cómo te lo agradezco en lo más profundo de mi ser (...).

Agradezco a mi mamá, Isabel Alejandra y a mi papá, Miguel Eduardo, que ya son parte de la juventud madura, por apoyarme siempre en todo momento, estar en las buenas y las malas, son sin duda, una parte nodal en mi vida.

Con gran aprecio agradezco a todos los miembros del Laboratorio de Restauración Ecológica, las cuales siempre estuvieron al pendiente de este proceso, en específico a Diana, Aminta y Vania. Gracias.

ÍNDICE

RESUMEN	4
ABSTRACT	5
<i>Introducción</i>	6
<i>Capítulo 1: Conceptos base</i>	8
1.1 Derechos Humanos y su relación con el medio ambiente.	8
1.2 Servicios Ecosistémicos	10
1.2.1 La clasificación de los Servicios Ecosistémicos	12
1.2.2 La percepción de los Servicios Ecosistémicos en ambientes rurales y urbanos.	13
1.2.3 Lo Urbano y el concepto de Servicios Ecosistémicos	14
1.3 Relación entre Servicios Ecosistémicos y Derechos Humanos	15
<i>Capítulo 2: Estudio de caso: “Conservación y Reactivación de la Zona chinampera de Xochimilco”.</i>	21
2.1. La restauración ecológica y la biodiversidad dentro de las políticas globales de la ONU	21
2.2. La restauración ecológica y los ciclos de retroalimentación	22
2.3. El humedal de la Ciudad de México	24
2.4. Modelo de restauración ecológica de la Chinampa- Refugio	26
2.4.1. Diseño de la Chinampa-Refugio	29
2.5. Resultados de la restauración biológica	32
2.5.1. Mejoría de la calidad del agua	33
<i>Capítulo 3: El modelo de restauración ecológica Chinampa-Refugio y la accesible al Derecho a un Ambiente Sano</i>	35
3.1 El socio-ecosistema del humedal, los Servicios Ecosistémicos de calidad, bienestar y accesibilidad al Derecho Humano a un Ambiente Sano, de agua y alimento	35
3.1.1 Las dimensiones del bienestar de las personas chinamperas y la restauración de los Servicios Ecosistémicos.	36
3.1.2 Los objetivos del desarrollo sostenible (ODS) y sus índices relacionados con el modelo ecológico “Chinampa-Refugio”.	37
3.1.2 Identificación de las interacciones de redes de los ODS, Derechos Humanos de alimentación y al agua, con el modelo de restauración ecológica Chinampa-Refugio.	40
3.1.3 La restauración ecológica y los Derechos Humanos de los Chinamperos.	46
<i>Capítulo 4: Conclusiones</i>	48
<i>Referencias</i>	49

RESUMEN

Esta tesina aborda la relación intrínseca entre el bienestar humano y la funcionalidad de los ecosistemas, a través de la correlación de los conceptos de Servicios Ecosistémicos y Derechos Humanos: el derecho a la alimentación, al trabajo y al ambiente sano. Esto es, cómo las múltiples interacciones que existen con la naturaleza, conceptualizadas como ciclos de retroalimentación positivas o negativa, concurren entre construcciones sociales (agricultura, trabajo, contaminación, etc.) y el buen estado de los ecosistemas. Se argumenta que la calidad del funcionamiento de los ecosistemas es directamente proporcional a la posibilidad de tener bienestar y acceso de los derechos de las personas que viven y requieren directamente de los Servicios Ecosistémicos que se producen en un ecosistema. En particular se analiza el ecosistema del humedal en Xochimilco. Para ello, se toma como base el modelo de restauración ecológica “Chinampa-Refugio” y en específico el proyecto de “Conservación y reactivación de la zona Chinampera de Xochimilco”.

El agua es eje principal de este modelo de restauración ecológica. Al mejorar la calidad de los canales que colindan con la chinampa productiva, se regenera el hábitat de la biodiversidad. Al tener mejor calidad de agua, los Chinamperos obtienen una mayor cantidad y calidad de producto cosechado, mejorando los ingresos económicos de los productores y por último, al obtener todos estos satisfactores directos, el sentido de pertenencia de sus tierras se fortalece, evitando su abandono.

El proceso integral de restauración ecológica implica que los Servicios Ecosistémicos que ya no estaban disponibles en el humedal estén nuevamente accesibles para los seres vivos de ese hábitat, incluyendo a los seres humanos. La restauración ecológica que se ha documentado en los sitios donde se ha implementado el modelo, sirve de base para ejemplificar que un ecosistema funcional da como resultado emergente ejercer derechos que en una zona perturbada en la que ya no eran posibles de acceder. Cuando un ecosistema es restaurado integralmente y funciona adecuadamente, se reactivan las contribuciones de la naturaleza que aportan al bienestar humano y es posible mejorar el acceso y asequibilidad de los derechos básicos de las personas.

ABSTRACT

This thesis addresses the intrinsic relationship between human well-being and the functionality of ecosystems, through the correlation of the concepts of ecosystem services and human rights: the right to food, work, and the clean environment. This is how the multiple interactions that exist with nature, conceptualized as positive or negative feedback loops, concur between social constructions (agriculture, work, contamination, etc.) and the adequate state of ecosystems. It is argued that the quality of ecosystem functioning is directly proportional to the possibility of having well-being and access to the rights of the people who live and directly require the ecosystem services that are produced in an ecosystem. In particular, the ecosystem of the wetland in Xochimilco will be analyzed. For this, the ecological restoration model "Chinampa-Refuge" is taken as a basis and specifically the project of "Conservation and reactivation of the Chinampera area of Xochimilco".

Water is the main axis of this ecological restoration model. By improving the channels water quality of the channels that adjoin the productive chinampa, the habitat of a part of the biodiversity is regenerated. By having better water quality, the Chinamperos obtain a greater quantity and quality of the harvested product, improving the economic income of the producers and finally, by obtaining all these direct satisfiers, the sense of belonging to their lands is strengthened, avoiding its abandonment.

The integral process of ecological restoration implies that the ecosystem services that were no longer available in the wetland are once again accessible to the living beings of that habitat, including human beings. The ecological restoration that has been documented in the sites where the model has been implemented serves as a basis to exemplify that a functional ecosystem results in the emerging exercise of rights that were no longer possible to access in a disturbed area. When an ecosystem is fully restored and functions properly, its contributions to human well-being are reactivated and it is possible to improve access and affordability of people's basic rights.

Introducción

Los conceptos de Servicios Ecosistémicos y Derechos Humanos que en su diseño tienen orígenes distintos; sin embargo, sostienen un objetivo convergente: la defensa y el bienestar común de las personas y seres vivos, tanto de las presentes generaciones, como de las futuras ^{1,2}. El concepto de Servicios Ecosistémicos fue diseñado para enfatizar la relevancia que tiene el que, sin el funcionamiento de los ecosistemas, la vida y la calidad de vida, no serían posible para ningún ser vivo en el planeta. Desde una visión antropocéntrica, los Derechos Humanos brindan la posibilidad de salvaguardar y defender las necesidades, bienes o intereses considerados fundamentales para la vida de las personas y las comunidades ³.

En este trabajo se abordarán los conceptos de Servicios Ecosistémicos y Derechos Humanos para relacionarlos con un estudio de caso de restauración ecológica, el cual tiene por nombre “Conservación y reactivación de la zona Chinampera de Xochimilco”. El citado proyecto, tiene como objetivo principal restaurar y reactivar el agroecosistema chinampero en los humedales de Xochimilco, ubicados en la Ciudad de México a través de un modelo de restauración llamado “Chinampa-Refugio”. Se entenderá, en esta tesina, por restauración ecológica como el proceso de asistencia a la recuperación de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido ⁴.

Así mismo, dado que el sitio desde donde se enfoca este trabajo es un ecosistema insertado en otro predominantemente urbano, se hablará de las ciudades como un sistema donde se observa un territorio en continua transformación de los diversos componentes que la conforman: sociales, construidos y naturales. Las ciudades, como cada ecosistema, se caracterizan por un flujo de energía enorme, de materia e información entre sus distintas dimensiones, que genera respuestas negativas (perturbaciones) en la naturaleza. En este caso, es el lugar donde se ubica el Área Natural Protegida de Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco, sitio donde se desarrolla el modelo de restauración indicado.

Este escrito está dividido en tres secciones: en la primera se describe la conceptualización de los Derechos Humanos y el medio ambiente, el origen del concepto de los Servicios Ecosistémicos, su evolución como idea y concluyo el capítulo con la relación de estos conceptos. En la segunda sección, se describe un caso de estudio a través del modelo de restauración “Chinampa-Refugio” en la zona de humedales de la Ciudad de México, en la alcaldía Xochimilco. En este modelo de restauración ecológica se hace énfasis en cómo la interacción entre los conocimientos científicos y los saberes tradicionales han dado como resultado la paulatina recuperación del ecosistema del humedal, la biodiversidad del sitio y la reactivación de la agricultura. Lo anterior, regresando a las técnicas de cultivo ancestrales, ayudadas por biofiltros que aumentan la calidad de agua en los canales secundarios. Todos los elementos descritos, han ayudado a recuperar las condiciones ambientales y ecológicas en los cuales, la especie emblemática, *Ambystoma mexicanum*, pueda regresar a ser el depredador punta de este ecosistema.

En la tercera sección se describe cómo este modelo de restauración ecológica, en los lugares que se ha implementado, ha ayudado a la recuperación de la funcionalidad del ecosistema y por ende al acceso de los Servicios Ecosistémicos. Lo anterior, da como resultado la puerta de entrada a los Derechos Humanos de las personas que viven de las chinampas. Es decir, los Derechos Humanos básicos aumentan su asequibilidad, gracias a la mejora en la calidad funcional del ecosistema restaurado que es el Humedal de Xochimilco. Por último, concluyo proponiendo que el modelo de restauración ecológica tiene el potencial para ser la base de una política pública integral que beneficie a las personas y el ecosistema que hábitat, así como de manera menos obvia y directa a los pobladores de la Ciudad de México.

Capítulo 1: Conceptos base

1.1 Derechos Humanos y su relación con el medio ambiente.

Los ecosistemas como las sociedades nunca son estáticos. Siempre están expuestos a diferentes condiciones climáticas, biológicas, ecológicas, actividad geológica o variables sociales como son el grado de marginación humana, la migración, cambios de régimen políticos o guerras. Estos cambios pueden ser graduales o repentinos y drásticos, lo cual puede llevar a un estado contrastante con el anterior ^{5,6}.

En este contexto, donde se definen nuevas interrelaciones con otros sistemas, con la naturaleza que nos provee y rodea surgen fórmulas emergentes y originales para resolver problemas derivados de las perturbaciones que se presentan. Existen ejemplos a lo largo de la historia de la humanidad de estas dinámicas: desde las guerras mundiales, teorías como la Evolución de las especies, la misma revolución industrial, cambios de regímenes en los países, hasta fenómenos naturales que desembocan en desastres humanitarios que terminan en diseño de políticas globales que no se tenían pensadas. Todos estos acontecimientos aportan para transformar nuestra manera de percibirnos en el entorno y con el otro ser vivo.

A este respecto, el concepto general de los Derechos Humanos tiene un origen que deriva de una disrupción global: la Segunda Guerra Mundial. Si bien, la definición de “Derecho” comienza en la Edad Media con los juristas canonistas y glosadores, los cuales reinterpretaron el derecho romano y fue el antecedente de la noción moderna de derechos ⁷, centraré la descripción en su internacionalización con la creación de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) en 1945 y dos años después, con la publicación de la Declaración Universal de los Derechos Humanos ⁸. Todo esto enmarcado con el fin de la Segunda Guerra Mundial y los atroces hechos del genocidio ocurridos en Auschwitz. Después de esta disrupción global, se hace universal que los seres humanos se consideran titulares de derechos por el mismo hecho de ser humanos, esta premisa es la esencia de la declaración

de los derechos universales, la cual reconoce que todas las personas tienen derechos sin excepción ⁸. El concepto de Derechos humanos tiene un amplio debate desde su origen hasta los razonamientos que deben componer dicha definición. Por ejemplo, varias teorías argumentan que estos derechos, son derechos morales, es decir que existen por un asunto de su justificación y que obedecen a dos criterios interconectados. El primero, a su fundamento filosófico, el cual es por la razón de ser un humano y el segundo, el fáctico, el cual corresponde al reconocimiento jurídico, que hace alusión a las leyes que permiten su operación ⁷.

En suma, los juristas definen que los Derechos Humanos son “instrumentos jurídicos orientados a salvaguardar aquellas necesidades, bienes o intereses considerados fundamentales para la vida de las personas y las comunidades”³. Es decir, tienen un componente filosófico que apela su fundamento y otro fáctico, que apela a su reconocimiento jurídico. Por otro lado, la Oficina en México del Alto Comisionado de las Naciones Unidas ⁹ define que los Derechos Humanos son “el conjunto de derechos y libertades fundamentales para el disfrute de la vida humana en condiciones de plena dignidad, y se definen como intrínsecos a toda persona por el mero hecho de pertenecer al género humano”.

La introducción del componente ambiental al concepto de Derechos Humanos tuvo un proceso relativamente corto y diplomáticamente complejo. A mediados del siglo XX, no existía una conciencia colectiva sobre las repercusiones de sobreexplotar los recursos naturales tal y como se están gestionado actualmente, es decir, los recursos naturales se usan como si estos fueran infinitos, en un planeta que es finito. La incorporación de la conceptualización del “ambiente” no fue parte de la Declaración de los Derechos Humanos de 1948 y tampoco lo fue de ninguna constitución realizada después de la Segunda Guerra mundial ³. Fue hasta el año de 1972, en la ciudad de Estocolmo, Suecia, que el concepto de ambiente se liga con los Derechos Humanos, cuando en la Declaración de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio del Hombre señala, en su principio número 1, que “El

hombre tiene derecho fundamental a la libertad, igualdad y adecuadas condiciones de vida en un ambiente cuya calidad le permita vivir una vida digna, y él conlleva una sola responsabilidad, de proteger y mejorar el ambiente para las presentes y futuras generaciones” ¹⁰

La Declaración de Estocolmo en 1972, fue la reunión primigenia que dio a conocer de manera amplia, cuáles eran los efectos de la actividad humana sobre el medio ambiente. También, fue la primera plataforma internacional de gobernanza global en el tema, en la que se delinearon criterios básicos y comunes para hacer frente al deterioro ecológico y poder preservar y mejorar lo que en aquel entonces se denominó “medio humano” ¹¹. Hacia el año de 1960 solo el 1% de las constituciones mundiales hacían referencia al derecho a un medio ambiente sano, en el año 2006, 63% de las constituciones nacionales lo había adoptado ¹². El Derecho Humano a un ambiente sano tuvo un rápido impacto en la sociedad de cada uno de los países con el surgimiento de la conciencia ambiental. Se formó un movimiento que posicionó los temas ambientales del cuidado de la naturaleza locales y nacionales, impulsando su adición a cada una de las constituciones nacionales ^{3,13}.

La exigencia de sociedad civil organizada es la que ha impulsado el diseño de instrumentos jurídicos que tutelen y protejan la calidad de vida de sus integrantes; es así, como nacen procesos para dar certeza jurídica y son traducidos en nuevos Derechos Humanos. Tal es el caso, del Derecho Humano a un ambiente sano. En el próximo apartado describo de manera general qué son los Servicios Ecosistémicos y las conexiones que tiene con el Derecho Humano a un ambiente sano.

1.2 Servicios Ecosistémicos

Estudios sobre conservación, pobreza y Derechos Humanos indican que las personas y la naturaleza coexisten de múltiples maneras debido a que los ecosistemas y la población humana son interdependientes¹⁴, con diversos tipos de interacciones en el desarrollo individual y comunitario. De hecho, derivado de estas diferencias en la gestión e

interacciones con los ecosistemas, a lo largo de la historia del ser humano, han surgido y desaparecido las diferentes culturas que pueblan el planeta y lo han transformado de manera multidimensional ¹⁵⁻¹⁷.

En 1972 fue cuando el concepto de Servicios Ecosistémicos (SE) empezó a tomar forma. Durante la Declaración de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el “Medio Humano”, en Estocolmo, se presentó el informe Meadows ¹⁸ sobre los límites del crecimiento: un reporte del Club de Roma, en el que se documentó que los recursos naturales comenzaban a mermarse. En dicha declaración, la comunidad científica manifestó y presentó evidencia clara de la formación de ciclos de retroalimentación negativa de los hábitos, estilos de vida y patrones de consumo de las personas a nivel mundial, asociados con la explosión demográfica de los seres humanos y la urbanización. La gestión que ha tenido el ser humano en el planeta da como resultado un impacto en los procesos ecológicos de soporte de la vida que tiene la Biósfera^{1 19}. La humanidad ejerce una presión sin precedentes sobre los ecosistemas de la Biósfera ^{16,17,20-23}.

Existen diversas definiciones de SE, presentan variantes dependiendo de cuál sea la disciplina y el enfoque de la investigación que se integre. Por ejemplo, la propuesta realizada por el grupo de Evaluación de Ecosistemas del Milenio, definen los SE como “todos los beneficios que las poblaciones humanas obtienen de los ecosistemas” ²⁴. Por su parte, en la Plataforma Intergubernamental sobre Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos (PIBSE), Sandra Diaz ²⁵ propone un enfoque, en el que agrega a las ciencias sociales. El componente innovador del concepto establece que son “todas las contribuciones, tanto positivas como negativas, de la naturaleza viva (diversidad de organismos, ecosistemas y sus procesos ecológicos y evolutivos asociados) a la calidad de vida de las personas”. La idea parte de tomar en cuenta dos dimensiones que las otras no incluían: los aspectos culturales y el conocimiento de las personas indígenas y/o locales. La dimensión cultural, se entiende por

¹ La biosfera es el sistema ecológico global que integra a todos los seres vivos y sus relaciones, incluida su interacción con los elementos de la litosfera, la hidrosfera, la atmósfera y la criósfera (la superficie de la Tierra donde el agua está en forma sólida, incluidos los polos y las regiones de permafrost) ⁸⁵

el tipo de gestión que los humanos hacen al ecosistema y la segunda dimensión implica el conocimiento local de los individuos, sean indígenas o locales, ya que ellos son los que observan las repercusiones positivas o negativas sistémicas de un determinado uso del territorio ²⁵.

Por otro lado, está el concepto de SE con énfasis en la desagregación del bienestar humano el cual establece que “todos los beneficios que recibimos de los ecosistemas tienen una relación directa o indirecta con los diferentes componentes del bienestar humano” ^{22,26}. Para el análisis de este trabajo se tomará como referente este concepto, ya que se considera que tiene elementos convergentes con los Derechos Humanos.

1.2.1 La clasificación de los Servicios Ecosistémicos

Para abordar la clasificación de los SE, es necesario definir los sistemas complejos, ya que los ecosistemas y todos sus procesos son ejemplo claro de este tipo de sistema. Un sistema complejo es un conjunto de elementos interconectados, adaptables, autoorganizables que interactúan entre sí, con su entorno de múltiples maneras y con un propósito concreto ²⁷. Como ya se dijo, la conceptualización de los SE ha sido una necesidad para la comprensión de todos los beneficios y contribuciones que dan los ecosistemas al ser humano.

En el marco de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio en el año 2005, se definió la que ahora es la clasificación de los SE más aceptada en el mundo ²⁸. Las características de esta clasificación fueron valoradas por un conjunto de científicos que investigó todas estas variables. Para el diseño de esta clasificación se consideraron jerarquías ambientales, múltiples escalas, criterios cuantitativos y rigurosos ²⁹. Lo anterior, entendiendo cuáles son los componentes de un ecosistema funcional.

Este sistema basa su clasificación en un propósito esencialmente operacional, fundado en cuatro ejes: i) **servicios de soporte**, los cuales son los procesos ecológicos fundamentales que sostienen el funcionamiento del ecosistema; ii) **servicios de regulación**,

mismos que son las interacciones entre el paisaje terrestre y los ecosistemas; iii) **servicios de aprovisionamiento**, que son los productos de los ecosistemas directamente cosechados o consumidos por las personas y iv) **servicios culturales**, que son los beneficios inmateriales claves en las dinámicas del bienestar social ^{19,22,30,31} **Figura 1.** La idea central de esta clasificación es que los ecosistemas benefician directa e indirectamente a los seres humanos, los cuales somos parte de los ecosistemas y responsables de su gestión.

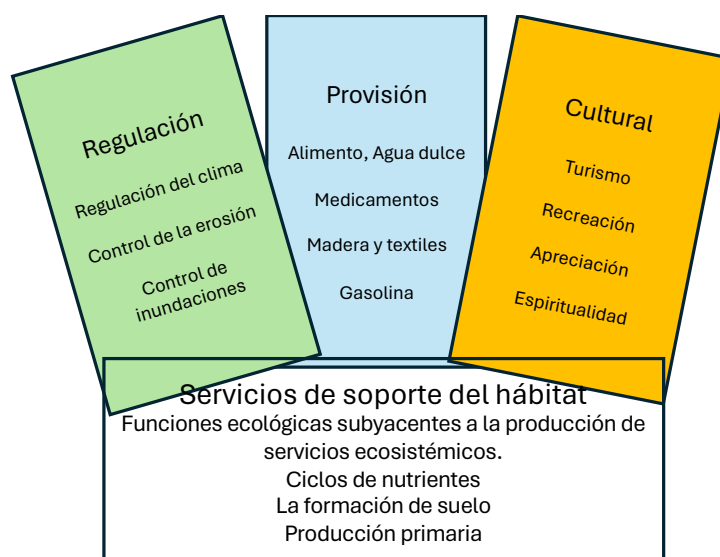


Figura 1. Clasificación de los Servicios Ecosistémicos basado en la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio ^{28,32}.

1.2.2 La percepción de los Servicios Ecosistémicos en ambientes rurales y urbanos.

Los SE se conciben como categorizaciones jerárquicas distintas entre los socioecosistemas urbanos y rurales. Los socioecosistemas son sistemas complejos que reconocen la interdependencia, adaptación e interconexión de las personas con la naturaleza y están delimitados por espacios funcionales de ecosistemas particulares ³³.

Reconociendo que existen diferencias entre un socioecosistema urbano y rural, la percepción y escala de los beneficios de los SE son distintos entre las personas que viven entre un entorno y otro, ya que la accesibilidad a los recursos cambia radicalmente ³⁴. La movilidad de las personas para encontrar los beneficios ecosistémicos disponibles y ser más

eficiente en los desplazamientos dio como resultado una creciente complejidad social que implica normas más sofisticadas para convivir y hacer valer lo normado entre un socioecosistema y otro ¹⁵. Por tanto, las valoraciones, percepciones y definiciones son distintas para el caso de las personas que viven en zonas urbanas o rurales; su conceptualización particular está definida por el socioecosistema de origen.

1.2.3 Lo Urbano y el concepto de Servicios Ecosistémicos

La ciudad debe de entenderse abierta y diversa a todo tipo de poblaciones y comunidades, humanas y de otras especies, pues la tolerancia y el mutualismo es lo que nos permite vivir juntos. La ciudad tiene múltiples acepciones y conceptos, Aristóteles la describía como un lugar hecho por diferentes tipos de personas, Sennet ³⁵ describe que una ciudad no puede existir con gentes iguales; Sudjic ³⁶ indica que son asentamientos humanos desde 10 mil personas, hasta conglomeraciones de 40 millones de individuos, como es el caso de la zona metropolitana de Tokio, en Japón. Es también un sitio en donde la gente interactúa, se reúne e intercambia ideas, productos o pasa el tiempo simplemente, todo esto enmarcado en sus calles, plazas y parques del dominio público ³⁷. Asimismo, la ciudad es un sitio donde existen tensiones por el espacio, desigualdades e injusticias sociales por los servicios, y a la vez forman ambientes favorables para el progreso de la democracia y la cultura ³⁸.

La ciudad también es un socioecosistema, que depende de otros ecosistemas para poder mantener condiciones óptimas de vida a largo plazo ³⁹. Las ciudades forman redes de información que interactúan a múltiples escalas y se caracterizan por un alto porcentaje de superficie de tierra que está ocupada por infraestructura construida ⁴⁰. Asimismo, las ciudades tienen una alta tasa de cambio en la vocación del uso del suelo y una alta densidad de personas que viven en el área urbana ^{20,41}. También, es característico que la percepción de los Servicios Ecosistémicos es distinta en los socioecosistemas urbanos que en socioecosistemas rurales ⁴², por ejemplo, en un entorno rural agrícola, el servicios ecosistémico de provisión tiene una percepción alta, ya que la vocación del socioecosistema

es la producción de alimentos y su disponibilidad puedes ser relativamente fácil. En un entorno urbano la percepción de los servicios ecosistémicos cambia radicalmente, ya que toda la infraestructura está diseñada para facilitar los servicios ecosistémicos de provisión. Sin embargo, los servicios de regulación se vuelven importantes, por ejemplo, la sombra de un árbol puede generar un ambiente menos caluroso en un entorno construido, generando un sitio con una temperatura más baja, lo cual combate el fenómeno de las “islas de calor”³⁴.

El concepto base de SE que se utiliza en esta tesina tiene su fundamento en los beneficios que brinda la naturaleza, directos e indirectos, para el bienestar humano. Cuando se lleva este concepto a un socioecosistema urbano, la definición se enriquece con elementos que están relacionados con los servicios de regulación, como son regulación climática, purificación de agua, secuestro de carbono y control de inundaciones ⁴³.

1.3 Relación entre Servicios Ecosistémicos y Derechos Humanos

La conservación o la degradación de los ecosistemas condicionan el bienestar, la calidad y la vida misma de los organismos que en éste conviven, entre los cuales está el ser humano. Es por esto por lo que los derechos a un ambiente sano, al agua y al alimento dependen de la gestión y del grado de conservación de los ecosistemas. Dado que los SE tienen un impacto en el bienestar humano, el hecho de gestionar los ecosistemas de manera sostenible, evitando su degradación o en su caso restaurando la funcionalidad de los mismo, puede contribuir a salvaguardar dichos derechos. Por ejemplo, se generarían ciclos de retroalimentación positiva en la producción de alimentos, calidad de agua y en general al derecho a un ambiente sano. La condición mínima para la existencias de la vida en la Biósfera es la funcionalidad de los ecosistemas, sin esta condición preexistente no puede haber condición humana justa o injusta ⁴⁴.

Los seres humanos somos una fuerza de cambio significativa, que hemos puesto en crisis los sistemas de soportes que la Biósfera tiene para sostener la vida en el planeta.

Desde el siglo XIX con el inicio de la revolución industrial y sobre todo desde la década de 1970, empezamos una carrera para obtener un supuesto desarrollo económico acelerado, que pone en el centro, de este artificial proceso, la explotación y extracción de los ecosistemas como principal aporte a este crecimiento ¹⁷. Se ha privilegiado la destrucción de la naturaleza para la satisfacción del ser humano y esa idea nos ha llevado a un punto de desconexión total de lo que entendemos por Biósfera.

Nos hemos desconectado de la biosfera, no dimensionamos que la contribución de la naturaleza a la humanidad interviene en todos los aspectos de la existencia de la especie ¹⁷. La hiper conectividad y el hiper consumismo al que hemos llegado, implica efectos negativos globales y locales en el sistema terrestre, pensamos en nuestra huella ecológica, cuando la tenemos en mente. Sin embargo, en una sociedad globalizada, no hay ecosistemas sin personas ni personas que no dependan del funcionamiento del ecosistema ⁴⁵.

La evidencia científica indica que los seres humanos son una fuerza geológica planetaria ⁴⁶, que se traduce en la pérdida paulatina de la biodiversidad y en la disminución de la capacidad de la naturaleza para proporcionar todos los ciclos de soporte ecosistémicos que hacen posible nuestra existencia ¹⁷. Esto, entre otros factores, es por el rápido proceso de urbanización planetario ¹⁵ y la mala gestión que hemos tenido sobre los ecosistemas ^{17,47}.

El proceso de homogenizar el nivel de vida en un estandar alto no puede ser soportado por la plataforma natural de la Tierra. También, existe evidencia de que los ingresos económicos, los patrones de consumo y la huella de carbono se producen de manera desproporcionada entre los distintos niveles socioeconómicos mundiales. Tal y como lo demuestra en su estudio Bruckner ⁴⁸, el cual indica que el 10% de la población más rica del planeta, emite el 52% de CO², mientras que el 50% de la población mundial más pobre, solo emite el 7%. Es por esto por lo que en los últimos 50 años han disminuido 14 de las 18 categorías de las contribuciones de la naturaleza a las personas. Dicha categorización fue diseñada por la Plataforma Intergubernamental sobre Biodiversidad y Servicios de los

Ecosistemas (IPBES), entre las que resaltan la disminución en los procesos de calidad del aire, agua, captura de carbono, formación de suelos, polinización en agricultura y la protección de los ecosistemas costeros de peligros contra tormentas e inundaciones ¹⁷.

Con el propósito de impulsar un desarrollo justo e incluyente, para disminuir la pobreza en todas sus formas y dimensiones, así como la degradación de los ecosistemas que nos proporcionan bienestar ⁴⁹, la Organización de las Naciones Unidas (ONU) diseñó y aprobó 17 objetivos de desarrollo sostenible (ODS) con 169 metas asociadas, a las que se han comprometido alcanzar en 2030 los países miembros a este organismo (Figura 2).



Figura 2. Objetivos de Desarrollo Sostenible

Los ODS reconocen que el desarrollo sostenible debe abordar tanto los aspectos económicos, sociales y ambientales de manera integrada. Es decir, son elementos que deben de interactuar para alcanzar, de manera justa, el bienestar de las personas, las sociedades y la Biósfera en el presente, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras. La sostenibilidad necesita que la economía y las sociedades gestionen de manera diferente la capacidad de los ecosistemas para no sobreexplotarlos y seguir contribuyendo en el bienestar de las personas y de los seres vivos ⁵⁰ (Ver Figura 3).

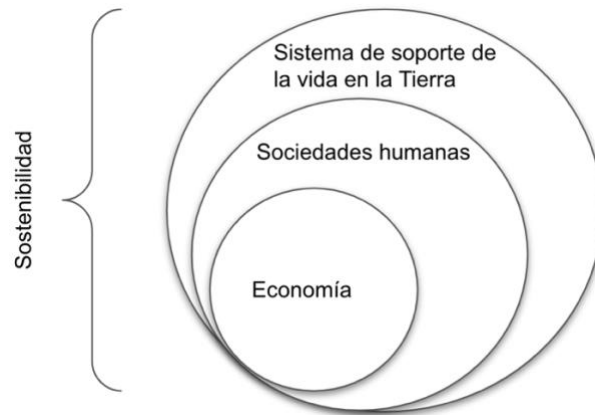


Figura 3. Componentes de la sostenibilidad. Basado en Chapin et al (2009).

Para operacionalizar el concepto de los ODS, Johan Rockström y Pavan Sukhdev, miembros del Centro de Resiliencia de la Universidad de Estocolmo, proponen un cambio de paradigma para el desarrollo sostenible. En esta nueva visión, los Servicios Ecosistémicos son el centro del desarrollo de la humanidad e impulsor de los Derechos Humanos. Definen como base de su modelo cuatro ODS esenciales: **1. Vida de ecosistemas terrestres, 2. Vida submarina, 3. Acción por el clima y 4. Agua limpia y saneamiento**. En el segundo nivel se encuentra los objetivos correspondientes al componente Social y en el último la dimensión Económica, así como la organizacional (Figura 4). A partir de esa base ecosistémica se puede generar el desarrollo sostenible por medio de la alimentación para las generaciones presentes y futuras de todos los seres vivos del planeta, incluyendo a los seres humanos.

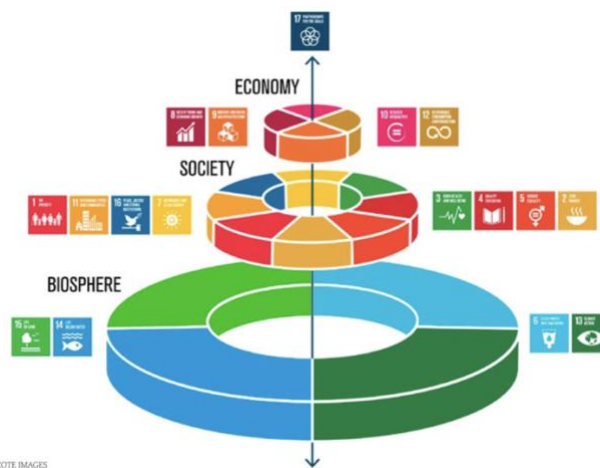


ILLUSTRATION: AZOTE IMAGES

Figura 4. Modelo de los ODS relacionado con los Servicios Ecosistémicos y la alimentación. Tomado de Azote para el Centro de Resiliencia de Estocolmo, Universidad de Estocolmo CC BY-ND 3.0. ⁵¹.

Como se ha descrito, los Servicios Ecosistémicos son aquellos en los que la naturaleza contribuye al bienestar de las personas y de todos los seres vivos. De acuerdo con distintas investigaciones ecológicas, sociales e interdisciplinarias, el bienestar tiene una relación directa e indirecta con la calidad y gestión de los ecosistemas ^{47,52-55}. A partir del concepto de Servicios Ecosistémicos, Dixson-Declève ⁵⁴ establece que el bienestar humano está compuesto por cinco dimensiones: **1. Dignidad:** Todas las personas tienen lo suficiente para vivir en comunidad, salud, seguridad y felicidad. **2. Naturaleza:** Un mundo natural restaurado y seguro para toda la vida. **3. Conexión:** Un sentido de pertenencia e instituciones que sirven al bien común. **4. Equidad:** Cuando las condiciones dentro de una sociedad dada apoyan sistemáticamente a todos los grupos sociales (con énfasis en grupos vulnerables), con respecto a la prosperidad básica y **5. Participación:** Las personas pueden participar activamente en sus comunidades y economías arraigadas localmente.

Cada una de estas dimensiones cuenta con instrumentos jurídicos (leyes, normas y reglamentos) que salvaguardan las necesidades, bienes o intereses considerados fundamentales para la vida de las personas y las comunidades; esto es el concepto base de Derechos Humanos. Cada una de estas dimensiones está relacionada con un número de Derechos Humanos ya establecidos en las constituciones nacionales o en acuerdos internacionales suscritos por los países adscritos. La conexión entre los Servicios Ecosistémicos y el bienestar, forman ciclos de retroalimentación positiva o negativa, de acuerdo con quién o cómo se gestione los ecosistemas ^{30,45,56}. Lo anterior se ejemplifica en la **Figura 5**, donde se observa la relación intrínseca del funcionamiento de los ecosistemas con el bienestar humano.

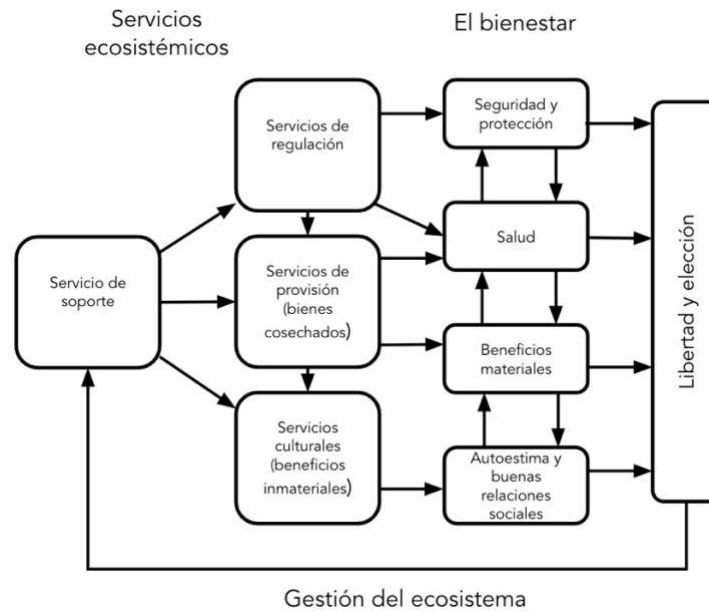


Figura 5. Relación entre Servicios Ecosistémicos y bienestar. Adaptado del marco desarrollado por la Evaluación de Ecosistemas del Milenio. Basado en Chapin et al (2009).

En México el Derecho Humano a un ambiente sano está consagrado en el artículo cuarto, párrafo quinto de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos ⁵⁷. Esta disposición jurídica a la letra señala que: ***“Toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar. El Estado garantizará el respeto a este derecho. El daño y deterioro ambiental generará responsabilidad para quien lo provoque en términos de lo dispuesto por la ley”***. En este artículo se enfatiza el concepto de bienestar de las personas. Por todo lo anterior, la relación entre los Derechos Humanos y los Servicios Ecosistémicos es estrecha y potente, ya que la existencia de los primeros implica la funcionalidad de los segundos. Así mismo, la posibilidad de defensa de los ecosistemas y las personas no podrían ser justiciables sin el funcionamiento de la naturaleza.

Capítulo 2: Estudio de caso: “Conservación y Reactivación de la Zona chinampera de Xochimilco”.

A través de los apartados anteriores, se ha descrito cómo los seres humanos somos un impulsor de degradación de los ecosistemas en toda la Biósfera. También se ha dicho que la funcionalidad de los ecosistemas es directamente proporcional a la posibilidad del bienestar humano y la capacidad de acceder a los Derechos Humanos básicos ^{14,58}. Esto es, cuando el incremento en la frecuencia, extensión e intensidad de los disturbios se deriva en cambios drásticos en las condiciones ambientales y en la baja disponibilidad de recursos para los organismos y el ser humano, existe un ciclo de perturbación que se debe detener para poder acceder, nuevamente, a los Servicios Ecosistémicos que brinda un sitio en particular.

2.1. La restauración ecológica y la biodiversidad dentro de las políticas globales de la ONU

La mala gestión que tienen los seres humanos sobre su entorno es la causa por la cual se pierde biodiversidad y se crea la restauración ecológica. Se trata de un método complejo que ayuda a los ecosistemas a regresar a la salud funcional y al mismo tiempo reactiva la disponibilidad de los Servicios Ecosistémicos, lo cual trae consigo múltiples ventajas ambientales, económicas y sociales. El derecho humano al ambiente sano, al agua y a la alimentación dependen de esta dimensión ecosistémica para que las personas tengan una vida digna y un bienestar integral.

Para fundamentar esta afirmación describiré dos ejemplos en los cuales tanto, la biodiversidad como la restauración ecológica son conceptos estratégicos en las políticas internacionales que promueve las Naciones Unidas. La ONU ha resuelto diversas medidas para poder mitigar y recuperar la dimensión ambiental del planeta, entre ellas está la Convención de Sobre la Diversidad Biológica, la cual en 2010, 193 países ratificaron y actualizaron el plan estratégico 2011-2020, el cual tiene una alcance que indica que “para

2050, la biodiversidad se valora, conserva, **restaura** y utiliza de manera inteligente, manteniendo los servicios de los ecosistemas, sustentando un planeta saludable y brindando beneficios esenciales para todas las personas”.

Otro instrumento es la Asamblea General de las Naciones Unidas, del 1 de marzo del año 2019, emitió la Resolución en donde decide proclamar el periodo 2021-2030 como el “Decenio de las Naciones Unidas sobre la Restauración de los Ecosistemas”, con el fin de “prevenir, detener y [revertir] la degradación de los ecosistemas en todo el mundo y concientizar sobre la importancia del éxito de la restauración de los ecosistemas”⁵⁹. Este instrumento de política global reconoce que los ecosistemas son una dimensión base para el presente y futuro de las generaciones humanas, ya que el sistema alimentario y la biodiversidad son componentes intrínsecamente interconectados, por lo que se reconoce a la “restauración ecosistémica” como una política global estratégica necesaria para nuestra subsistencia.

2.2. La restauración ecológica y los ciclos de retroalimentación

La ecología, contribuyó a desarrollar metodologías para cambiar el ciclo de perturbación que afecta la funcionalidad de los ecosistemas degradados. Por esto, surge una rama de ésta, que es la *restauración ecológica*. La cual se conceptualiza a través de la comprensión de las dinámicas sistémicas ecológicas en múltiples escalas espacios-temporales, entendiendo cuáles son los patrones y jerarquías de disturbio que se observan en el ecosistema en constante degradación⁶⁰. La restauración ecológica es el proceso de asistencia a la recuperación de un ecosistema que ha sido degradado o destruido⁶¹. Es la actividad humana necesaria para contrarrestar los efectos negativos que se han ido acumulando a través del tiempo y que al final amenazan la existencia misma del ser humano en el planeta.

En este contexto, el socioecosistema del Humedal de Xochimilco, como otros sistemas, presenta ciclos de retroalimentación positiva que conducen a estados estables⁶²,

para diseñar un modelo de restauración que sea sólido, se debe identificar las variables del socioecosistema que están perturbando cíclicamente el funcionamiento del sistema. Identificadas estas variables se puede establecer un nuevo ciclo de retroalimentación que inicie todo el proceso de restauración. Para que dé resultado este axioma, se debe de interconectar con todas las acciones necesarias para poder reemplazar dicho ciclo perturbador. Este proceso tiene elementos de complejidad considerables, ya que la restauración es un proceso inserto en un sistema complejo que da resultados a largo plazo e implica un profundo conocimiento del sitio, que se está restaurando, a corto y largo plazo⁶³.

El Humedal y agroecosistema del Área Natural Protegida de Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco, ubicado en al sur de la Ciudad de México, en la Alcaldía de Xochimilco, está altamente presionado por tres vectores de perturbación que han sido constantes: la urbanización, la contaminación del agua y las especies invasoras introducidas al cuerpo de agua. Para contrarrestar este ciclo de perturbación, pérdida de biodiversidad y Servicios Ecosistémicos se diseñó un modelo de restauración ecológica, llamado “Chinampa-Refugio” que permite regresar la funcionalidad de un humedal en la Ciudad de México. Es un modelo transdisciplinar que combina el conocimiento ancestral local y los procesos de construcción del conocimiento científicos. Se identificó cual es el ciclo de perturbación que debía corregirse, se planteó un ciclo de retroalimentación que da solución al problema sistémico y se definió una ruta de acción crítica para solucionar el deterioro del humedal. Asimismo, propone una estrategia económica para que los habitantes del sitio puedan vivir dignamente de su trabajo agrícola.

En este capítulo se describe la metodología, los alcances y resultado del estudio de caso titulado “Conservación y reactivación de la zona Chinampera de Xochimilco”, con la intención de evaluar sobre un enfoque de Derechos Humanos, cómo este proceso de restauración ecológica puede estar ayudando a recuperar los Servicios Ecosistémicos y que las personas accedan a los componentes del bienestar y por tanto a la posibilidad de ejercer

los Derechos Humanos básicos: alimentación, agua, que su vez son indicadores del cumplimiento de las metas establecidas en los ODS.

2.3. El humedal de la Ciudad de México

Los ecosistemas de humedal, que están inmersos en zonas urbanas, ofrecen beneficios naturales multiescalares a la población de las ciudades, desde la regulación del clima y protección contra el cambio climático, hasta los servicios culturales como el paisaje ^{20,64}. Un humedal, que también es un agroecosistema, potencia la calidad, accesibilidad y disponibilidad de los beneficios ecosistémicos a una escala muy tangible que las personas pueden aprovechar en forma de alimento directo ⁶⁵.

Al sur de la Ciudad de México, se ubican los humedales de Xochimilco, los cuales se conforman por la zona chinampera de los Ejidos de Xochimilco, San Gregorio Atlapulco y San Luis Tlaxialtemanco, en las Alcaldías de Xochimilco y Tláhuac. De acuerdo con la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad ⁶⁶, se considera una región de biodiversidad, ya que existe una gran riqueza de especies y endemismos, como el Axolote (*Ambystoma mexicanum*). También existe una diversidad cultural significativa ⁶⁶.

En este sitio se localiza el último 2% de los cinco lagos que conformó el sistema hídrico del Valle de México ⁶³. Este ecosistema de humedal se caracteriza por ser un sistema agrícola ancestral que tiene como unidad fundamental a las “chinampas”, las cuales son segmentos de tierra construidas por sedimentos del fondo del lago y delimitadas con vegetación nativa, como lo es el *Salix bonplandiana* (ahuejote) ⁶⁷. Sus formas y tamaños son muy diversos, están rodeados de agua y colindan con canales y/o canales secundarios llamados apantles.

Este sitio está reconocido internacionalmente por la UNESCO², Convención Ramsar³ y la FAO⁴. El primero es un reconocimiento al patrimonio cultural mundial que tienen las Chinampas, el segundo distingue al ecosistema del humedal como un sitio de alta diversidad biológica y el último designa a la chinampería como patrimonio agrícola mundial. También está protegido por instrumentos de ordenamiento territorial, ya que el sitio está declarado localmente como Área Natural Protegida “Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco” con una superficie de 2, 657 hectáreas y está limitada con las Alcaldías de Iztapalapa y Tláhuac.

2.3.1. Principales problemas

Existen tres principales causas por las cuales el Humedal de Xochimilco está en franco deterioro y son amenazas para el sistema chinampero, su diversidad biológica y cultural:

1. **Crecimiento urbano desordenado**, originado por la inmigración de las personas pobres de zonas rurales, las cuales se dirigieron a las ciudades que tenían procesos de industrialización más consolidados. Estas se asentaron en las alcaldías de la periferia de la Ciudad de México, tal como es el caso de la demarcación de Xochimilco. Este fenómeno cambió la dinámica hídrica de la ciudad, el uso de suelo original, transformando el ecosistema agrícola del humedal en un asentamiento humano irregular, derivando en la pérdida del hábitat de muchas especies nativas del sitio ⁶⁸.
2. **Contaminación del agua del humedal**. El crecimiento poblacional de los nuevos asentamientos humanos que fueron invadiendo la zona chinampera, carecía de infraestructura mínima para tener condiciones de vida digna, esto implica carencia de infraestructura básica como agua potable y saneamiento. Lo anterior llevó a que las viviendas precarias y todas las actividades que se desarrollaban en estos nuevos asentamientos vertieran sus residuos y aguas residuales a los canales que conforman parte del humedal, dando como resultado el deterioro de los cuerpos de agua,

² Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.

³ La Convención sobre los Humedales es el tratado intergubernamental que ofrece el marco para la conservación y el uso racional de los humedales y sus recursos.

⁴ La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

provocando una contaminación del humedal que se refleja tanto en el agua como en los sedimentos. Esto tuvo como consecuencia que las condiciones del humedal cambiaran y que la diversidad biológica, que caracterizó a los humedales de Xochimilco, se fuera reduciendo por la alteración del hábitat ^{69,70}.

- 3. Introducción de especies exóticas.** En la década de los 70, el gobierno mexicano adoptó la “Revolución Verde” como política pública, la cual tuvo como objetivo principal alimentar de manera masiva a la población mundial. Entre las acciones realizadas, se encuentra la introducción de especies exóticas de peces comestibles en los humedales de Xochimilco, como la carpa (*Cyprinus carpio*) y la tilapia (*Oreochromis niloticus*). Estas especies dulceacuícolas se adaptaron rápidamente y desplazaron a la fauna nativa del Humedal de Xochimilco, lo que produjo que la población de especies endémicas como el Axolote (*Ambystoma mexicanum*), decayera a niveles críticos ^{71,72}.

Los tres impulsores descritos, han generado una retroalimentación de perturbación negativa que va minando la funcionalidad del ecosistema. Al tener una deficiente calidad de agua, derivada del aporte de aguas residuales sin previo tratamiento, la acumulación de nutrientes y el aporte de microorganismos se reflejan en la contaminación del humedal ⁷³ y tiene efectos en los cultivos, lo cual repercute en las ganancias de las cosechas, propiciando el abandono de las tierras, mismo que fomenta la urbanización irregular y por lo tanto merma en la salud general del ecosistema⁶³.

2.4. Modelo de restauración ecológica de la Chinampa- Refugio

El modelo de la Chinampa-Refugio se basa en un enfoque socioecosistémico que tiene como fin, no solo regresar la funcionalidad al ecosistema deteriorado, sino también reconectar a las personas con su entorno, regresarles ese sentido de pertenencia y de gestión sostenible a los Chinamperos. De esta manera podrán tener ciclos de retroalimentación positivos para la población local, la economía y el ecosistema del humedal ⁶³. Las interacciones económicas y sociales deben interactuar con las acciones de restauración, ya que si esto no se combina

es muy probable que cualquier esfuerzo colapse, aun cuando tenga una base ecológica sólida.

El agua es la variable angular en todo el proceso de restauración del Humedal de Xochimilco. La contaminación del agua, las especies acuáticas invasoras que se introdujeron y el abandono de las chinampas propiciando el cambio de uso de suelo, forman parte del ciclo de retroalimentación negativa de la perturbación del ecosistema.

A través de la construcción de un biofiltro en las entradas de los canales secundarios que bordean las chinampas, se ha mejorado la calidad de agua e impedido físicamente la entrada de las especies invasoras como la carpa (*Cyprinus carpio*) y la tilapia (*Tilapia nilótica*). Esta sola acción ha propiciado que la biodiversidad del canal esté en franca recuperación, ya que las especies, desplazadas por la carpa y la tilapia, tienen oportunidad de restablecer sus poblaciones, así como la red trófica. Los Chinamperos, de nuevo, pueden regar sus tierras y sus siembras al tener una mejor calidad de agua disponible en los canales circundantes. Esto propicia que las tierras chinamperas regresan a ser fértiles, sus cosechas tengan mejor calidad y esto hace que sus ganancias sean mayores, lo cual propicia que la probabilidad de dejar la chinampa sea menor.

De acuerdo con Zambrano et al. ⁷⁴, para empezar el proceso del modelo “Chinampa-Refugio” deben de existir condiciones previas que faciliten la restauración del sitio, estas son:

1. **La voluntad del chinampero.** La participación comprometida del chinampero es clave para asegurar un modelo que genere procesos de cambio en la chinampa para modelo tenga éxito.
2. **Características hídricas de la chinampa.** Niveles suficientes de agua, anchos y alturas del canal: Debido a los procesos de degradación ambiental en el área, no todas las chinampas y sus canales cuentan con niveles suficientes de agua.

3. **Calidad de agua.** Implementar el modelo de Chinampa-Refugio en zonas con calidad de agua aceptable hace viable la instalación de biofiltros que propician niveles adecuados en la calidad del agua del microecosistema.
4. **Producción tradicional sin uso intensivo de agroquímicos.** Es necesario que la chinampa no se utilice métodos de cultivo no tradicionales, con altas concentraciones de plaguicidas, fertilizantes o invernaderos.
5. **Uso de suelo adecuado para producción chinampera.** El crecimiento urbano ha traído consigo cambios en los usos de suelo de las chinampas. Algunas de estas son ocupadas para actividades recreativas y cuentan con actividad urbana, lo cual hace inviable la implementación del modelo Chinampa-Refugio.

Así mismo, los cuatro objetivos generales del modelo son:

- 1) La restauración de la chinampa mediante el manejo tradicional de la producción agrícola sin plaguicidas, agroquímicos y herbicidas.
- 2) La reapertura de canales que bordean las chinampas (agroecosistema) para restaurar las condiciones ambientales que propician un hábitat adecuado para el axolote y otras especies endémicas y nativas
- 3) La construcción de biofiltros que incrementen la calidad del agua utilizada para la agricultura
- 4) La revalorización de las personas que trabajan en el campo.

Los biofiltros son estructuras con múltiples funciones. Al ser una barrera semipermeable, compuesta por plantas acuáticas y rocas volcánicas del sitio, evita que la fauna exótica invada el canal que está funcionando como refugio. Las plantas acuáticas del filtro capturan los contaminantes del agua y así se incrementa la calidad del agua en el canal, lo que permite que la fauna nativa (incluido el axolote) sobreviva y también pueda ser utilizada por los agricultores para regar sus cultivos. Al restaurar la calidad del agua de cada

canal de la chinampa, el sistema mejora, cada vez que un nuevo agricultor se suma a la iniciativa.

Todas estas actividades forman un ciclo de restauración positiva en función de la calidad del agua. Al tener agua de mejor calidad, tenemos mejores cultivos, los cuales se ven reflejados en ingresos más altos de ventas, volviéndose un ejemplo para otros agricultores, mismos que replican el modelo, aumentando el número de Chinampas refugio (área) y como resultado la salud del ecosistema mejora y da Servicios Ecosistémicos más amplios^{68,75}.

2.4.1. Diseño de la Chinampa-Refugio

Actualmente existen 16,000 chinampas potenciales para ser rehabilitadas en 2,522.43 hectáreas⁷⁶ y proveer de alimentos a la Ciudad de México. El modelo Chinampa-Refugio, da la posibilidad de beneficiar a más de 12,500 personas que se dedican a la agricultura, en específico, al cultivo de hortalizas y hacerlas partícipes en los procesos de gestión y manejo integral del ecosistema. El modelo comienza con la voluntad de la persona chinampera para incorporarse al proyecto; posteriormente se realiza un levantamiento de información sobre las características del sitio, y se inicia la gestión correspondiente para rehabilitar el espacio.

Para la implementación de refugios, las actividades se han perfeccionado durante las últimas dos décadas, en colaboración con las personas chinamperas vinculadas a la iniciativa. Como se ha mencionado, la integración entre el conocimiento científico y el tradicional, han sido un componente esencial para implementar el modelo. Este modelo ha logrado integrar las herramientas tradicionales de la producción chinampera con la incorporación de elementos tecnológicos novedosos que permiten la adaptación a un ambiente cambiante (ver Figura 6).

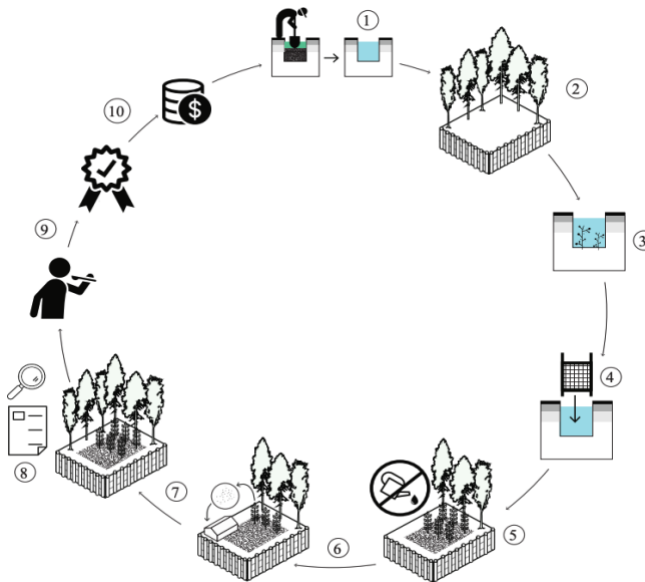


Figura 6. Componentes del modelo Chinampa – Refugio ⁷⁴

La intervención de la chinampa para la consolidación de refugios consta de nueve etapas, que comienzan con la construcción o rehabilitación de un canal:

- a) **Apertura y rehabilitación de apantles.** Se abren, restauran o rehabilitan canales, incluyendo canales adyacentes que funcionan como proveedores de agua. Esta actividad incluye la remoción de tierra y/o sedimentos.
- b) **Estabilización de taludes.** Se realiza la estabilización de taludes con el fin de disminuir la presión en las orillas de los canales y así evitar el desgajamiento de los canales rehabilitados. Esto mediante estacas y plantación de ahuejotes.
- c) **Construcción de biofiltros.** Posterior a la apertura y/o rehabilitación de canales, se colocan plantas acuáticas nativas en los sitios de conexión de refugios con canales principales. Esta actividad tiene la finalidad de formar una barrera (una vez que las raíces de las plantas se han desarrollado) que impide el ingreso de especies exóticas (carpa y tilapia), al mismo tiempo que funciona como biofiltro que mejora la calidad del agua que ingresa al refugio.
- d) **Uso de biofertilizantes y abonos orgánicos.** Se sustituyen los fertilizantes agroindustriales por biofertilizantes y abonos orgánicos producidos en sitio, para limitar

tanto la presencia de micro y macro nutrientes, así como cloruro de sodio, que reduce la capacidad productiva de las chinampas.

- e) **Germinación tradicional de semillas y producción de ahuejote.** Se utiliza el método tradicional del chapín para germinar semillas. Además, para el funcionamiento adecuado de los refugios es fundamental contar con árboles en las orillas de las zanjas acondicionadas. Esto se ha logrado mediante la reforestación de especies vegetales nativas como el ahuejote.
- f) **Monitoreo y evaluación.** Con la finalidad de identificar problemas y solucionarlos se realizan visitas permanentes a las chinampas. También se llevan a cabo reuniones periódicas que permiten evaluar avances, así como, generar acuerdos con los productores Chinamperos sobre los tiempos y formas de trabajo.
- g) **Pruebas de palatabilidad.** Se realizan pruebas para cotejar la calidad de los productos cosechados y brindar productos con atributos distintivos entre los consumidores.
- h) **Etiqueta chinampera.** Un elemento que cierra un proceso de restauración exitoso es la sostenibilidad financiera del modelo. Para ello se diseñó la “Etiqueta Chinampera”, distintivo verde que se otorga a la chinampa como una forma de identificar aquellos productos que cumplen con un estándar de alta calidad, lo que contribuye a posicionar al chinampero y a sus productos dentro de una plataforma de productos selectos para ser vendidos en mercados y restaurantes. Este distintivo considera tres ejes de evaluación, conformados por 21 criterios que suman un puntaje total de 53 puntos. Los ejes evaluados son criterios asociados: i) a la calidad del agua, ii) a la producción y calidad de producto chinampero y iii) al cumplimiento de características en los refugios para la conservación de la biodiversidad. Este reconocimiento se otorga de manera personal y a cada chinampa productiva. El puntaje determina el nivel de etiquetado y se reevalúa de forma anual (ver Figura 7).



Figura 7. Identidad gráfica de los tres niveles de Etiqueta Chinampera. El número de mazorcas de maíz representan el nivel de etiquetado que se otorga a la unidad productiva.

- i) **Sostenibilidad financiera.** El posicionamiento del chinampero y sus productos dentro del mercado le proporciona sostenibilidad financiera para el mantenimiento y la operación de la Chinampa-Refugio.

Todos estos elementos son indispensables para asegurar la viabilidad a corto, mediano y largo plazo de Chinampa-Refugio. Una vez consolidado el refugio, es necesario considerar actividades de mantenimiento y monitoreo que permitan conservar en las mejores condiciones posibles la calidad del agua para mantener un hábitat adecuado para las especies nativas y la mejora continua de la actividad productiva.

2.5. Resultados de la restauración biológica

Entre 2017 y 2023 se logró la reactivación productiva de 40 chinampas que representan 119,729 m² de superficie sembrada. Asimismo, se realizó la apertura de 36 refugios y 71 biofiltros equivalentes a 5,782 metros lineales de canales rehabilitados (Figura 8). A la fecha, se han beneficiado a 1,140 personas entre productores y núcleos familiares que participan en todas las actividades a lo largo de la cadena de producción y comercialización de hortalizas, y mantenimiento de los refugios.



Figura 8. Ubicación de las chinampas rehabilitadas con apertura de refugios durante las cinco fases 2017-2023.

Los resultados obtenidos hasta ahora reflejan un proceso de restauración ecológica exitoso que se ve evidenciado en la mejora de la calidad del agua, el impulso a la actividad agrícola y un aumento en la riqueza de especies nativas que muestran el retorno del funcionamiento del agroecosistema del humedal. Hoy en día, el número total de refugios filtra alrededor de 84,000.00 m³ de agua al año, servicio ecosistémico que no sólo brinda mejores condiciones al humedal, también beneficia a la población de la Ciudad de México (Tabla 1).

Año	Fase del proyecto	Chinampas rehabilitadas	Refugios	Biofiltros	Superficie de siembra (m ²)	Beneficiarios directos	Beneficiarios indirectos
2017	Fase 1	7	10	16	14,200	30	120
2018	Fase 2	8	10	23	32,456	54	216
2019	Fase 3	9	8	13	7,623	48	192
2020	Fase 4	2	2	4	49,950	60	240
2021	Fase 5	14	6	15	15,500	36	144
	Total	40	36	71	119,729	228	912

Tabla 1. Chinampas-refugio existentes en 2023 (Datos obtenidos entre 2017 y 2021 del Laboratorio de Restauración Ecológica, 2023).

2.5.1. Mejoría de la calidad del agua

Respecto a la calidad del agua, se realizó un análisis bacteriológico en dos temporadas: seca y lluviosa (Figuroa, et al. 2022). Los análisis se hicieron en el cultivo de lechuga en diez

chinampas con condiciones distintas: (1) chinampas trabajando con el modelo chinampa-refugio (CRM) y (2) chinampas sin el modelo chinampa-refugio (no CRM). Así mismo, se evaluó la calidad de los canales como refugios en cuanto a su capacidad para funcionar como hábitats que albergan especies nativas.

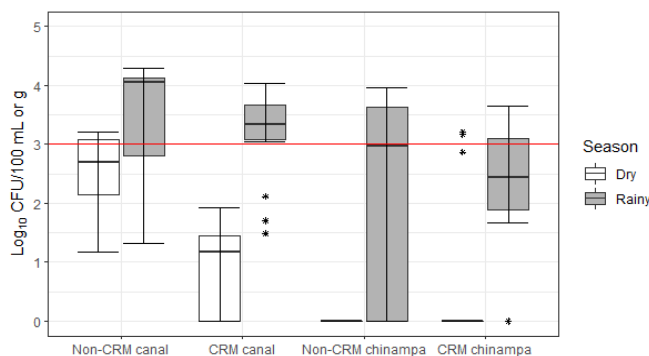


Figura 8. Variación temporal de coliformes fecales (FC) en agua de canales sin refugio (no CRM) y con refugio (CRM), y en lechugas de chinampas sin refugio (no CRM) y con refugio (CRM) muestreadas en Xochimilco. La línea roja representa el límite máximo permisible establecido por la normatividad mexicana. *: datos atípicos ⁶⁸.

Los resultados arrojan que la presencia de coliformes fecales se reduce significativamente en el agua de los canales con CRM y en las lechugas de las chinampas con CRM, tanto en época seca como lluviosa. El agua alrededor de las chinampas con refugio cumple con los parámetros bacterianos permitidos en la regulación mexicana, específicamente en la Norma Oficial Mexicana NOM-EM-034-FITO-2000, la cual establece los “Requisitos y especificaciones para la aplicación y certificación de buenas prácticas agrícolas en los procesos de producción de frutas y hortalizas frescas”. Por otro lado, para comprobar que los refugios proveen un mejor hábitat se evaluó la transparencia en el agua. Los resultados arrojan que la transparencia cambia drásticamente en función del grado de consolidación de los refugios. Los valores del disco de Secchi fuera de los refugios rondan los 30 cm mientras que en refugios jóvenes el valor se reduce a 21.6 cm y en refugios maduros la transparencia aumenta hasta 72.6 cm permitiendo visualizar por completo la columna de agua. La diversidad de plantas acuáticas en chinampas con refugio también aumentó hasta en 5.5 especies y, por ende, la cobertura vegetal que permite la proliferación y aumento en la diversidad y abundancia de invertebrados.

Capítulo 3: El modelo de restauración ecológica Chinampa-Refugio y la accesible al Derecho a un Ambiente Sano

3.1 El socio-ecosistema del humedal, los Servicios Ecosistémicos de calidad, bienestar y accesibilidad al Derecho Humano a un Ambiente Sano, de agua y alimento

Los socioecosistemas están vinculados; son sistemas complejos interdependientes, dinámicos, abiertos y cuyas propiedades están influenciadas por otros sistemas ecológicos y sociales circundantes ^{52,77-79}. Partiendo de este concepto, la gestión de los ecosistemas, por parte de la sociedad, determinará las contribuciones que los ecosistemas puedan dar a los seres humanos y todos los organismos vivos que dependan del mismo. Estas contribuciones tendrán influencia en las dimensiones del bienestar que puedan influir sobre los sistemas sociales. Así mismo, como es un sistema complejo, en el que las interacciones entre los diversos componentes se realizan a varias escalas y al mismo tiempo, surgen fenómenos emergentes que podrían cambiar el rumbo del todo el socioecosistema ⁵³, para bien o para mal de la biodiversidad.

El socioecosistema del Humedal de Xochimilco, como ya se describió, tiene diversas dinámicas de gestión que conllevan a la perturbación del sistema, las cuales generan la degradación del ecosistema. Sin embargo, al diseñar un proceso de restauración ecológica que toma en cuenta la complejidad del socioecosistema, las dinámicas de perturbación terminan y el ecosistema genera nuevamente las condiciones óptimas para poder ofrecer los Servicios Ecosistémicos que se habían erosionado ⁶³.

En los sitios donde se ha adoptado el modelo de restauración “Chinampa-Refugio”, la calidad de agua ha mejorado significativamente, lo cual dio como resultado multifactorial, que todo el agroecosistema mejorara su funcionalidad. Esto es, al mejorar la calidad de agua que entra a los canales a través de los biofiltros que colindan con la chinampa, se mejora las condiciones para que los organismos, como el *Ambystoma mexicanum*, vivan. Al regar

los cultivos con agua sin de mejor calidad, las cosechas de las chinampas aumentan en cantidad y calidad, lo que hace que los Chinamperos puedan tener un número mayor de cosechas durante el año y mejores ingresos. Si el sistema se replica y se construyen más refugios, la salud del ecosistema aumenta.

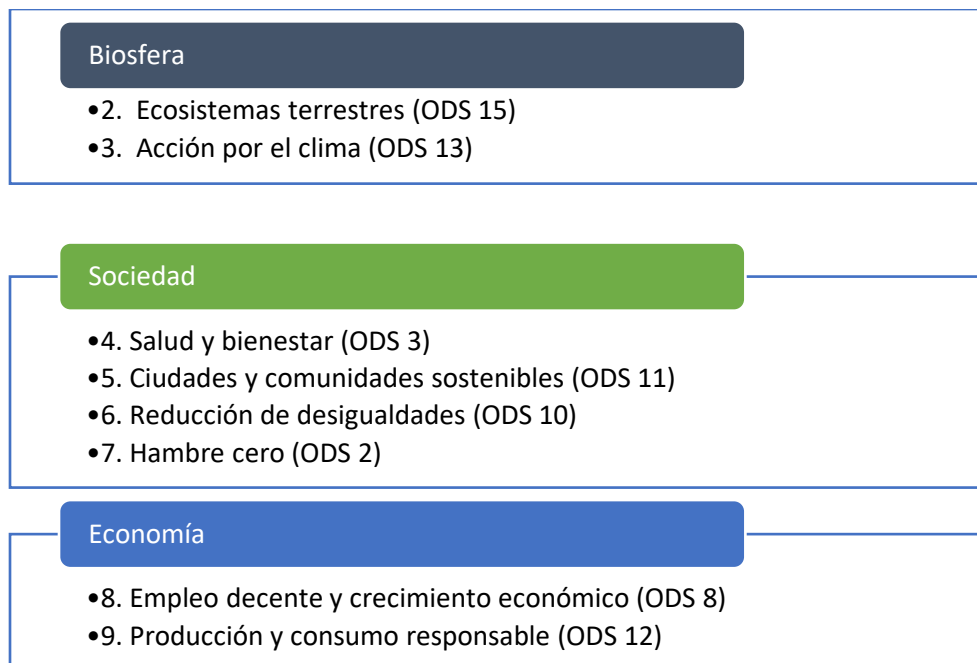
3.1.1 Las dimensiones del bienestar de las personas chinamperas y la restauración de los Servicios Ecosistémicos.

Como ya se ha definido, el concepto de Servicios Ecosistémico involucra los beneficios directos o indirectos que proporciona la naturaleza para las distintas dimensiones del bienestar humano. Al adoptar el modelo “Chinampa-Refugio” se reactiva paulatinamente el acceso a los Servicios Ecosistémicos y esto deriva en el bienestar de los Chinamperos y por ende en las dimensiones que lo componen ⁵⁴, las cuales son:

- 1. Dignidad:** Al mejorar la cantidad y calidad de sus cultivos los Chinamperos podrán tener un escenario propicio para una cierta seguridad alimentaria que les permitirá elevar su salud, seguridad y en general poder vivir con una mejor autoestima.
- 2. Naturaleza:** Al aplicar el proceso de restauración ecológica, los Chinamperos aseguran un sistema que les puede contribuir para su bienestar.
- 3. Conexión:** El orgullo chinampero por ser y pertenecer a un ecosistema como lo es el Humedal de Xochimilco, se enfoca en el bien común para la comunidad.
- 4. Equidad:** Al romper este ciclo de perturbación en el sistema y mejorar las condiciones económicas, de salud y beneficios materiales de los Chinamperos, ayuda a reducir la brecha de inequidad que existe en grupos vulnerables como los agricultores.
- 5. Participación:** Al mejorar las condiciones del ecosistema y esto, a su vez, su producción agrícola, los Chinamperos reactivan su participación en la comunidad, organizando asociaciones socioeconómicas para poder ser más eficiente en la producción y en la colocación de sus cosechas y productos en el mercado.

3.1.2 Los objetivos del desarrollo sostenible (ODS) y sus índices relacionados con el modelo ecológico “Chinampa-Refugio”.

Se observaron nueve ODS que tienen relación directa o indirecta con el modelo de restauración “Chinampa-Refugio”. Al organizar estos Objetivos, de acuerdo con modelo que diseñó el Centro de Resiliencia de Estocolmo (Figura 4), el esquema queda de la siguiente manera:



En la Tabla 2 se muestra los ODS con sus indicadores y metas, las cuales en su mayoría son un conjunto de buenas intenciones ya que llegar a ellas es poco viable.

Tabla 2. Indicadores y metas de los Objetivos de Desarrollo Sostenible ordenados acuerdo con modelo que diseñó el Centro de Resiliencia de Estocolmo

Dimensión	ODS	Indicadores y metas
Biosfera	Agua y saneamiento	6.3 De aquí a 2030, mejorar la calidad del agua reduciendo la contaminación, eliminando el vertimiento y minimizando la emisión de productos químicos y materiales peligrosos (...) <ul style="list-style-type: none"> 6.3.1 Proporción de aguas residuales tratadas de manera adecuada. 6.3.2 Proporción de masas de agua de buena calidad 6.6 De aquí a 2020, proteger y restablecer los ecosistemas relacionados con el agua, incluidos los bosques, las montañas, los humedales, los ríos, los acuíferos y los lagos. <ul style="list-style-type: none"> 6.6.1 Cambio en la extensión de los ecosistemas relacionados con el agua con el paso del tiempo. 6.b Apoyar y fortalecer la participación de las comunidades locales en la mejora de la gestión del agua y el saneamiento.

Dimensión	ODS	Indicadores y metas
		6.b.1 Proporción de dependencias administrativas locales que han establecido políticas y procedimientos operacionales para la participación de las comunidades locales en la gestión del agua y el saneamiento
	Ecosistemas terrestres	<p>15.1 De aquí a 2020, asegurar la conservación, el restablecimiento y el uso sostenible de los ecosistemas terrestres y los ecosistemas interiores de agua dulce y sus servicios, en particular los bosques, los humedales (...)</p> <p>15.1.2 Proporción de lugares importantes para la biodiversidad terrestre y del agua dulce incluidos en zonas protegidas, desglosada por tipo de ecosistema.</p> <p>15.3 De aquí a 2030, luchar contra la desertificación, rehabilitar las tierras y los suelos degradados, incluidas las tierras afectadas por la desertificación, la sequía y las inundaciones, así como lograr un mundo con efecto neutro en la degradación de las tierras.</p> <p>15.3.1 Proporción de tierras degradadas en comparación con la superficie total.</p> <p>15.5 Adoptar medidas urgentes y significativas para reducir la degradación de los hábitats naturales, detener la pérdida de biodiversidad y, de aquí a 2020, proteger las especies amenazadas y evitar su extinción.</p> <p>15.5.1 Índice de la Lista Roja</p>
	Acción por el clima	<p>13.1 Fortalecer la resiliencia y la capacidad de adaptación a los riesgos relacionados con el clima y los desastres naturales en todos los países.</p> <p>13.1.3 Proporción de gobiernos locales que adoptan y aplican estrategias locales de reducción del riesgo de desastres en consonancia con las estrategias nacionales de reducción del riesgo de desastres</p>
Sociedad	Salud y bienestar	<p>3.9 De aquí a 2030, reducir considerablemente el número de muertes y enfermedades causadas por productos químicos peligrosos y por la contaminación del aire, el agua y el suelo.</p> <p>3.9.1 Tasa de mortalidad atribuida a la contaminación de los hogares y del aire ambiente</p> <p>3.9.2 Tasa de mortalidad atribuida al agua insalubre, el saneamiento deficiente y la falta de higiene (exposición a servicios insalubres de agua, saneamiento e higiene para todos (WASH))</p>
	Ciudades y comunidades sostenibles	<p>11.4 Redoblar los esfuerzos para proteger y salvaguardar el patrimonio cultural y natural del mundo.</p> <p>11.4.1 Total de gastos (públicos y privados) per cápita destinados a la preservación, protección y conservación de todo el patrimonio cultural y natural, desglosado por tipo de patrimonio (cultural, natural, mixto y reconocido por el Centro del Patrimonio Mundial), nivel de gobierno (nacional, regional y local o municipal).</p> <p>11.6 De aquí a 2030, reducir el impacto ambiental negativo per cápita de las ciudades, incluso prestando especial atención a la calidad del aire y la gestión de los desechos municipales y de otro tipo.</p> <p>11.6.2 Niveles medios anuales de partículas finas en suspensión (por ejemplo, PM2.5 y PM10) en las ciudades (ponderados según la población).</p>

Dimensión	ODS	Indicadores y metas
		<p>11.b De aquí a 2020, aumentar considerablemente el número de ciudades y asentamientos humanos que adoptan e implementan políticas así como, planes integrados para promover la inclusión, el uso eficiente de los recursos, la mitigación del cambio climático así como, la adaptación a él y la resiliencia ante los desastres, así como desarrollar y poner en práctica, en consonancia con el Marco de Sendái para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030, la gestión integral de los riesgos de desastre a todos los niveles.</p> <p>11.b.2 Proporción de gobiernos locales que adoptan y aplican estrategias locales de reducción del riesgo de desastres en consonancia con las estrategias nacionales de reducción del riesgo de desastres.</p>
	Reducción de desigualdades	<p>10.2 De aquí a 2030, potenciar y promover la inclusión social, económica y política de todas las personas, independientemente de su edad, sexo, discapacidad, raza, étnia, origen, religión o situación económica u otra condición.</p> <p>10.2.1 Proporción de personas que viven por debajo del 50% de la mediana de los ingresos, desglosada por sexo, edad y personas con discapacidad.</p>
	Hambre cero	<p>2.3 De aquí a 2030, duplicar la productividad agrícola y los ingresos de los productores de alimentos en pequeña escala, en particular las mujeres, los pueblos indígenas, los agricultores familiares, los ganaderos y los pescadores, entre otras cosas mediante un acceso seguro y equitativo a las tierras, a otros recursos e insumos de producción y a los conocimientos.</p> <p>2.3.1 Volumen de producción por unidad de trabajo desglosado por tamaño y tipo de explotación (agropecuaria).</p> <p>2.3.2 Media de ingresos de los productores de alimentos en pequeña escala, desglosada por sexo y condición indígena.</p> <p>2.4 El cual indica que “De aquí a 2030, asegurar la sostenibilidad de los sistemas de producción de alimentos y aplicar prácticas agrícolas resilientes que aumenten la productividad y la producción, contribuyan al mantenimiento de los ecosistemas, fortalezcan la capacidad de adaptación al cambio climático, los fenómenos meteorológicos extremos, las sequías, las inundaciones y otros desastres, y mejoren progresivamente la calidad de la tierra y el suelo.</p> <p>2.4.1 Proporción de la superficie agrícola en que se practica una agricultura productiva y sostenible.</p>
Economía	Empleo decente y crecimiento económico	8.4 Mejorar progresivamente, de aquí a 2030, la producción y el consumo eficientes de los recursos mundiales y procurar desvincular el crecimiento económico de la degradación del medio ambiente (...)
	Producción y consumo responsable	<p>12.a Ayudar a los países en desarrollo a fortalecer su capacidad científica y tecnológica para avanzar hacia modalidades de consumo y producción más sostenibles</p> <p>12.a.1 Cantidad de apoyo en materia de investigación y desarrollo prestado a los países en desarrollo para el consumo y la producción sostenibles y las tecnologías ecológicamente racionales.</p>

3.1.2 Identificación de las interacciones de redes de los ODS, Derechos Humanos de alimentación y al agua, con el modelo de restauración ecológica Chinampa-Refugio.

Con el propósito de demostrar cómo el modelo de restauración ecológica Chinampa-Refugio ayuda al acceso al Derecho Humano al agua y a la alimentación, se realizó un grupo focal de especialistas utilizando la metodología dialógica⁵. En dicho grupo participaron el Dr. Luis Zambrano, la Dra. Denise Arrollo Lambaer y el que suscribe. Como resultado se obtuvo un modelo mental colectivo y se representó un mapa cognitivo utilizando nueve ODS descritos en el apartado anterior, de los cuales se tomaron como base las metas e indicadores de tres ODS de la dimensión de la Biósfera: agua y saneamiento, ecosistemas terrestres y acciones por el clima. Los indicadores seleccionados se relacionan con el modelo Chinampa-Refugio. Para graficar la red se utilizó el software *Mental Modeler*⁸⁰ el cual arrojó la caracterización y obtención de parámetros del mapa mental en el que se observa una red de 20 nodos conceptuales, que establecen 56 relaciones y conexiones entre los indicadores seleccionados y los otros seis ODS relacionados con las dimensiones sociales y económicas (Figura 9 y Tabla 3).

Posteriormente, se utilizó el software *Cytoscape*⁸¹ para visualizar el mapa cognitivo como una red dirigida y se analizó jerárquicamente⁸²(Figura 10, Tabla 3). La información está organizada de la base del gráfico hacia la parte superior. Los nodos en la base son principalmente conductores, estos nodos solo tienen influencia en otros, es decir, solo salen relaciones, no llegan o no son afectados por otros. El único nodo conductor es *“Apoyar y fortalecer la participación local por financiamiento de dependencias locales y federales”*. En medio de la red, están los nodos ordinarios, en estos entran y salen relaciones, es decir, tiene influencia y son influenciados por otros nodos. En total hay 10 nodos ordinarios^{6 83}. En la parte superior de la red están los nodos que sólo son receptores, esto es que sólo reciben relaciones o son influenciados. En total existen nueve nodos receptores⁷.

⁵ Los procesos dialógicos son interacciones comunitarias donde hay un intercambio de ideas, opiniones y significados entre dos o más personas. Implican un diálogo activo, respetuoso y constructivo donde se comparten perspectivas y se busca entender las diferentes posiciones para llegar a un entendimiento o consenso.

⁶ i) Gobiernos locales adoptan estrategias para reducir riesgos, ii) Modelo Chinampa-Refugio, iii) Restauración ecosistemas estratégicos terrestres y de agua dulce (ANP), iv) ODS 6 Agua limpia y saneamiento, v) ODS 15 Vida y ecosistemas terrestres, vi) ODS 13 Acción por el clima, vii) Producción y consumo responsable, viii) Trabajo decente y crecimiento económico, ix) Adoptar medidas urgentes, y x) Manejo de aguas residuales tratadas.

⁷ i) Proporción de masa de agua de buena calidad, ii) ODS 3 Salud y Bienestar, iii) Cambio en extensión de ecosistemas de agua dulce a través del tiempo, iv) Riesgos por cambio climático, v) Resiliencia de sistema, vi) Índice de lista roja IUCN, vii) ODS 11 Ciudades y comunidades sostenibles, viii) ODS 2 Hambre cero, y ix) ODS 10 Reducción de las desigualdades.

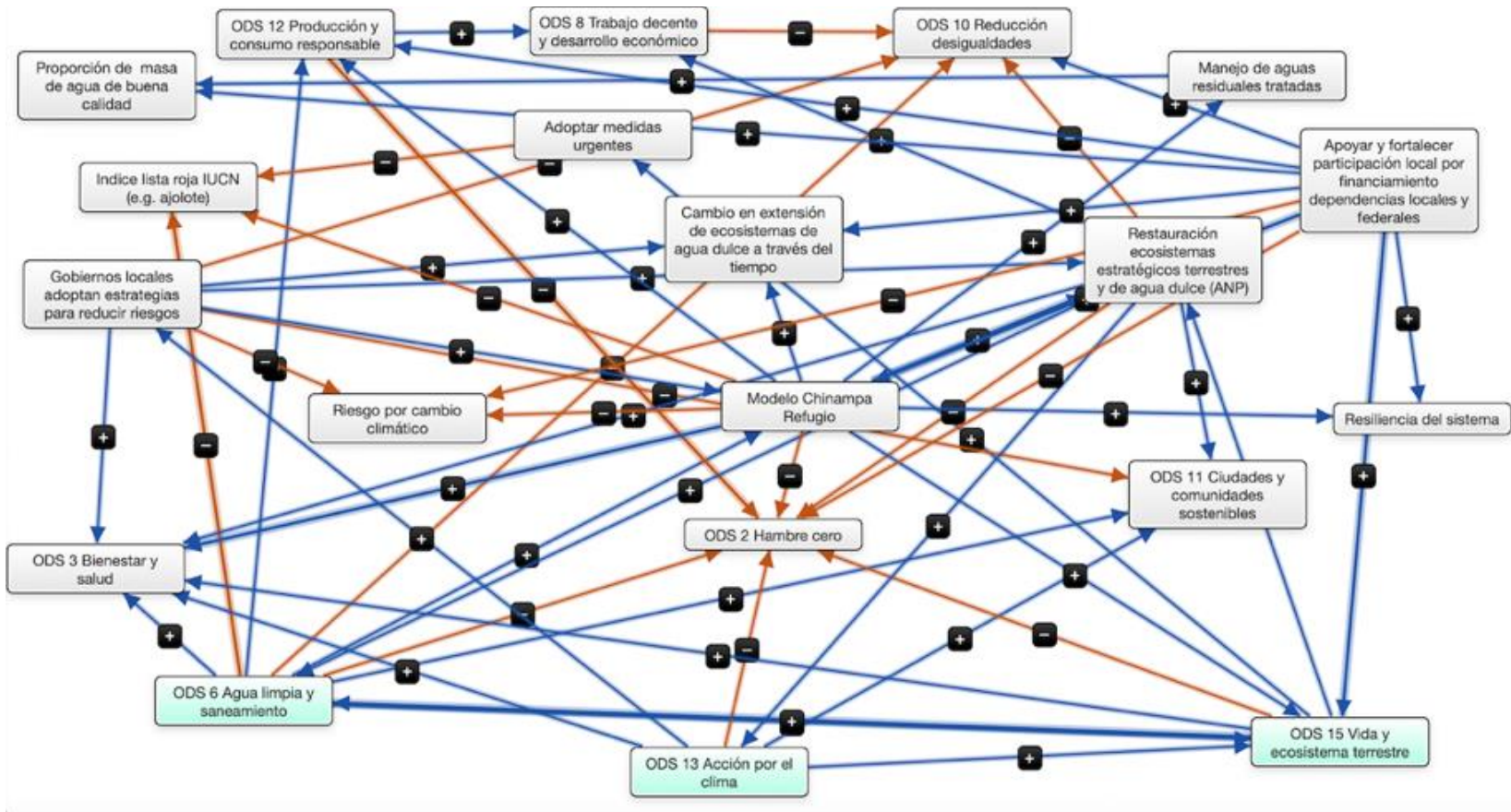


Figura 9. Red del mapa cognitivo el cual muestra la relación que existe entre el modelo Chinampa-Refugio y nueve ODS que se relacionan por sus indicadores particulares. Se observa de color verde, tres ODS que son parte de la dimensión de la Biósfera. El componente "Modelo Chinampa-Refugio" casi en el centro de mapa. También se pueden observar las relaciones positivas o negativas entre los componentes, esta relación no es cuantitativa sino cualitativa. Elaboración propia (2023).

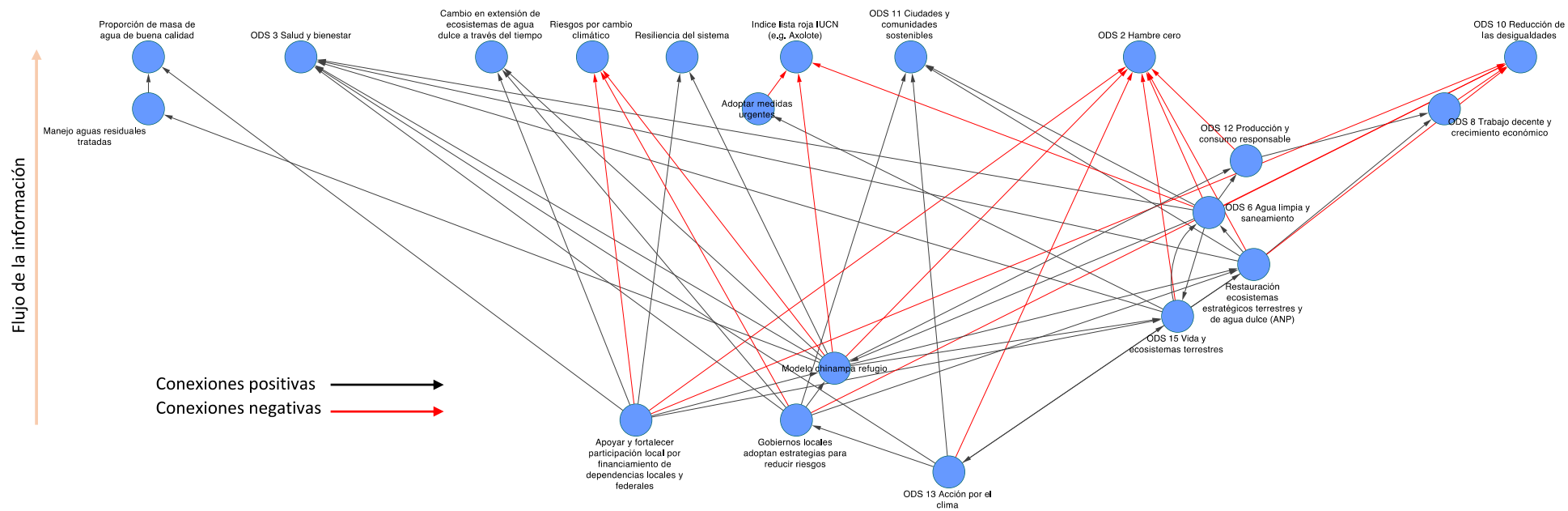


Figura 10. Red del mapa cognitivo obtenido entre el modelo Chinampa-Refugio y nueve ODS. Elaboración propia (2023)

Tabla 3. Parámetros del mapa mental. Elaboración propia (2023)

Parámetro	Valor
Total nodos	20
Total relaciones	56
Conexiones por nodo	3
Número nodos conductores	1
Número nodos receptores	9
Número nodos ordinarios	10

En la red del mapa mental se puede observar que el único nodo conductor es *“Apoyar y fortalecer la participación local por financiamiento por dependencias locales y federales”*. Este nodo tiene influencia positiva directa en cinco nodos, de los cuales dos son ordinarios, es decir, son influenciados e influyen a su vez en otros. Estos son el de *“Modelo Chinampa-Refugio”* y el *“ODS 15 Vida y ecosistemas terrestres”* (Figura 10, Tabla 2). Los otros tres restantes son nodos receptores, es decir, están ubicados en la parte superior de la gráfica, por lo que solo reciben influencia. Estos nodos son el de *“Resiliencia del sistema”*, *“Cambio en extensión de ecosistemas de agua dulce a través del tiempo”* y *“Proporción de agua de buena calidad”*. Asimismo, se observa que el nodo conductor tiene conexiones negativas con tres nodos receptores, por lo que el hecho de implementar apoyos financieros y fomentar la participación social contribuye a alcanzar las metas de los ODS *“Reducción de desigualdades”*, *“Hambre cero”* y disminuir el indicador *“Riesgo por cambio climático”*.

En síntesis, *“Apoyar y fortalecer la participación local por financiamiento por dependencias locales y federales”* sugiere que la inversión económica y social de actores gubernamentales o particulares son clave para el inicio de los procesos de restauración en el ecosistema del Humedal de Xochimilco y también, para incidir en la reducción de problemas estructurales como el Hambre cero y la Reducción de desigualdades.

Con el propósito de realizar un análisis de mayor profundidad, se filtró la red del mapa mental para conocer los 10 nodos de centralidad que tienen mayor conectividad (Figura 11) e intermediación (Figura 12). Como resultado se observa que los tres nodos ordinarios con mayores conexiones son el *“Modelo Chinampa-Refugio”*, seguido de *“Restauración ecosistemas estratégicos terrestres y de agua dulce (ANP)”*, ambos con siete conexiones, y *“Agua limpia y saneamiento”*, con seis nodos influenciados. En este nuevo análisis sobresale que, a través de las interacciones de los tres principales nodos, se logra la disminución de *“Hambre cero”*, la *“Reducción de desigualdades”* y mejorar en *“Salud y bienestar”*.

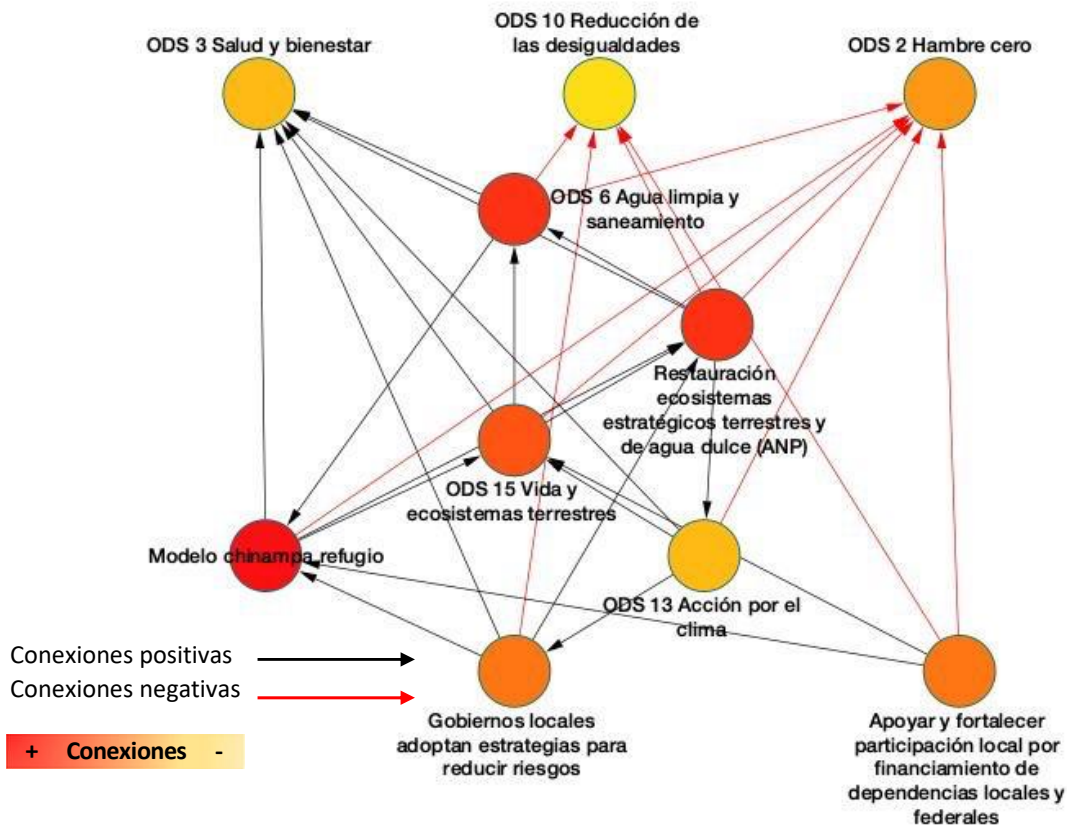


Figura 11. Red de los 10 principales nodos de conectividad. Los nodos con mayor conectividad se muestran de rojo degradándose a amarillo. Elaboración propia (2023)

Ahora bien, al analizar los 10 nodos a través del grado de centralidad por intermediación, se observa que el “Modelo Chinampa-Refugio” y “Agua limpia y saneamiento” son por los cuales pasa más información y por lo tanto tienen influencia en nodos superiores ⁸⁴. Es decir, que dichos nodos son el puente más probable entre las acciones que implican “Apoyar y fortalecer participación local por financiamiento de dependencias locales y federales” para alcanzar las metas e indicadores de “Hambre cero”, conservar al Axolote (*Ambystoma mexicanum*) y la “Reducción de las desigualdades” (Figura 12).

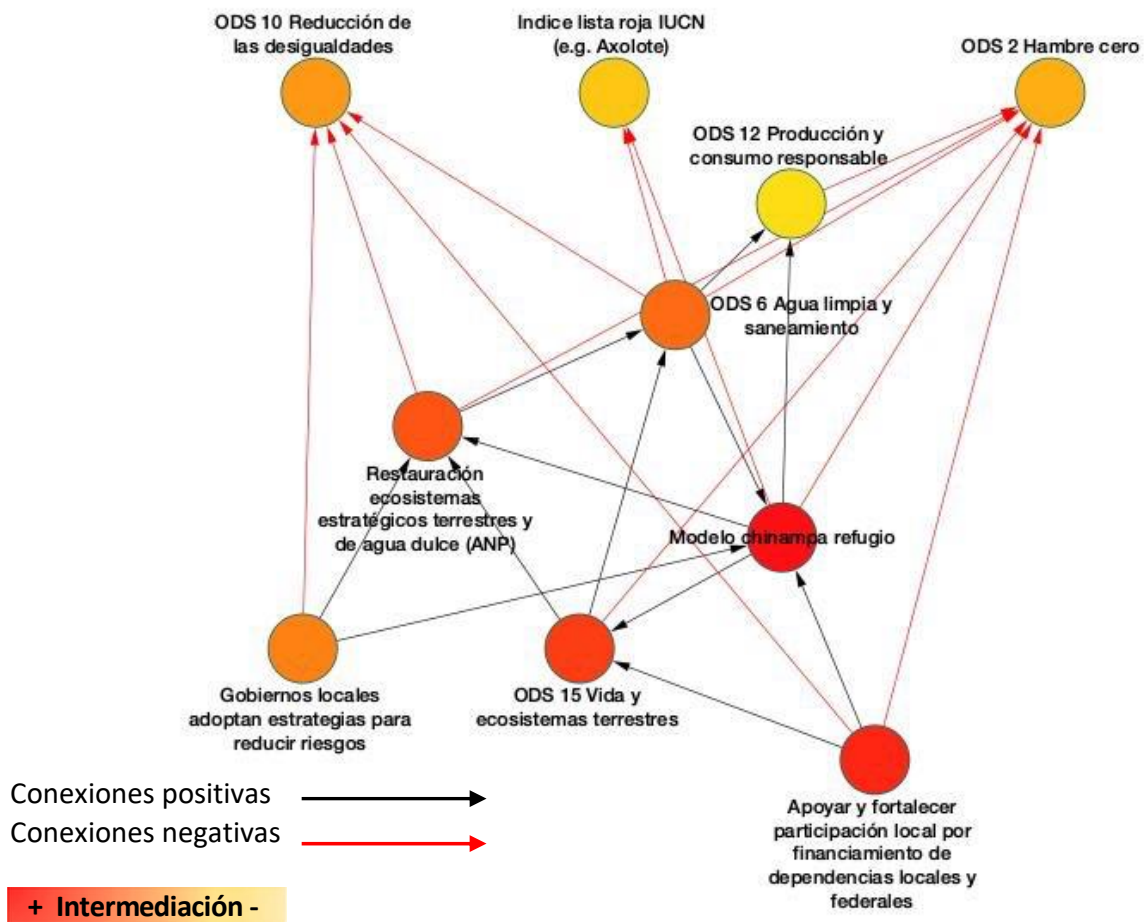


Figura 12. Red de los 10 principales nodos de centralidad de intermediación. Los nodos con los valores más altos de centralidad de intermediación se muestran de rojo degradándose a amarillo. Elaboración propia (2023)

En suma, el análisis a través de los mapas mentales permite probar tres premisas. La primera es que el financiamiento gubernamental o particular, así como, el fortalecimiento de la participación social en el socioecosistema del Humedal de Xochimilco es una acción primigenia para la restauración del ecosistema y también para mejorar el acceso a los Derechos Humanos a la alimentación y al agua. Segundo, la implementación del modelo de restauración ecológica “Chinampa-Refugio” es un diseño que hace factible aumentar, no solo la funcionalidad ecosistémica, sino también el bienestar humano. A través de este modelo se facilita la reducción de los indicadores de hambre y de desigualdad, lo cual da elementos para sugerir que el Derecho Humano a la alimentación sea más accesible y asequible para los Chinamperos.

Por último, el agua es el elemento angular del modelo “Chinampa-Refugio”, su implementación eleva la calidad de esta en el sitio y, por lo tanto, al incrementar el número de chinampas en el que se aplique el modelo, éste se vuelve un puente para acceder al Derecho Humano de la alimentación, aumentar la biodiversidad con la reintroducción del Axolote (*Ambystoma mexicanum*) y permitir la asequibilidad del Derecho al agua.

3.1.3 La restauración ecológica y los Derechos Humanos de los Chinamperos.

A lo largo de esta tesina se han descrito las diferentes implicaciones que tiene la salud de los ecosistemas con el bienestar humano. Se ha indicado cómo un modelo de restauración ecológica ha rehabilitado la función del ecosistema y reactivado la disponibilidad de los recursos del humedal para contribuir con la vida de los organismos y los seres humanos. También, a través del análisis de mapas mentales, se ha demostrado cómo el modelo de restauración “Chinampa-Refugio” contribuye a mejorar los indicadores de tres de cuatro ODS que conforman la dimensión de la Biósfera, base del esquema del Centro de Resiliencia de Estocolmo (Figura 4).

Toda la evidencia indica que el conocimiento compartido utilizado para diseñar el modelo “Chinampa-Refugio”, también ha dado la posibilidad de acceder a lo descrito por Declaración de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el “Medio del Hombre” el cual señala, en su principio número 1, que **“El humano tiene derecho fundamental a la libertad, igualdad y adecuadas condiciones de vida en un ambiente cuya calidad le permita vivir una vida digna, y él conlleva una sola responsabilidad, de proteger y mejorar el ambiente para las presentes y futuras generaciones”**.

Cada uno de los componentes de los que integra este principio, describen lo que se ha alcanzado con el modelo de restauración multicitado. Desde las “adecuadas condiciones de vida” hasta la “vida digna”, se ha explicado cómo se han regenerado y gestionado el ecosistema donde viven los Chinamperos de una manera sostenible. En particular el modelo ha hecho más accesibles los Derechos Humanos a la alimentación y al agua. También, el

modelo es un facilitador para incidir en indicadores de los ODS, lo cual implica un puente al acceso más adecuado a los derechos ya indicados.

También la Constitución Política Mexicana se ha reflejado el Derecho Humano a un ambiente sano, el cual está descrito en el artículo cuarto, párrafo quinto de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos ⁵⁷. Esta disposición jurídica a la letra señala que: ***“Toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar. El Estado garantizará el respeto a este derecho. El daño y deterioro ambiental generará responsabilidad para quien lo provoque en términos de lo dispuesto por la ley”***.

La restauración ecológica también puede equiparse a un proceso de reinstauración de Derechos Humanos, ya que al reactivar la funcionalidad de los ecosistemas se desencadena múltiples y nuevas condiciones, a varias escalas, que dan como resultado mejor calidad de vida para los organismos y mejora los indicadores de los ODS y del bienestar para los humanos. La restauración ecológica en el caso del Humedal de Xochimilco implica el acceso a los Derechos Humanos de la alimentación y al agua, lo cual es un resultado emergente del socioecosistema.

Tal y como lo plantea Johan Rockström, cuando ponemos en el centro del diseño de las políticas públicas o soluciones a un problema en específico todos los componentes de los socioecosistemas, reconectamos nuevamente con la naturaleza y esta contribuye con creces para que nuestra vida y la de todas las especies sea de mejor calidad.

Capítulo 4: Conclusiones

A manera de conclusiones sobre el modelo Chinampa-Refugio y bajo una visión de Derechos Humanos en el contexto de los Objetivos de Desarrollo Sostenible es posible decir que:

- Se propicia un derecho emergente el acceso a Derechos Humanos básicos, como son el derecho a la alimentación y al agua.
- Representa un puente para incidir en los indicadores de los ODS como son Hambre cero, Reducción de las Desigualdades, así como Salud y bienestar.
- Puede representar una base fundamentada para el diseño de una política pública, dado que se demostró que contribuye a varios de los ODS, así como disminuir el daño que se ha hecho en los ecosistemas, especialmente dirigido a los humedales del sur de la Ciudad de México.
- La inversión gubernamental y de organizaciones privadas en el financiamiento de la restauración, así como el convencimiento de los pobladores locales, son claves para que los modelos de restauración ecológica tengan éxito y esto a su vez puedan ser puentes para el acceso a los Derechos Humanos.
- Se demostró que, si se contribuye a mejorar los indicadores de los ODS vinculados con la alimentación y el agua, se generan ciclos positivos que dan con resultado el acceso a otros Derechos Humanos, con dimensiones económicas y sociales.
- La restauración ecológica puede equipararse a un proceso de reinstauración de Derechos Humanos, ya que al reactivar la funcionalidad de los ecosistemas se desencadenan múltiples y nuevas condiciones, a varias escalas, que dan como resultado mayor calidad de vida para los organismos y mejora las condiciones de vida de los pobladores locales, reflejado en los indicadores de los ODS.
- La restauración ecológica y es específico el modelo Chinampa-Refugio, ayudan a disminuir las inequidades alimentarias y de acceso al agua relacionadas con el ODS 10, el cual se refiere a la “reducción de las desigualdades”.
- El uso de los biofiltros, que son ecotécnicas, que usan aspectos tecnológicos sencillos, baratos y accesibles para los chinamperos; son claves en el éxito de un buen proceso de restauración.

Referencias

1. Biggs, R. et al. *The Routledge Handbook of Research Methods for Social-Ecological Systems. The Routledge Handbook of Research Methods for Social-Ecological Systems* (2021). doi:10.4324/9781003021339.
2. Grant, E., Kotze, L. & Morrow, K. Human Rights and the Environment : In Search of a New Relationship . Synergies and Common Themes the important task of developing a new framework that could contribute to re- justice to the vibrant and sustained discussion that took place in response to t. *Oñati Socio-Legal Ser.* **3**, 953–965 (2013).
3. Gutiérrez, R. Derecho humano al medio ambiente y sus obligaciones: evolución reciente de la relación entre los derechos humanos y el medio ambiente. in *Crisis ambiental en México, Ruta para el cambio* (ed. Merino Pérez, L.) 255–264 (Universidad Nacional Autónoma de México Ciudad, 2019).
4. Dobson, A. P., Bradshaw, A. D. & Baker, A. J. M. Hopes for the future: Restoration ecology and conservation biology. *Science* (80-.). **277**, 515–522 (1997).
5. Scheffer, M., Carpenter, S., Foley, J. A., Folke, C. & Walker, B. Catastrophic shifts in ecosystems. *Nature* vol. 413 591–596 at <https://doi.org/10.1038/35098000> (2001).
6. Walker, B. H. Resilience: what it is and is not. *Ecol. Soc.* **25**, art11 (2020).
7. Cruz Parceró, J., Rodríguez Padilla, P. & Larrañaga Monjaraz, P. *Derechos económicos: una aproximación conceptual. Comisión Económica para América Latina y el Caribe/Comisión Nacional de los Derechos Humanos (CEPAL/CNDH)* www.cepal.org/apps (2019).
8. Nations, U. La Declaración Universal de Derechos Humanos | Naciones Unidas.
9. Oficina en México del Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Derechos Humanos. ¿Qué son los derechos humanos? *Derechos Humanos* 19–32 (2016).
10. Nations, U. *Report of the United Nations Conference on the Human Environment.* <https://documents.un.org/doc/undoc/gen/nl7/300/05/pdf/nl730005.pdf?token=OKVq1TF8OUcRa1hTzh&fe=true> (1972).
11. Unidas, N. Declaración de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio

- Humano (Declaración de Estocolmo), de 1972. Y Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, de 1992. *Doc. las N* 1–14 (1972).
12. Knox, J. H. Constructing the human right to a healthy environment. *Annual Review of Law and Social Science* vol. 16 79–95 at <https://doi.org/10.1146/annurev-lawsocsci-031720-074856> (2020).
 13. Knox, J. H. The United Nations Mandate on Human Rights and the Environment. *Chinese J. Environ. Law* **2**, 83–92 (2018).
 14. Brockington, D., IGOE, J. & SCHMIDT-SOLTAU, K. Conservation, Human Rights, and Poverty Reduction. *Conserv. Biol.* **20**, 250–252 (2006).
 15. Elmqvist, T., Redman, C. L., Barthel, S. & Costanza, R. History of urbanization and the missing ecology. in *Urbanization, Biodiversity and Ecosystem Services: Challenges and Opportunities: A Global Assessment* 13–30 (Springer Netherlands, 2013). doi:10.1007/978-94-007-7088-1_2.
 16. Steffen, W. *et al.* Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science (80-.)*. **347**, 1259855–1259855 (2015).
 17. Díaz, S. *et al.* Pervasive human-driven decline of life on Earth points to the need for transformative change. *Science* vol. 366 1–10 at <https://doi.org/10.1126/science.aax3100> (2019).
 18. Meadows, D. H. ., Meadows, D. L. ., Randers, J. & Behrens, W. W. The Limits to Growth : A Report to The Club of Rome. *Universe* 1–9 (1972).
 19. Elmqvist, T. *et al.* *Urbanization, biodiversity and ecosystem services: Challenges and opportunities: A global assessment. Urbanization, Biodiversity and Ecosystem Services: Challenges and Opportunities: A Global Assessment* (Springer Netherlands, 2013). doi:10.1007/978-94-007-7088-1.
 20. Seto, K. C., Parnell, S. & Elmqvist, T. A global outlook on urbanization. in *Urbanization, Biodiversity and Ecosystem Services: Challenges and Opportunities: A Global Assessment* 1–12 (Springer Netherlands, 2013). doi:10.1007/978-94-007-7088-1_1.
 21. Hubacek, K., Guan, D., Barrett, J. & Wiedmann, T. Environmental implications of

- urbanization and lifestyle change in China: Ecological and Water Footprints. *J. Clean. Prod.* **17**, 1241–1248 (2009).
22. Balvanera, P. & Cotler, H. Acercamientos al estudio de los servicios ecosistémicos. **85**, 8–15 (2007).
 23. Heynen, N., Perkins, H. A. & Roy, P. The political ecology of uneven urban green space: The impact of political economy on race and ethnicity in producing environmental inequality in Milwaukee. *Urban Aff. Rev.* **42**, 3–25 (2006).
 24. Mooney, H. A. *et al.* *Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis* The Cropper Foundation, Trinidad and Tobago. (2005).
 25. Díaz, S. *et al.* Assessing nature's contributions to people. *Science* (80-.). **359**, 270–272 (2018).
 26. Gómez-Baggethun, E. & De Groot, R. Capital natural y funciones de los ecosistemas: explorando las bases ecológicas de la economía. *Ecosistemas* **16**, 4–14 (2007).
 27. Wächter, P. Thinking in systems – a primer. *Env. Polit.* **20**, 595–596 (2011).
 28. Percy, S. *et al.* Millennium Ecosystem Assessment Business and Industry Synthesis Team Synthesis Team Members Synthesis Team Co-chairs Business Council for Sustainable Development-Brazil World Business Council for Sustainable Development A Report of the Millennium Ecosyste. 36 (2005).
 29. Di Gregorio, A., and Jansen, L. J. M. Land Cover Classification System (LCCS): Classification Concepts and User Manual. *Fao* **53**, 179 (2000).
 30. Chapin, F. S., Kofinas, G. P. & Folke, C. *Principles of ecosystem stewardship: Resilience-based natural resource management in a changing world. Principles of Ecosystem Stewardship: Resilience-Based Natural Resource Management in a Changing World* (Springer New York, 2009). doi:10.1007/978-0-387-73033-2.
 31. Pascual, U. *et al.* Valuing nature's contributions to people: the IPBES approach. *Current Opinion in Environmental Sustainability* vols 26–27 7–16 at <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2016.12.006> (2017).
 32. Teeb. TEEB manual for cities: Ecosystem services in urban management. *The Economics of ecosystems and biodiversity (TEEB)* 48 at www.TEEBweb.org (2011).

33. Ommer, R. & Castleden, H. Social-Ecological System(s). *Encycl. Qual. Life Well-Being Res.* 6197–6199 (2014) doi:10.1007/978-94-007-0753-5_2798.
34. Gómez-Baggethun, E. *et al.* Urban Ecosystem Services. in *Urbanization, Biodiversity and Ecosystem Services: Challenges and Opportunities* 175–251 (Springer Netherlands, 2013). doi:10.1007/978-94-007-7088-1_11.
35. Sennett, R. *Building and dwelling: ethics for the city.* (2018).
36. Sudjic, D. El lenguaje de las ciudades. (2017).
37. Gehl, J. *Ciudades para la gente.* (El equilibrista, 2014).
38. Borja, J. Ciudad de ciudades | Jordi Borja. *Articulos* <https://www.jordiborja.cat/ciudad-de-ciudades/> (2018).
39. Odum, E. P. Ecology and our endangered life-support systems. *Ecol. our Endanger. life-support Syst.* (1989) doi:10.1016/0921-8009(89)90015-3.
40. Gómez-Baggethun, E. & Barton, D. N. Classifying and valuing ecosystem services for urban planning. *Ecol. Econ.* **86**, 235–245 (2013).
41. Calderón-Contreras, R. & Quiroz-Rosas, L. E. Analysing scale, quality and diversity of green infrastructure and the provision of Urban Ecosystem Services: A case from Mexico City. *Ecosyst. Serv.* **23**, 127–137 (2017).
42. Grove, J. M. Cities: Managing densely settled social-ecological systems. in *Principles of Ecosystem Stewardship: Resilience-Based Natural Resource Management in a Changing World* 281–294 (2009). doi:10.1007/978-0-387-73033-2_13.
43. McPhearson, T., Hamstead, Z. A. & Kremer, P. Urban ecosystem services for resilience planning and management in New York City. *Ambio* **43**, 502–515 (2014).
44. Langemeyer, J. & Connolly, J. J. T. Weaving notions of justice into urban ecosystem services research and practice. *Environmental Science and Policy* vol. 109 1–14 at <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2020.03.021> (2020).
45. Folke, C. *et al.* Reconnecting to the Biosphere. *Ambio* **40**, 719 (2011).
46. Steffen, W. *et al.* The anthropocene: From global change to planetary stewardship. in *Ambio* vol. 40 739–761 (2011).
47. Chapin, F. S., Kofinas, G. P. & Folke, C. *Principles of ecosystem stewardship:*

Resilience-based natural resource management in a changing world. Principles of Ecosystem Stewardship: Resilience-Based Natural Resource Management in a Changing World (2009). doi:10.1007/978-0-387-73033-2.

48. Bruckner, B. *et al.* Impacts of Poverty Alleviation on National and Global Carbon Emissions. *EnerarXiv* (2021).
49. La Agenda para el Desarrollo Sostenible - Desarrollo Sostenible. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/development-agenda/>.
50. Chapin, F. S. *et al.* Ecosystem stewardship: sustainability strategies for a rapidly changing planet. *Trends in Ecology and Evolution* vol. 25 241–249 at <https://doi.org/10.1016/j.tree.2009.10.008> (2010).
51. SRC. The SDGs wedding cake - Stockholm Resilience Centre. <https://www.stockholmresilience.org/research/research-news/2016-06-14-the-sdgs-wedding-cake.html>.
52. Biggs, R., Schlüter, M. & Schoon, M. Principles for building resilience: Sustaining ecosystem services in social-ecological systems. (2015).
53. Liu, J. *et al.* Complexity of coupled human and natural systems. *Science* vol. 317 1513–1516 at <https://doi.org/10.1126/science.1144004> (2007).
54. Dixon-Declève, S. *et al.* *Earth for all - A survival guide for humanity: a report to the Club of Rome*. <https://policycommons.net/artifacts/3184345/earth-for-all-a-survival-guide-for-humanity/> (2022).
55. Díaz, S., Demissew, S., Joly, C., Lonsdale, W. M. & Larigauderie, A. A Rosetta Stone for Nature’s Benefits to People. *PLoS Biol.* **13**, (2015).
56. Berkes, F., Colding, J. & Folke, C. Introduction. *Navig. Soc. Syst.* 1–30 (2009) doi:10.1017/cbo9780511541957.003.
57. DOF, D. O. de la F. *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos*. 9–10 (2023).
58. Bulto, T. S. The environment and human rights. *SAGE Handb. Hum. Rights* **75**, 1015–1030 (2014).
59. ONU, A. G. Decenio de las Naciones Unidas sobre la Restauración de los

- Ecosistemas (2021-2030). **03519**, 1–7 (2019).
60. Hobbs, R. J., and D. A. N. Towards a Conceptual Framework for Restoration Ecology. *Restor. Ecol.* **4**, 93–100 (1996).
 61. Vargas, O. & Mora, F. La restauración ecológica. Su contexto, definiciones y dimensiones. in *Estrategias para la restauración ecológica del bosque altoandino*. 19–40 (2008).
 62. Thomas, R. Logical analysis of systems comprising feedback loops. *J. Theor. Biol.* **73**, 631–656 (1978).
 63. Zambrano, L. *et al.* Adapting Wetland Restoration Practices in Urban Areas: Perspectives from Xochimilco in Mexico City. *Ecol. Restor.* **38**, 114–123 (2020).
 64. Falfán, I. & Zambrano, L. Lacustrine Urban Blue Spaces: Low Availability and Inequitable Distribution in the Most Populated Cities in Mexico. *Land* **12**, 228 (2023).
 65. Arroyo-Lambaer, D. *et al.* Identifying urban agriculture needs and challenges for the implementation of green labeling in Xochimilco, Mexico. *Front. Sustain. Cities* **0**, 103 (2022).
 66. Reygadas P., D. *La biodiversidad en la Ciudad de México, vol. i.* (2016).
 67. Armillas, P. Gardens on swamps. *Science (80-.)*. **174**, 653–661 (1971).
 68. Figueroa, F. *et al.* Integrating Agroecological Food Production, Ecological Restoration, Peasants' Wellbeing, and Agri-Food Biocultural Heritage in Xochimilco, Mexico City. *Sustainability* **14**, 9641 (2022).
 69. Zambrano, L., Contreras, V., Mazari-Hiriart, M. & Zarco-Arista, A. E. Spatial heterogeneity of water quality in a highly degraded tropical freshwater ecosystem. *Environ. Manage.* **43**, 249–263 (2009).
 70. Sosa-Rodriguez, F. S. Impacts of Water-management Decisions on the Survival of a City: From Ancient Tenochtitlan to Modern Mexico City. <https://doi.org/10.1080/07900627.2010.519503> **26**, 675–687 (2010).
 71. Conway, G. R. & Barbie, E. B. After the Green Revolution: Sustainable and equitable agricultural development. *Futures* **20**, 651–670 (1988).

72. Bustamante Castellanos, E. Evaluación del potencial pesquero de la tilapia (*Oreochromis niloticus*), en la zona lacustre de Xochimilco, México, D.F. 57 (2013).
73. Mazari-Hiriart, M. *et al.* Microbiological Implications of Periurban Agriculture and Water Reuse in Mexico City. *PLoS One* **3**, e2305 (2008).
74. Zambrano L., Miguel I Rivas, R. R. V. *PLAN ESTRATÉGICO DE RESTAURACIÓN DE TRES ESPACIOS PRIORITARIOS DE LA ZONA CHINAMPERA DE XOCHIMILCO. Jurnal Penelitian Pendidikan Guru Sekolah Dasar* vol. 6 (2016).
75. Zambrano, L., Aronson, M. F. J. & Fernandez, T. The Consequences of Landscape Fragmentation on Socio-Ecological Patterns in a Rapidly Developing Urban Area: A Case Study of the National Autonomous University of Mexico. *Front. Environ. Sci.* **7**, 1–13 (2019).
76. González-Pozo, A. The Chinampas of Xochimilco at the start of the XXIst century: an initial catalogue. 278 (2015).
77. Vogt, J. & Cortez, C. Urban social-ecological systems. in *Encyclopedia of the World's Biomes* vols 5–5 35–47 (Elsevier, 2020).
78. Folke, C. Resilience: The emergence of a perspective for social-ecological systems analyses. *Glob. Environ. Chang.* **16**, 253–267 (2006).
79. Colding, J. & Barthel, S. Exploring the social-ecological systems discourse 20 years later. *Ecol. Soc. Publ. online Jan 21, 2019 | doi10.5751/ES-10598-240102* **24**, (2019).
80. Gray, S. A., Gray, S., Cox, L. J. & Henly-Shepard, S. Mental Modeler: A fuzzy-logic cognitive mapping modeling tool for adaptive environmental management. *Proc. Annu. Hawaii Int. Conf. Syst. Sci.* 965–973 (2013) doi:10.1109/HICSS.2013.399.
81. Shannon, P. *et al.* Cytoscape: A Software Environment for Integrated Models of Biomolecular Interaction Networks. *Genome Res.* **13**, 2498–2504 (2003).
82. Chin, C. H. *et al.* cytoHubba: Identifying hub objects and sub-networks from complex interactome. *BMC Syst. Biol.* **8**, 1–7 (2014).
83. Özesmi, U. & Özesmi, S. L. Ecological models based on people's knowledge: a multi-step fuzzy cognitive mapping approach. *Ecol. Modell.* **176**, 43–64 (2004).

84. Raghavan Unnithan, S. K., Kannan, B. & Jathavedan, M. Betweenness Centrality in Some Classes of Graphs. *Int. J. Comb.* **2014**, 1–12 (2014).
85. Larondelle, N. & Haase, D. Urban ecosystem services assessment along a rural-urban gradient: A cross-analysis of European cities. *Ecol. Indic.* **29**, 179–190 (2013).